



*I parte*

## Acidificación de soluciones nutritivas en fertirrigación

*Estudio previo de las modificaciones de conductividad eléctrica tras la acidificación*

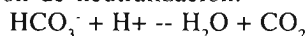
**Antonio L. Alarcón**

*Dpto. Química Agrícola, Geología y Edafología.  
Universidad de Murcia.  
E-mail provisional: rmadrid@fcu.um.es*

La acidificación de las soluciones nutritivas en fertirrigación es una práctica común y ventajosa desde numerosos puntos de vista, como veremos a continuación. Aunque existe la posibilidad de utilizar otro tipo de sustancias, en general, la acidificación de las soluciones hasta alcanzar el pH deseado se efectúa mediante la aplicación de ácidos minerales.

De acuerdo con la composición química de las aguas de riego normalmente empleadas, el poder tampón o amortiguador de éstas ante la adición de un compuesto ácido, depende casi exclusivamente de la presencia de ion bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ). Este anión es la especie predominante del equilibrio del ácido carbónico en disolución entre pH 4 y pH 8.3, y es determinante en el valor de pH de la solución. Al

adicionar un ácido, es decir, cualquier sustancia capaz de aportar iones hidrógeno ( $\text{H}^+$ ), se produce la siguiente reacción de neutralización:



Con lo que eliminamos los iones bicarbonato, para obtener agua y dióxido de carbono gas. Esta es la principal reacción que nos va a gobernar el pH de una solución nutritiva cuyo pH pretendemos controlar.

### Ventajas de la acidificación de la solución nutritiva

El ajuste del pH de la solución nutriente en fertirrigación nos proporciona múltiples aspectos ventajosos; los dos principales se citan a continuación:

1. pH óptimo para la disponibilidad de elementos nutritivos

Cada uno de los elementos esenciales para las plantas presentan un rango de pH, en el que las formas asimilables por los cultivos se encuentran a la mayor disponibilidad. Este rango de pH es variable para cada uno

En la imagen, electrodo para lectura continua en línea del pH en un equipo de fertirrigación, lo que permite la automatización del proceso de dosificación de ácido (o base) hasta la obtención del pH deseado

de los nutrientes esenciales, presentándose en el valor de pH 6.5 la mejor disponibilidad de la mayor parte de los elementos nutritivos, si bien algunos de ellos muestran mayor disponibilidad a pH distintos.

Por esta razón, el pH de las soluciones nutritivas en cultivo hidropónico y en cualquier técnica de fertirrigación en general, se establece en torno a 5.5; este valor con los posteriores reequilibrios con el  $\text{CO}_2$ , generalmente asciende hasta 6.0-6.5 a la salida del emisor.

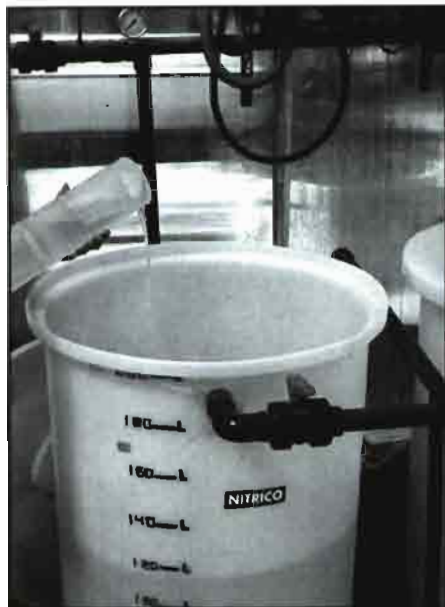
Existen, además, unos valores de pH óptimos para la absorción y funcionamiento radicular de cada especie. De esta forma, existen plantas que se adaptan mejor a niveles bajos de pH (especies acidófilas) y otras que, por el contrario, se desarrollan

**A**unque existe la posibilidad de utilizar otro tipo de sustancias, en general, la acidificación de las soluciones hasta alcanzar el pH deseado se efectúa mediante la aplicación de ácidos minerales

más adecuadamente en condiciones de pH superiores (especies basófilas). Este factor, aunque generalmente muestra menor importancia que la disponibilidad de elementos nutritivos, también conviene tenerlo en cuenta.

