

CONTROL DE LA ALCALINIDAD DE AGUAS DE RIEGO

La mayoría de la nuestra aguas de riego contienen bicarbonatos disueltos, las que son bases y por lo tanto agregan al suelo material de encalado. El riego con estas aguas puede limitar la producción de algunos frutales y plantas, causada por la elevación excesiva del pH del suelo o del medio. La magnitud del efecto depende del contenido de bicarbonatos en el agua, la cantidad de agua aplicada, la capacidad buffer del suelo y de la sensibilidad de la planta referida.

Para comprender mejor las soluciones a aplicar en fuentes de agua con estos problemas, es necesario entender los conceptos de pH, alcalinidad y capacidad buffer o tampón.

pH

La lectura del valor de pH es una medida que indica la concentración de iones de hidrógeno de una solución, indicando cuán ácida o alcalina es la misma, y el rango de lectura va desde 0 (más ácida) hasta 14 (más alcalina). La disponibilidad de los micronutrientes puede ser severamente reducida por pH elevados del suelo y del agua de riego.

Las recomendaciones de pH del agua de riego y del sustrato dependen del tipo de plantación, pero en general podemos decir que este valor debe estar entre 5,2 y 6,5. Si el pH y la alcalinidad del agua son mayores, requiere un tratamiento con ácido, si el pH es menor, un tratamiento de encalado.

El *ENCALADO* consiste en incorporar al suelo calcio y magnesio para neutralizar la acidez del mismo, es decir para que el pH alcance un nivel ideal para los cultivos.

Los materiales que se utilizan para encalado son generalmente: Dolomita (mezcla de CaCO_3 y MgCO_3), Cal Hidratada ($\text{Ca}(\text{HO})_2$), Carbonato de calcio y Oxido de Calcio (CaO), todo productos que contienen Ca y es por eso el término de encalado, que se utiliza normalmente para expresar cuando una condición agrega Ca al medio y por lo tanto incrementa su pH.

ALCALINIDAD

La alcalinidad es la capacidad del agua a neutralizar los ácidos. Es la concentración de álcalis solubles en la solución. Los bicarbonatos disueltos, tales como el bicarbonato de calcio ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$), de sodio (NaHCO_3) y de magnesio ($\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$); los carbonatos, tales como el de calcio (CaCO_3) son los álcalis que más contribuyen a la alcalinidad de las aguas de riego. Los hidróxidos disueltos contribuyen muy poco en la mayoría de los casos, de la misma manera que el amonio, boratos, bases orgánicas, fosfatos y silicatos.

CAPACIDAD TAMPON

La capacidad tampón (buffer) se refiere a la *habilidad* del agua para mantener estable el pH cuando se le añaden ácidos o bases. El pH y la capacidad tampón están entrelazados uno con el otro; aunque uno podría pensar que mezclando el mismo volumen de un ácido y el de un agua neutra se obtiene un pH a mitad camino entre los dos, esto pocas veces sucede en la práctica. Si el agua tiene suficiente capacidad tampón, ésta capacidad tampón puede absorber y neutralizar el ácido añadido sin apenas modificar el pH. El concepto es que el tampón actúa como una gran esponja. A medida que se añade ácido, la "esponja" absorbe el ácido sin cambiar mucho el pH. Sin embargo, la capacidad de la "esponja" está limitada; una vez que la capacidad tampón se ha gastado, el pH cambia más deprisa a medida que se añaden ácidos.

CARBONATOS TOTALES

Como los bicarbonatos y carbonatos son los mayores componentes de la alcalinidad del agua, la mayoría de los Laboratorios asumen que los Carbonatos Totales (CT = carbonatos + bicarbonatos) es igual a la alcalinidad. En la mayoría de los casos esto es una afirmación segura. La mayoría de las aguas de riego de nuestra zona (noroeste argentino), la suma de los bicarbonatos dan más del 90% de la alcalinidad presente.

El término "alcalinidad" no debe confundirse con "alcalino", que indica la situación en donde el nivel de pH es superior a 7.

