

Parte II

Modificaciones de conductividad eléctrica en fertirrigación

En la primera parte se estudió la necesidad de acidificar soluciones nutritivas en fertirrigación por las ventajas que supone

Antonio L. Alarcón Vera

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

En la primera parte habíamos visto la necesidad de acidificar las soluciones nutritivas en fertirrigación por las ventajas que esto supone, los ácidos minerales más comúnmente empleados en esta práctica y el comportamiento de disoluciones de estas sustancias en agua pura desionizada desde el punto de vista de la conductividad eléctrica (CE). Ahora veremos lo que sucede en aguas de riego reales desde esta misma perspectiva.

Adición de ácidos a soluciones con presencia de bicarbonatos

Los ácidos se inyectan de la misma forma que un fertilizante, ahora bien,

Los ácidos se inyectan de la misma forma que un fertilizante cantidad de ácido a inyectar depende de la capacidad tampón del agua de riego, un miliequivalente de ácido neutraliza un miliequivalente de bases en el agua, generalmente de ion bicarbonato

hay que ser cautos. La cantidad de ácido a inyectar depende de la capacidad tampón del agua de riego, un miliequivalente de ácido neutraliza un miliequi-



El pH de la solución nutritiva en cultivo sin suelo se ajusta frecuentemente al valor de 5.5, lo que permite un valor de 6.0-6.5 en la rizosfera del cultivo, óptimo para la absorción de nutrientes

valente de bases en el agua, generalmente de ion bicarbonato (HCO_3^-).

Por experiencia se conoce que neutralizando los bicarbonatos hasta dejar una concentración de 0.3-0.5 mM (mmoles/l), el pH de la solución nutritiva se sitúa en 5.3-5.5. Es decir, si nosotros disponemos de un agua de riego 6 mM en bicarbonatos y deseamos que la solución nutritiva a emplear tenga un pH sobre 5.5, al ser este el valor idóneo en la mezcla fertirrigante de partida para tener una más adecuada disponibilidad de nutrientes en el entorno radicular y que además previene la formación de precipitados que pudieran ensuciar u obstruir la red de riego, deberemos neutralizar 5.5 mM de bicarbonatos mediante el aporte de 5.5

miliequivalentes de ácido. En el cuadro 1 se muestra la equivalencia aproximada entre el peso, el volumen y los miliequivalentes de ácido para los productos más comúnmente empleados.

En la figura 1 se muestra el volumen de ácido fosfórico 75% necesario para ajustar el pH al valor de 5.3, en soluciones de bicarbonato sódico en agua destilada. La curva generada es perfectamente trasladable a aguas de riego con esas concentraciones en bicarbonatos; así, para un agua de riego 5 mM en bicarbo-

atos se requerirían, por cada 100 litros de la misma, unos 39 ml de ácido fosfórico 75%, para ajustar el pH a 5.3, aunque probablemente esto excediera las necesidades de fósforo del cultivo.

La figura 2 muestra lo mismo para el ácido nítrico 59%, se necesita prácticamente la misma cantidad (40 ml), para llevar a pH 5.3 un volumen de agua de riego 5 mM en bicarbonato de 100 litros.

Modificación de la CE de aguas con bicarbonatos tras su acidificación

La acidificación de una solución nutritiva con presencia notable de bicarbonatos siempre supone una reacción de neutralización; de esta manera,



Por norma general, en sistemas hidropónicos el pH del drenaje se eleva respecto al de la solución nutritiva aplicada, salvo algunos casos donde se ve implicado el ion amonio (NH₄⁺)

disolución 5mM, muestra una CE aproximada de 0.43 mS/cm.

En el caso del ácido fosfórico, la neutralización de bicarbonatos nos genera en la disolución iones fosfato. Estos muestran una contribución a la CE inferior a la que presentaba el ion bicarbonato, con lo cual, tras la acidificación la CE de la solución no sólo no se verá incrementada notablemente su CE, sino que ésta descenderá respecto a la solución inicial.