2. Prevención y/o eliminación de obstrucciones y depósitos en redes de riego y emisores

Las obstrucciones de emisores y redes de riego suceden fundamentalmente por tres causas diferenciadas: físicas (sólidos en suspensión), biológicas (bacterias y algas) y químicas (formación de precipitados). Las aguas de procedencia superficial presentan generalmente problemas asociados a obstrucciones de origen bio-



Generalmente, se utiliza ácido nítrico para completar el ajuste del pH en la solución nutriente, a la vez que aportamos parte de las necesidades nitrogenadas del cultivo

lógico, algas y bacterias que forman agregados obstruyendo los emisores. Los residuos de descomposición de algas pueden acumularse en tuberías y emisores y servir de soporte para el crecimiento de una masa viscosa de bacterias.

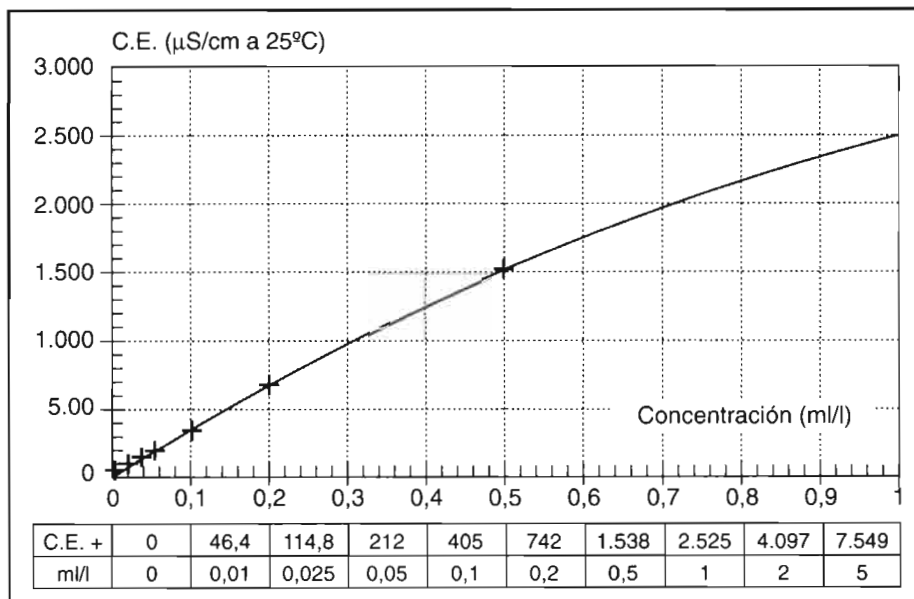
Por el contrario, las aguas de procedencia subterránea a menudo contienen elevados niveles de sales en solu-

**L**as aguas de procedencia superficial presentan generalmente problemas asociados a obstrucciones de origen biológico, algas y bacterias que forman agregados obstruyendo los emisores

ción que pueden precipitar formando incrustaciones. En las condiciones agroclimáticas del sureste español, muchas de las aguas utilizadas para el riego proceden de acuíferos subterráneos y la mayor parte poseen un contenido de sales solubles elevado.

El agua es conocida como el disolvente universal, ya que casi todas

**Figura 1:**  
**Incremento de CE por adición de diferentes cantidades de ácido fosfórico 75% a agua pura desionizada**



las sustancias son solubles en agua en alguna extensión. La solubilidad de una determinada sustancia en agua es controlada por variaciones de temperatura, presión, pH, potencial redox y las concentraciones relativas de otras sustancias en solución.