Algunos laboratorios expresan la alcalinidad como proveniente toda de carbonatos, en mg/l ó ppm de carbonato de calcio (CaCO_3), o como meq/l de CaCO_3 . La conversión de estas unidades es:

$$1,0 \text{ meq/l CaCO}_3 = 50,04 \text{ mg/l CaCO}_3$$

$$1,0 \text{ meq/l MgCO}_3 = 42,15 \text{ mg/l MgCO}_3$$

Otros laboratorios la expresan como proveniente toda de bicarbonatos (HCO_3^-), también en mg/l, ppm ó meq/l de bicarbonato de calcio. La conversión de estas unidades es:

$$1,0 \text{ meq/l (HCO}_3^-) = 61 \text{ mg/l (HCO}_3^-)$$

La ALCALINIDAD entonces establece la capacidad tampón del agua y regula la cantidad de ácido necesario para cambiar su pH.

Para determinar si un agua tiene exceso de bicarbonatos o un nivel de estos que pueda ocasionar problemas a las plantas, lo mejor es realizar una titulación del agua con un ácido. Otro método indirecto es la utilización de los valores de análisis del Ca y Mg, pero los resultados pueden sobreestimar el efecto potencial de encalado del agua, debido a que generalmente se supone que todo el Ca y Mg se encuentran como bicarbonatos, cosa que no es siempre el caso.

Referido al pH del agua de riego diremos que si el mismo es menor de 7, podemos asumir que el agua no es una fuente significativa de encalado. Sin embargo, si el pH está sobre 7, sabemos que el agua contiene bases pero no en que cantidad. Por ejemplo, una fuente de agua tiene un pH relativamente alto de 8,4 y sin embargo puede contener un valor de bicarbonatos relativamente bajo; otra fuente de agua puede tener un pH bajo de 7,5 y contener valores altos de bicarbonatos. Por lo tanto el solo valor de pH no indica la capacidad de encalado del agua o su contenido de bicarbonatos. Veremos algunos ejemplos de este tipo de agua.

Por lo tanto, el pH del agua de riego, indica solamente lo relacionado con la solubilidad de los fertilizantes y la estabilidad de algunos pesticidas. El pH de la solución del suelo indica la disponibilidad de los nutrientes para su absorción por los cultivos.

El pH del agua no indica su nivel de alcalinidad.

La alcalinidad relacionada a la neutralización con ácido y con el tiempo, incrementa el pH del medio. Lo que indica de hecho que no es común encontrar un agua con el pH de 8 o mayor con una baja alcalinidad o agua con pH 7 y alta alcalinidad. Es de observarse que la dureza no es un indicador directo de la alcalinidad del agua.

La alcalinidad del agua está determinada por el nivel de bicarbonatos (HCO_3^-) y carbonatos (CO_3^{2-}); los bicarbonatos es el factor más importante en el agua de riego.

Los cultivos regados con agua de alta alcalinidad es lo mismo que aplicar cal en cada riego.

SITUACIONES MÁS PROBLEMÁTICAS DE RIEGO

Los riegos pesados o frecuentes aplicados en suelos con una baja capacidad buffer presentarán los mayores problemas a los cultivos sensibles a este problema. Tal situación es común en invernaderos o en plantaciones nuevas en el campo.

PROBLEMAS QUE OCASIONA EL AGUA DE ALTA ALCALINIDAD

Los valores de alcalinidad para el agua de riego nunca se han fijado, ya que la alcalinidad presenta un problema totalmente dependiente de la situación.

Si embargo, podemos decir que un buen margen de alcalinidad del agua de riego está entre 60 y 100 ppm de bicarbonatos.

Niveles entre 100 y 200 ppm de bicarbonatos, es probable que incrementen el pH del medio. En este nivel con el agregado de fertilizantes ácidos se alcanza a manejar la situación.

Para mayores valores de alcalinidad es necesario controlar la misma con el agregado de algún ácido.

El pH de la solución nutriente en contacto con las raíces puede afectar el crecimiento vegetal principalmente de dos formas:

- *EL pH PUEDE AFECTAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS NUTRIENTES.*

Para que las raíces puedan absorber los distintos nutrientes, éstos obviamente deben estar disueltos. Valores extremos de pH pueden provocar la precipitación de ciertos nutrientes, los que permanecen así en una forma no asimilable para las plantas.

