

# CRITERIOS DE CALIDAD DE SUELOS Y DE AGUAS O EFLUENTES TRATADOS PARA USO EN RIEGO

## ALUMINIO

<b>1. OCURRENCIA EN EL MEDIO AMBIENTE.....</b>	<b>1</b>
1.1. FUENTES .....	1
1.2. NIVELES NATURALES .....	1
<b>2. ALUMINIO EN RIEGO.....</b>	<b>1</b>
2.1. EFECTOS.....	1
2.2. CRITERIO DE LITERATURA .....	2
2.3. CRITERIO RECOMENDADO.....	3
2.4. RAZONES.....	4
<b>3. REFERENCIAS .....</b>	<b>4</b>

## **1. OCURRENCIA EN EL MEDIO AMBIENTE**

El Aluminio se encuentra ampliamente distribuido en el medio ambiente y ha sido conocido por mucho tiempo como un tóxico para el crecimiento de las plantas en suelos ácidos. Recientemente, la atención se ha enfocado en el rol del aluminio como factor tóxico en fenómenos de acidificación del agua y como un factor patogénico en enfermedades humanas, por ejemplo el síndrome de Alzheimer.

### **1.1. Fuentes**

El aluminio es el tercer elemento más abundante presente en la corteza terrestre y el metal más abundante. Aunque es un constituyente de todos los suelos, plantas y animales, es también persistente en la naturaleza en la forma elemental. En la litosfera, nunca se encuentra como un metal puro, pero bastante en combinación con oxígeno y silicio como minerales aluminosilicatos complejos e insolubles, los cuales son abundantes en rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias.

Como un resultado de procesos de desgaste natural, el aluminio se encuentra en los suelos bajo forma de mineral secundario estable como arcillas o silicatos de aluminio impuros, hidróxido de aluminio, etc.

Dado que el aluminio es tan abundante y ampliamente distribuido, la mayoría de las aguas tienen amplia oportunidad para disolverlo. Sin embargo, debido a la insolubilidad de los materiales padres, la concentración de aluminio disuelto en aguas naturales es normalmente < 1 mg/L. Las excepciones son aguas de bajo y alto pH o aguas altas en orgánicos en las cuales el aluminio del suelo llega a ser más soluble. Las aguas superficiales naturalmente acidificadas con un pH < 4 que incluyen lagos pantanosos, drenaje volcánico, vertientes termales y salinas pueden contener cientos e incluso miles de mg/L de aluminio. Altas concentraciones también pueden ocurrir en aguas subterráneas ácidas.

La atmósfera también hace contribuciones naturales de aluminio hacia el agua en forma de precipitaciones o sedimentación de partículas.

### **1.2. Niveles Naturales**

Como se indicó previamente, las concentraciones de aluminio disueltas en aguas frescas naturales casi neutras son generalmente bajas. Los niveles de aluminio disuelto pueden aumentar en soluciones ácidas/alcálinas como resultado de cambios de solubilidad, o debido a la presencia de varios agentes complejos inorgánicos. Las concentraciones de aluminio total pueden ser altas (> 1 mg/L), pero en aguas casi neutras éste usualmente se presenta en altos niveles de material aluminosilicato o aluminio absorbido orgánicamente.

## **2. ALUMINIO EN RIEGO**

### **2.1. Efectos**

El aluminio es muy abundante en la mayoría de los suelos con concentraciones típicas en suelos minerales en rangos de 10.000 a 300.000 µg/g y un promedio de 10% por peso. Sin embargo, el aluminio está normalmente presente en las plantas en concentraciones relativamente bajas como resultado de su baja biodisponibilidad. Los más altos niveles de disponibilidad dependen de varios factores, el más importante de estos es el bajo pH. Los

suelos ácidos con altas concentraciones de aluminio disponible pueden ser encontrados en muchos lugares donde ha habido cultivos pesados o uso de fertilizantes de nitrógeno, en sitios de mina ácido reducidos y en suelos forestales ácidos. La toxicidad del aluminio es considerada como una de las principales causas de no productividad en suelos ácidos

La esencialidad del aluminio para la vida de las plantas no está probada, aunque sus efectos tóxicos sobre el crecimiento y productividad han sido ampliamente reconocidos por agrónomos y ecologistas. Diferentes especies de plantas muestran variaciones en la tolerancia al aluminio en suelos o soluciones de nutrientes. Las hojas de las plantas de té y varias plantas sudamericanas que crecen sobre suelos ácidos lixiviados pueden acumular aluminio en concentraciones que exceden los 10.000 mg/Kg. Los primeros trabajos clasificaron un número de cultivos de acuerdo a su sensibilidad al aluminio. Aquellos cuyo crecimiento fue deprimido por 2 mg/L de aluminio en una solución de nutriente fueron denominados sensibles (lechuga, remolacha, cebada, zanahoria), aquellos que decayeron por 2 – 7 mg/L de aluminio fueron descritos como de sensibilidad media (rábano, repollo, centeno, avena) y aquellos afectados por más de 14 mg/L de aluminio fueron denominados aluminio-resistentes (maíz). Niveles altos de aluminio en el suelo también están asociados a la muerte de bosque de haya y abeto en Alemania.