El CO<sub>2</sub>, es muy reactivo en agua y tiene una particular importancia en la disolución y precipitación de las sales. El agua absorbe cierta cantidad de CO<sub>2</sub> del aire, pero mayores cantidades son procedentes de la descomposición de la materia orgánica que el agua arrastra al pasar a través del perfil del

suelo. Bajo presión, como sucede en aguas subterráneas, la concentración de CO<sub>2</sub> se incrementa hasta formar ácido carbónico (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Este ácido débil puede disolver fácilmente compuestos minerales tales como el carbonato cálcico, muy abundante en el paso de acuíferos subterráneos que proveen de agua a gran número de nuestras zonas de cultivo, para formar bicarbonato cálcico que es soluble en agua. Este proceso permite al carbonato cálcico ser disuelto, transportado y, bajo ciertas condiciones, ser redepositado de nuevo como carbonato cálcico.

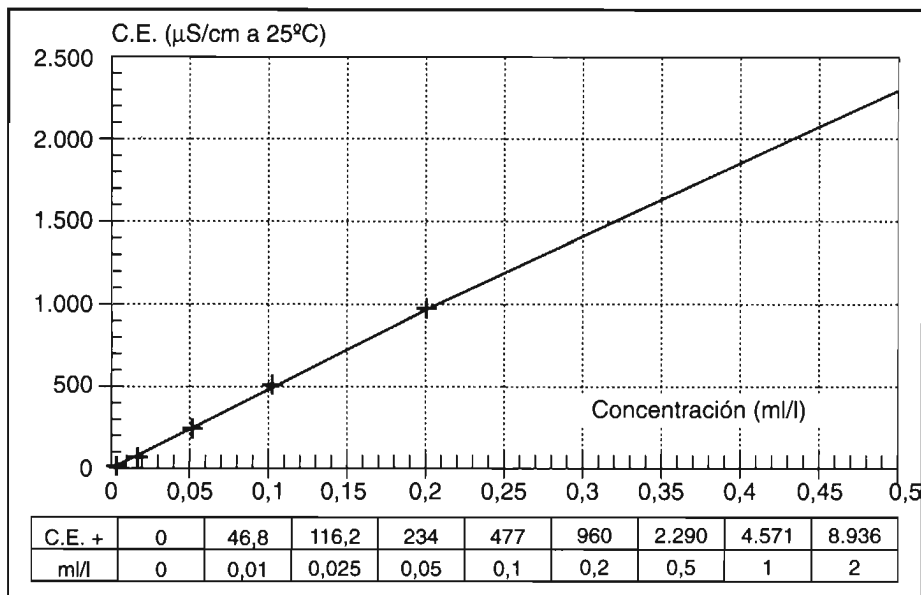
El carbonato cálcico es el constituyente más común de las incrustaciones, generalmente en la forma mineral de calcita que se forma a las temperaturas comunes dentro de los sistemas de fertirrigación.

La obstrucción química usualmente resulta de la precipitación de uno o más de los siguientes elementos: calcio, magnesio, hierro y manganeso. Las aguas que manejamos frecuentemente contienen cantidades significativas de estos elementos y teniendo un pH superior a 7, poseen un