- EL pH PUEDE AFECTAR AL PROCESO FISIOLÓGICO DE ABSORCIÓN DE LOS NUTRIENTES POR PARTE DE LAS RAÍCES.

Todas las especies vegetales presentan rangos característicos de pH en los que su absorción es idónea. Fuera de este rango, la absorción por las raíces se ve dificultada y si la desviación en los valores de pH es extrema, puede verse deteriorado el sistema radicular o presentarse toxicidades debidas a la excesiva absorción de elementos fitotóxicos.

COMO NEUTRALIZAR LOS BICARBONATOS EN EL AGUA DE RIEGO

El uso de fertilizantes ácidos, es una manera indirecta de neutralizar la alcalinidad del suelo.

La inyección de ácido en el agua de riego es una forma directa de neutralizar las bases presentes. El ácido puede ser inyectado al agua como un fertilizante más, tomando las precauciones correspondientes.

La cantidad de ácido a inyectar dependerá de la cantidad de bases del agua de riego y del tipo de ácido utilizado y su concentración.

Un miliequivalente (me) de ácido neutraliza completamente un me de base. Por ejemplo un agua que contiene 5,2 me de bases por litro, necesitaría 5,2 me de ácido para neutralizar completamente el litro de agua. Para la mayoría de las situaciones de riego se debe reducir el 80 ó 90% de las bases en el agua o dejar un remanente de 0,5 me/l, debido a que si eliminamos la totalidad de bicarbonatos del agua, se habrá agotado la capacidad tampón de la solución y se estará sobre un pH de 4, y una mínima cantidad más de ácido aportado hará descender el pH de la solución hasta valores tremendamente peligrosos para el sistema radicular del cultivo.

Cuando se dispone 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 fosfórico, y se debe recurrir al uso de otras fuentes de fósforo aptas para fertirrigación, esto es, hay que emplear fundamentalmente fosfato monoamónico o fosfato monopotásico.

En los siguientes cuadros vemos las propiedades de diferentes ácidos:

Cuadro 1. Equivalencia entre peso, volumen y miliequivalentes de ácido para los tres ácidos más usados en fertirrigación.

Producto	Volumen	Peso	me. de ácido
H ₃ PO ₄ – 75%	1 cm ³	1,58 gr.	12,1
HNO ₃ - 59%	1 cm ³	1,36 gr.	12,7
H ₂ SO ₄ – 98%	1 cm ³	1,84 gr.	36,8

Cuadro 2. Propiedades de algunos ácidos utilizados en riego

	Unidades	H ₂ SO ₄	H ₃ PO ₄	HNO ₃
Peso Equivalente	mg/me	49	97	63
Densidad (δ)	gr./cm ³	1,84	1,58	1,36
Pureza	%	98	75	59

Para calcular la cantidad de ácido necesaria para neutralizar 1 meq/l de base del agua, utilizamos el siguiente cálculo:

a) Para ácido sulfúrico:

$$1 \frac{\text{me}}{\text{L}} * 49 \frac{\text{mg}}{\text{me}} * \frac{1}{98\%} * \frac{1 \text{ gr.}}{1.000 \text{ mg.}} * \frac{1 \text{ cm}^3}{1,84 \text{ gr.}} = 0,027 \frac{\text{cm}^3}{\text{L}} = 27 \frac{\text{ml. de ácido}}{\text{m}^3 \text{ de agua}}$$

O sea que necesitamos 27 ml. de ácido sulfúrico, 98% de pureza para neutralizar 1 m³ de agua que contiene 1 me/L de bicarbonato.

b) Para ácido fosfórico:

$$1 \frac{\text{me}}{\text{L}} * 97 \frac{\text{mg}}{\text{me}} * \frac{1}{75\%} * \frac{1 \text{ gr.}}{1.000 \text{ mg.}} * \frac{1 \text{ cm}^3}{1,58 \text{ gr.}} = 0,082 \frac{\text{cm}^3}{\text{L}} = 82 \frac{\text{ml. de ácido}}{\text{m}^3 \text{ de agua}}$$