La figura 4 muestra los incrementos

Figura 1:
Volumen de ácido fosfórico 75 % necesario para ajustar el pH a 5.3, en disoluciones de bicarbonato sódico de concentración creciente

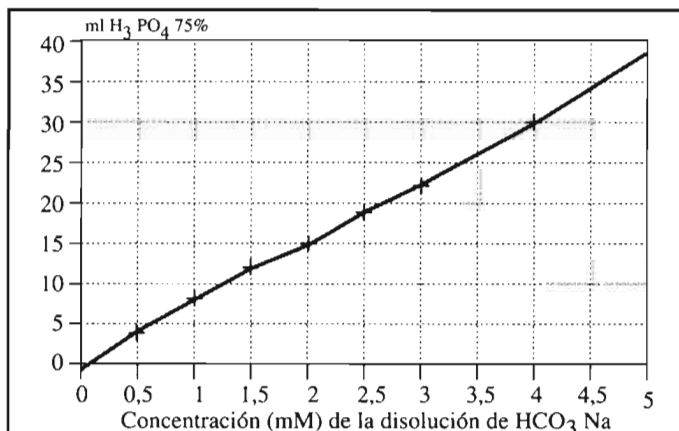


Figura 2:
Volumen de ácido nítrico 59 %, necesario para ajustar el pH a 5.3, en disoluciones de bicarbonato sódico de concentración creciente

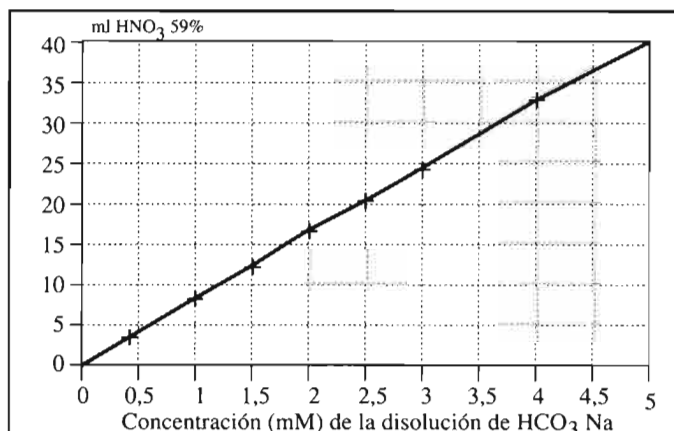
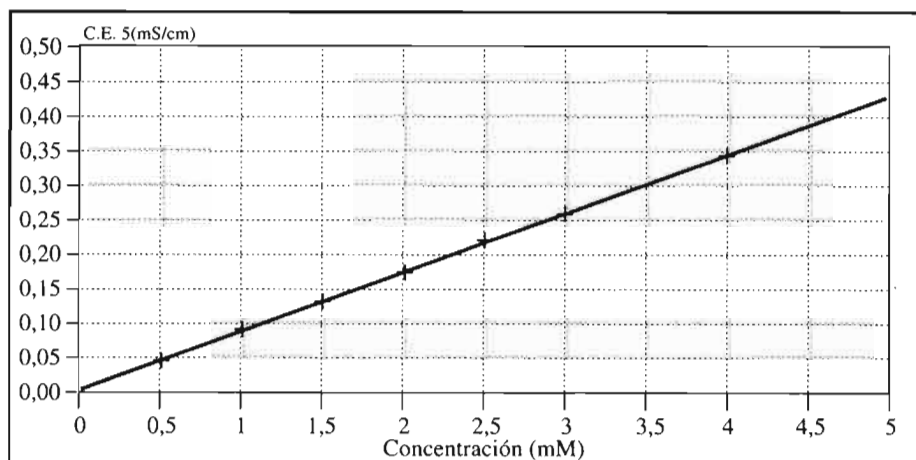
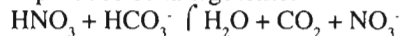


Figura 3:
CE de disoluciones de bicarbonato sódico de concentración creciente



si adicionamos ácido nítrico, la reacción que se produce es la siguiente:



Es decir, a efecto de especies iónicas, que son las determinantes de la CE de la solución, se produce la desaparición del anión bicarbonato (HCO₃⁻) y la nueva presencia en disolución del anión nitrato (NO₃⁻).