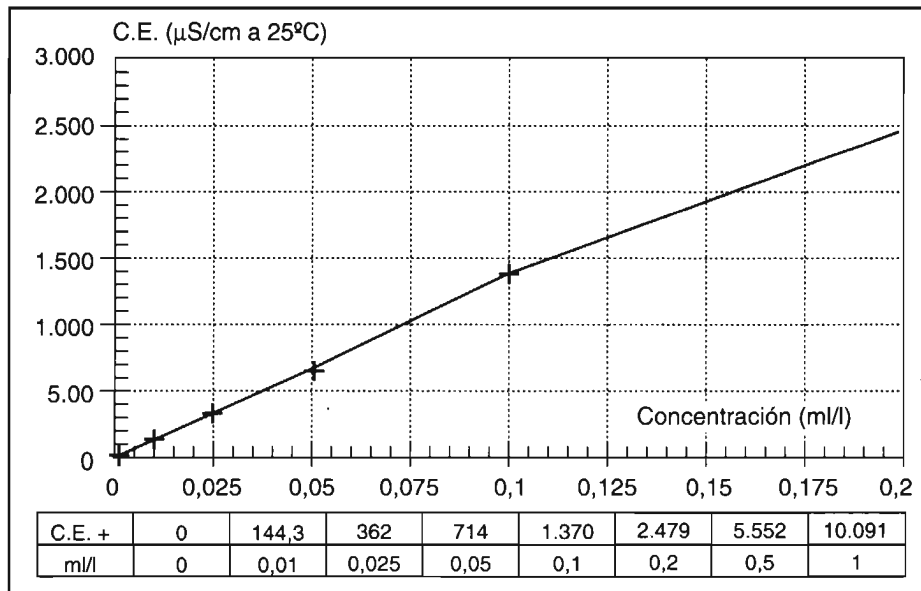


En la mayoría de sistemas de cultivo con fertirrigación, las necesidades de fósforo de la planta se cubren principalmente con el aporte de ácido fosfórico, a la vez que se neutraliza parte de la cantidad de bicarbonatos necesaria para el ajuste final del pH

**Figura 2:**  
**Incremento de CE por adición de diferentes cantidades de ácido nítrico 56% a agua pura desionizada**



**Figura 3:**  
**Incremento de CE por adición de diferentes cantidades de ácido sulfúrico 98% a agua pura desionizada**



riesgo potencial de inducir obstrucciones en los sistemas de riego. Particularmente común, como antes se dijo, es la precipitación de carbonato cálcico, la cual depende de la temperatura y el pH. El incremento de estos parámetros reduce la solubilidad del calcio en agua y da como resultado la precipitación del mineral.

Cuando un agua de pozo es bombeada a la superficie y descargada a través del sistema de riego, la temperatura, la presión y el pH de la misma

a menudo cambian. Esto puede inducir la precipitación de carbonato cálcico u otros minerales que forman incrustaciones en las superficies internas de los componentes del sistema de riego. Además, la evaporación producida a la salida del agua de los emisores concentra las sales en solución favoreciendo enormemente la precipitación y en consecuencia la obstrucción de los mismos.

El riesgo de formación de obstrucciones de origen químico es muy

elevado, por encima de pH 7,5, con dureza superior a 300 o con niveles de hierro o manganeso mayores de 1.5 ppm. La inyección de ácidos puede evitar o redissolver las incrustaciones, reducir o eliminar la precipitación mineral y crear un ambiente indeseable para el crecimiento microbiano.

La fertirrigación puede también contribuir a los problemas de suciedad y obstrucciones de redes de riego y emisores, ya que estamos aportando fertilizantes minerales que no son más que sales solubles que contiene elementos nutritivos necesarios para el cultivo. Generalmente, el elemento adicionado que puede inducir mayores problemas de precipitaciones es el fósforo, concretamente por la posible formación de fosfatos de calcio. A pH superior a 7, la mayor parte del fósforo en solución se encuentra como ion monohidrógeno fosfato ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ), este ion se une al calcio formando

**L**as aguas de procedencia subterránea a menudo contienen elevados niveles de sales en solución que pueden precipitar formando incrustaciones. En las condiciones agroclimáticas del sureste español, muchas de las aguas utilizadas para el riego proceden de acuíferos subterráneos y la mayor parte poseen un contenido de sales solubles elevado

$\text{CaHPO}_4$ , que es muy poco soluble en agua. Por el contrario, a pH 6, la mayor parte del fósforo en solución se encuentra como ion dihidrógeno fosfato ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ), que al unirse al calcio forma  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ , compuesto de muy elevada solubilidad.

**Principales ácidos minerales utilizados en fertirrigación**

Los ácidos empleados en fertirrigación para la acidificación de soluciones nutritivas son fundamentalmente los siguientes:

- Ácido fosfórico: se utiliza a 55-75% de riqueza, lo que equivale a 40-

54% como  $P_2O_5$ , y una densidad de 1.38-1.58  $g/cm^3$ . Generalmente se emplea el de mayor gradación, con una riqueza en  $P_2O_5$  variable entre 52-54%, dependiendo de la marca y la partida. Es el fertilizante fosfatado más utilizado en fertirrigación, y frecuentemente se cubren con él la totalidad de las necesidades de fósforo del cultivo.