O sea que necesitamos 82 ml. de ácido fosfórico, 75% de pureza para neutralizar 1 m³ de agua que contiene 1 me/L de bicarbonato.

c) Para ácido nítrico:

$$1 \frac{\text{me}}{\text{L}} * 63 \frac{\text{mg}}{\text{me}} * \frac{1}{59\%} * \frac{1 \text{ gr.}}{1.000 \text{ mg.}} * \frac{1 \text{ cm}^3}{1,36 \text{ gr.}} = 0,079 \frac{\text{cm}^3}{\text{L}} = 79 \frac{\text{ml. de ácido}}{\text{m}^3 \text{ de agua}}$$

O sea que necesitamos 79 ml. de ácido nítrico, 59% de pureza para neutralizar 1 m³ de agua que contiene 1 me/L de bicarbonato.

Dada un agua de riego con, por ejemplo, 5 meq/L de bicarbonatos, y como hemos visto según la práctica debemos dejar 0,5 meq/L sin neutralizar, el cálculo de ácido a utilizar nos daría:

a) Para a. sulfúrico daría: 27 * 4,5 = 121,5 ml. de ácido sulfúrico 98% por m³ de agua de riego.

b) Para a. fosfórico daría: 82 * 4,5 = 369 ml. de ácido fosfórico 75% por m³ de agua de riego.

c) Para a. nítrico daría: 79 * 4,5 = 356 ml. de ácido nítrico 59% por m³ de agua de riego.

Con lo cual podemos definir a 27, 82 y 79 como un FACTOR que multiplicado por los meq/L que queremos neutralizar, nos da los ml. de ácido por m³ de agua de riego que debemos utilizar para neutralizar los meq/l referidos.

Es así que podemos reconstruir el Cuadro 1 agregando el FACTOR, de la siguiente manera:

Cuadro 1.b. Propiedades de algunos ácidos utilizados en riego

	Unidades	H ₂ SO ₄	H ₃ PO ₄	HNO ₃
Peso Equivalente	mg/me	49	97	63
Densidad (δ)	gr./cm ³	1,84	1,58	1,36
Pureza	%	98	75	59
FACTOR		27	82	79

Desde esto se puede construir una tabla de cálculo para determinar cantidad de ácido requerido para neutralizar "X" meq/L de bicarbonatos, en nuestro caso 4,5, de la siguiente manera:

	Pureza	FACTOR	me/L a neutralizar	ml. ácido/m ³ agua riego
H ₂ SO ₄	98%	27	4,5	= 27 * 4,5 = 121,5
H ₃ PO ₄	75%	82	4,5	= 82 * 4,5 = 369
HNO ₃	59%	79	4,5	= 79 * 4,5 = 356

Como se dijo, aunque se cuente con el análisis del agua de riego, es mejor efectuar la titulación del agua, la que nos dará la cantidad de ácido exacto a utilizar para llevar el pH del agua de riego entre 5,5 a 6.