Al tener el nitrato una contribución a la CE ligeramente superior por su mayor movilidad, la CE de la solución acidificada se verá incrementada, pero no en la proporción esperada por la adición del ácido, ya que hay que descontar la CE debida a la presencia del bicarbonato neutralizado en el agua de riego.

En la figura 3 se muestra la CE generada por disoluciones de bicarbonato sódico a concentraciones crecientes, una

Cuadro 1:
Equivalencia entre peso, volumen y miliequivalentes de ácido para los tres ácidos de uso más común en fertirrigación

Producto	Volumen	Peso	Miliequivalentes de ácido
H ₃ PO ₄ 75%	1 cm ³	1.58 g	12.1
HNO ₃ 59%	1 cm ³	1.36 g	12.7
H ₂ SO ₄ 98%	1 cm ³	1.84 g	36.8

Figura 4:
Incremento de CE tras el ajuste a pH 5.3 de disoluciones de bicarbonato de concentración creciente y volumen de ácido nítrico 59 % necesario para ello

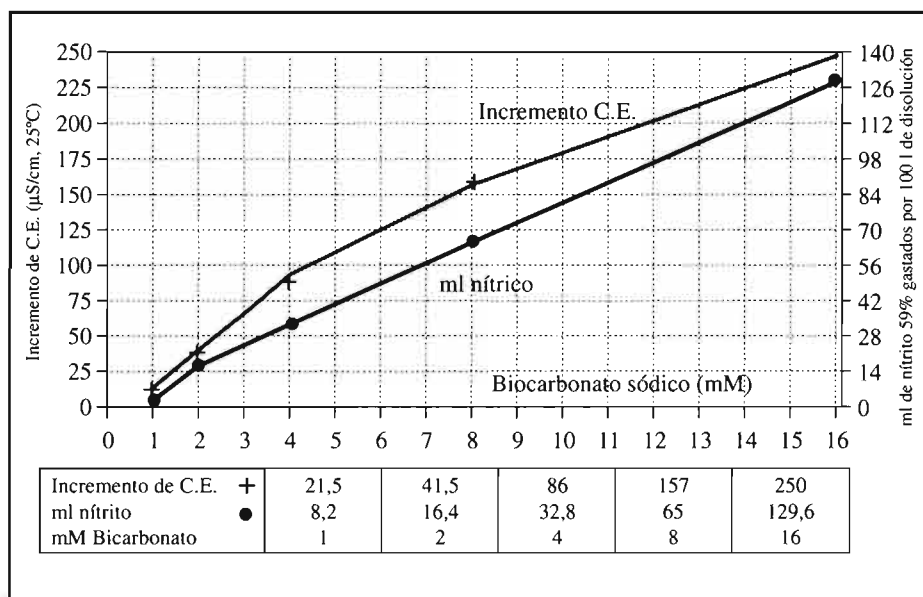
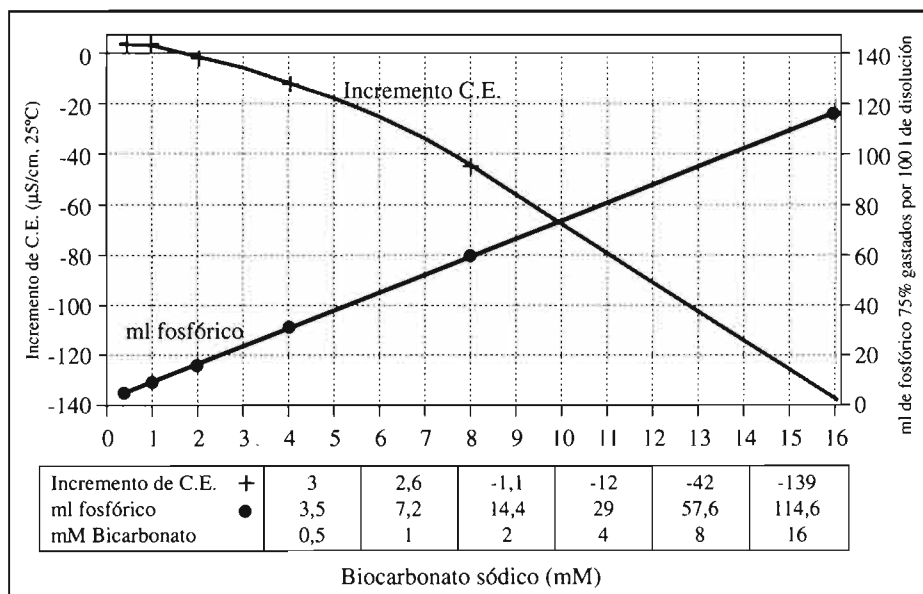