- Ácido nítrico: se emplea a 56-59% de riqueza, lo que equivale a 12.4-13.1% como nitrógeno nítrico y una densidad en torno a 1.35  $g/cm^3$ . Dado su carácter corrosivo y oxidante, es utilizado para la limpieza de redes de riego. Generalmente es utilizado en sistemas de hidroponía y de fertirrigación en general, para completar el ajuste del pH, una vez cubiertas las necesidades de fósforo con la adición de ácido fosfórico. Además aporta una cantidad de nitratos que puede ser muy considerable de cara a cubrir las necesidades nitrogenadas del cultivo.

- Ácido sulfúrico: se emplea a una riqueza del 98 %, su densidad es aproximadamente 1.84  $g/cm^3$ . No está extendido su empleo en España, aunque sí a



**Inyección de ácido nítrico por efecto venturi en un equipo automático de fertirrigación para ajuste del pH de la solución nutritiva al valor deseado**

figuras 1, 2 y 3, donde se representa la variación de CE de los principales ácidos empleados en fertirrigación, al adicionarlos sobre agua pura desionizada, podemos ver los grandes incrementos de CE alcanzados. Con sólo 1 ml/l el ácido fosfórico incrementa la CE unos 2.5 mS/cm, el nítrico lo hace en torno a 4.6 mS/cm y el sulfúrico lleva la CE hasta un valor de 10.1 mS/cm.

Véase como el incremento de CE no es exactamente proporcional al aumento de la concentración del ácido en cuestión, lo que lleva a la obtención de curvas en lugar de líneas rectas, este aspecto es más acusado en el caso del ácido fosfórico.

Ahora bien, uno de los principales problemas, por no decir el mayor, de nuestras aguas de riego es su alta CE debido a su elevado contenido en sales. Por lo tanto, resultaría contraproducente la acidificación de las soluciones nutritivas, a pesar de las numerosas ventajas reseñadas, si esto supone un sensible incremento de CE. Pero, al contrario de lo que cabría suponer, esto no es así, es más como veremos a continuación tras el ajuste del pH de la solución nutritiva mediante la adición de ácidos, la CE no se incrementa o lo hace muy escasamente, y en algunos casos hasta desciende con respecto a la solución inicial.

**A**l contrario de lo que cabría suponer, tras el ajuste del pH de la solución nutritiva mediante la adición de ácidos, la CE no se incrementa o lo hace muy escasamente, y en algunos casos hasta desciende con respecto a la solución inicial.

nivel mundial. Además del ajuste del pH de la solución nutriente, aporta una considerable cantidad de azufre.

**Conductividad eléctrica (CE) de los ácidos en disolución de agua pura**

Antes se comentó que los ácidos son compuestos que aportan o liberan protones ( $H^+$ ), y este ion es el que posee una mayor conductancia equivalente iónica a dilución infinita, unas siete veces superior al catión sodio ( $Na^+$ ), esto es, los iones hidrógeno ofrecen una elevada contribución a la CE de una solución dada.

Efectivamente, si observamos las

**Los Equipos de Fertirrigación XILEMA son todo un EQUIPO.**



*Por calidad, por servicio, por tecnología, por experiencia.*



**XILEMA NP 75**



*La fertirrigación más eficaz. La que Ud. necesita.*

Mazarrón - Murcia Tel. 968 / 59 01 51  
 Vicar - Almería Tel. 950 / 34 19 47  
 Tomelloso - Ciudad Real Tel. 926 / 51 48 95  
 Vecindario - Las Palmas Tel. 908 / 64 89 54  
 Export Department Tel. 36 68 89 38 81  
 Fax 34 68 89 38 89