RESUMEN

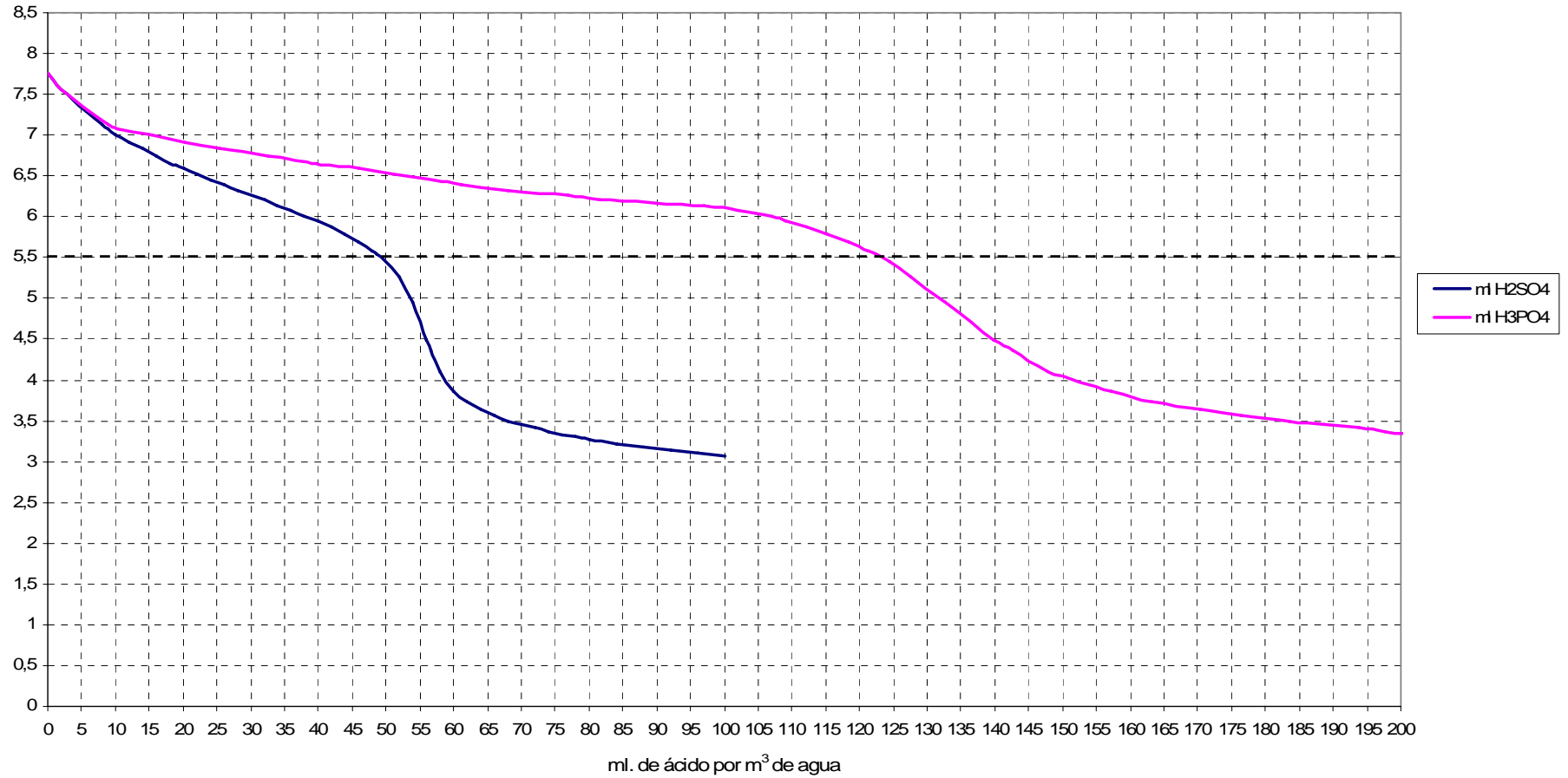
1. De un agua de riego solamente el pH no nos indica su nivel de bicarbonatos. Es necesario conocer su nivel de carbonatos y de bicarbonatos ya sea por titulación del agua o por análisis.
2. Cada me/L de bases o álcalis es neutralizado por 1 me/L de ácido.
3. Por cantidad, el mejor ácido a utilizar es el ACIDO SULFURICO.
4. Por precio, también el ácido sulfúrico es el más conveniente.