Figura 5:
Incremento de CE tras el ajuste a pH 5.3 de disoluciones de bicarbonato de concentración creciente y volumen de ácido fosfórico 75 % necesario para ello



de CE tras el ajuste a pH 5.3 de soluciones conteniendo diferentes concentraciones de bicarbonatos y el volumen de ácido nítrico 59 % necesario para ello. El ajuste de pH de un agua 5 mM en bicarbonatos, tan sólo supone un incremento de CE aproximado de 0.1 mS/cm.

La figura 5, muestra lo mismo referido a la utilización de ácido fosfórico. En este caso la tendencia es a disminuir la CE, de este modo el ajuste de pH de un agua 5 mM en bicarbonatos, supone un descenso de CE superior a 0.1 mS/cm. Quede claro que las necesidades de fósforo de la mayoría de los cultivos en fertirrigación se cubren con un aporte de 1.5-2 mM en la solución nutritiva. De esta forma, observando la gráfica, comprobaremos que la adición de tal cantidad de ácido fosfórico no supone cambio apreciable en la CE de la solución nutritiva.

La figura 6 muestra el comportamiento de la CE tras el ajuste de pH con ácido sulfúrico. Nótese como la CE en soluciones con baja concentración de bicarbonatos se incrementa ligeramente, mientras que para soluciones más concentradas, el ajuste de pH con sulfúrico supone un descenso de CE. Este comportamiento es debido a la dinámica del ion sulfato generado, que por su carácter divalente muestra una acusada pérdida de movilidad conforme aumenta su concentración.

De este modo el ajuste de pH a 5.3 con ácido sulfúrico de una agua de riego 5 mM en bicarbonatos, supone un incremento de CE de 66 µS/cm, mientras que este ajuste para un agua de riego 15 mM en bicarbonatos supone un descenso de CE de 155 µS/cm.

Aguas con escasa presencia de bicarbonatos

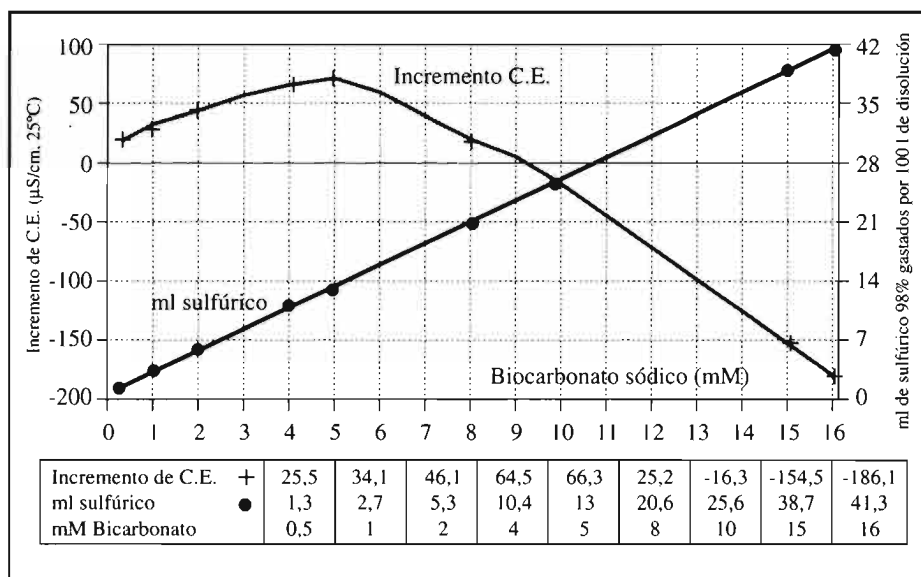
Está claro que todo lo anteriormente referido es válido para soluciones y aguas de riego con cierta presencia del ión bicarbonato. En sistemas hidropónicos y de fertirrigación en general, el modo habitual de proceder es aportar las necesidades de fósforo (aproximadamente 1.5 mM) como fosfórico y completar el ajuste hasta el pH deseado (normalmente 5.5) con ácido nítrico, que a su vez aporta cierta cantidad de nitratos.