CARACTERISTICAS DE DISTINTO TIPO DE AGUAS Y SU NEUTRALIZACION

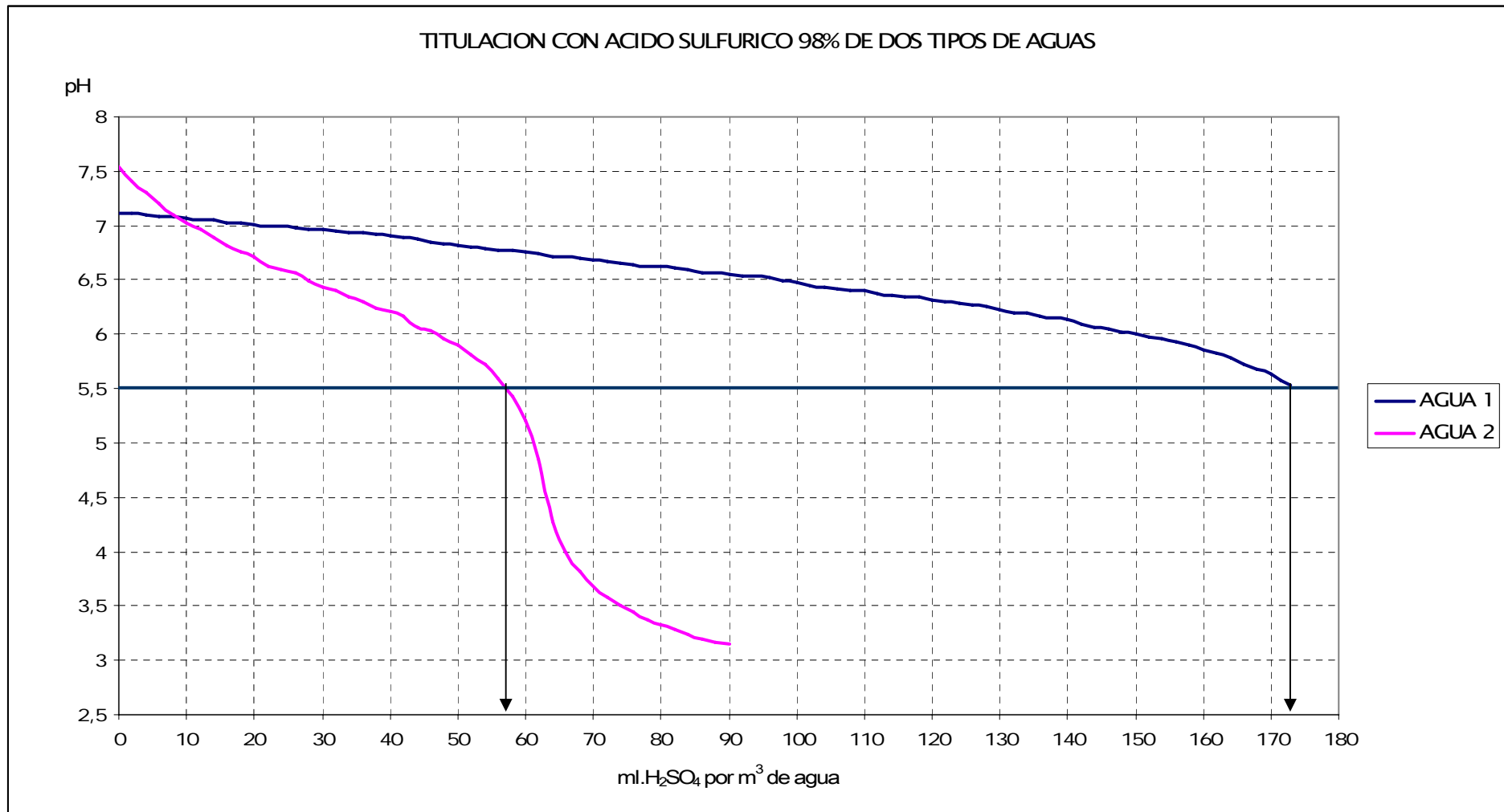
Los siguientes ejemplos pueden ayudar a explicar mejor las características de diferentes aguas de riego en lo que se refiere a su pH y ALCALINIDAD.

Titulación agua Carpintería con H₂SO₄ (98%) y H₃PO₄ (75%)

pH agua



Curva de titulación de un agua de riego de Carpintería, San Juan, con 2,6 me/l de bicarbonatos y titulada con ácido sulfúrico (98%) y fosfórico (75%).



IMPORTANCIA DE CONSIDERAR SIEMPRE AMBOS PARAMETROS, ALCALINDAD Y pH.

El agua 1 contiene 2,6 me/l de carbonatos y/o bicarbonatos y un pH de 7,12; el agua 2 contiene 6,8 me/l de carbonatos y/o bicarbonatos y un pH de 7,54.

En esta gráfica se puede observar que el agua 2 necesita más del doble de ácido para alcanzar un pH de 5,5.