Para cubrir las necesidades de fósforo y que queden unos 0.5 mM de bicarbonatos tras el ajuste, es preciso que el agua de riego empleada tenga, al menos, una concentración 2 mM en bicarbonato. Pero, ¿cómo operamos con aguas de mejor calidad (por ejemplo pro-



La imagen muestra el incremento del pH del drenaje respecto al de la solución nutritiva aplicada

Figura 6:
Incremento de CE tras el ajuste a pH 5.3 de disoluciones de bicarbonato de concentración creciente y volumen de ácido sulfúrico 98 % necesario para ello



cedentes de procesos de desalación) y escasa presencia de ión bicarbonato?

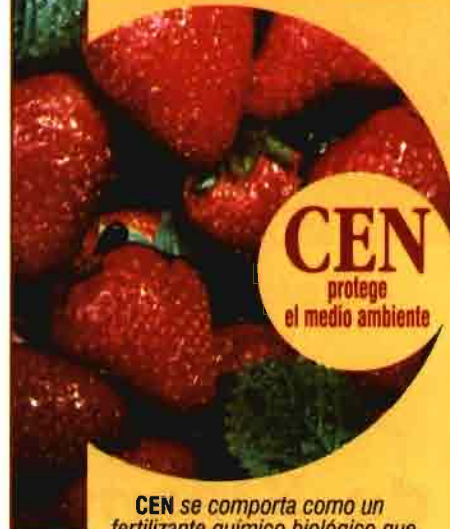
Una vez que se neutralicen la totalidad de bicarbonatos se habrá agotado la capacidad tampón de nuestra solución, estaremos sobre un pH de 4, y una mínima cantidad más de ácido aportado nos haría descender el pH de la solución hasta valores tremendamente peligrosos para el sistema radicular del cultivo (sobre todo si estamos operando en hidroponía). Cuando disponemos de aguas con concentraciones bajas de bicarbonatos (< 1.5-2.0 mM), las necesidades de fósforo no pueden ser cubiertas, al menos en su totalidad, mediante

el empleo de ácido fósforico, y debemos recurrir al uso de otras fuentes de fósforo aptas para fertirrigación, esto es, hay que emplear fundamentalmente fosfato monoamónico o fosfato monopotásico. Este último es el único utilizable en hidroponía donde no se pueden efectuar aportes de amonio superiores a 0.5-0.8 mM en nuestras condiciones agroclimáticas, debido a la fitotoxicidad que induce, las probables modificaciones del pH de la solución que provoca y sus importantes interacciones con otros iones.

CEN HORTICOLAS

FERTILIZANTE CIENTÍFICO

CEN es un fertilizante inteligente, programado para que la planta tome en cada momento justo lo que necesita. Su acción en cultivos marca importantes diferencias respecto de los productos químicos tradicionales.



CEN se comporta como un fertilizante químico biológico que, aprovechando la maquinaria celular de las plantas, se automultiplica transmitiendo a éstas sus nutrientes, favoreciendo así el desarrollo y equilibrio nutricional de las plantas



Más ventajas para sus cultivos

- Hasta un 20% de aumento en la producción.
- Mayor cuajado de flor.
- Mayor calidad y mejor conservación de los frutos.
- Color más intenso y mayor contenido de azúcar.
- Mayor resistencia al frío y enfermedades.
- Mejora del suelo en N.P.K. y M.O.
- Mayor uniformidad de frutos y calidad constante de exportación

BERLIN EXPORT INTERNATIONAL, S.L.
C/ Berlín, 5 - P.O.Box 248 - 22006 HUESCA (España)
Tel.: +34-974 22 76 44
Fax: +34-974 24 52 07
e-mail: jortiz@encomix.es
http://www.berlinex.com

Empresa galardonada con 2 ESTRELLAS INTERNACIONALES DE ORO: una a la Tecnología y otra a la Calidad, y el Trofeo al Prestigio Comercial