Los suelos acidificados cerca de una fundición en Sudury, Ontario, contenían 51 – 99 µg/g de aluminio en el agua extraída, que era tóxica para varias especies de plantas durante bioensayos. Niveles de aluminio tan bajo como 2,0 mg/L en la solución de suelo fueron encontrados que inhiben el crecimiento de las raíces de varias especies de cultivo.

La fitotoxicidad del aluminio no está bien entendida y los efectos del aluminio no son fáciles de reconocer, con indistintos síntomas de la hoja. La toxicidad del aluminio puede notarse en la deficiencia de fósforo con impedimento de crecimiento, madurez tardía, hojas pequeñas y color púrpura o puede notarse deficiencia de calcio que se aprecia por enroscado de hojas jóvenes.

Por lo general, el aluminio afecta primero el sistema de raíces, más que a la mata, donde éste se acumula en el protoplasma de las células vivas y especialmente en el núcleo. La intensidad de la fitotoxicidad para el crecimiento de las raíces ha sido mostrada por estar altamente correlacionado con la actividad del  $Al^{3+}$ , pero no con el aluminio total en la solución del suelo.

## **2.2. Criterio de Literatura**

La Tabla 1 muestra antecedentes internacionales para proteger cultivos de los efectos nocivos del aluminio en aguas de riego. Existen criterios de rango desde 5 mg/L para grandes periodos, uso continuo hasta 20 mg/L para uso sobre suelos ácido a alcalino de textura fina por sobre 20 años. Manitoba y Australia han adoptado concentraciones máximas desde el documento de la US EPA de 20 mg/L y 5,0 mg/L, respectivamente.

La US EPA formuló los criterios en dos partes (5 y 20 mg/L). No está claramente descrito si estos valores son por el aluminio total o disuelto. Estos criterios no fueron derivados de datos de toxicidad, sino sobre la base de la cantidad de piedra caliza (limestone) requerida para acidificar el suelo y prevenir la acumulación o desarrollo de aluminio soluble. A una tasa de riego de 37.000 m<sup>3</sup>/acre/año, las concentraciones de carbonato de calcio equivalente de 5 mg/L por 100 años serían 11,5 toneladas por acre. Las concentraciones de 20 mg/L para 20 años deberían ser equivalentes a 9 toneladas de carbonato de calcio por acre. En la mayoría de los suelos, estas cantidades de piedra caliza no tendrían que ser agregadas debido a que la mayoría de los suelos tienen suficiente capacidad para neutralizar las sales de aluminio.

**Tabla 1**  
**Criterios sobre Aluminio en Aguas de Riego**

<b>Criterio</b>	<b>Valor</b>	<b>Lugar</b>
Concentración máxima aceptable para aluminio total	20,0 mg/L	MANITOBA (1983)
Concentraciones máximo recomendadas son 5,0 mg/L para uso continuo sobre todo el suelo y 20 mg/L para uso sobre suelos neutros a alcalinos de textura fina por sobre 20 años	5,0 mg/L y 20 mg/L	US EPA (1973)
Igual que la anterior para la US EPA (1973)	5,0 mg/L y 20 mg/L	ONTARIO M.O.E. (1978)
Concentraciones de aluminio en aguas de riego de 5 mg/L es recomendado	5,0 mg/L	AUSTRALIA (1974)
95% de rango para riego por aspersión de campo de cultivos	3,3 mg/L	BRITAIN Anglian Water Authority (1982)
Aluminio total no debe exceder 5,0 mg/L para uso continuo sobre todo el suelo y 20 mg/L para uso sobre suelos neutros a alcalinos de textura fina por sobre 20 años	5,0 mg/L y 20 mg/L	CANADA, CCREM (1987)

Fuente: BRITISH COLUMBIA WATER QUALITY GUIDELINES

La Tabla 2 muestra los efectos del aluminio en aguas de uso en riego.

**Tabla 2**  
**Efectos del Aluminio en los Usos del Agua de Riego**

<b>Usos de Agua de Riego</b>	<b>Efectos</b>
Aplicación a cultivos comerciales.	El rendimiento de cultivo es afectado por la sensibilidad del cultivo al aluminio consumido a través de las raíces de la planta.
Aplicación para mantener sustentabilidad del suelo regado.	Acumulación en el suelo a concentraciones donde cualquier rendimiento o calidad del cultivo es afectado.
Mantenición de equipos de riego.	Efectos desconocidos.

Fuente: SOUTH AFRICAN WATER QUALITY GUIDELINES

### **2.3. Criterio Recomendado**

La concentración total de aluminio en aguas de riego para uso continuo sobre todos los suelos no debería exceder 5 mg/L en cualquier periodo.

La Tabla 3 muestra los efectos del aluminio usado en aguas de riego sobre el rendimiento del cultivo y sustentabilidad del suelo.

**Tabla 3**  
**Efectos del Aluminio en Agua de Riego**

<b>Rango de Concentración (mg/L)</b>	<b>Efecto en Rendimiento y Sustentabilidad</b>
Rango de calidad de aguas objetivo < 5,0	Varios cultivos muestran toxicidad al aluminio a concentraciones tan bajas como 0,1 – 0,5 mg/L en la solución de suelo. Los suelos tienen la capacidad de adsorber iones de aluminio, por lo tanto reducen su toxicidad a las plantas.
5,0 – 20	Concentración máxima aceptable para suelos neutros a alcalinos de textura fina.
> 20	Aceptable para riego sólo en cortos tiempos en base a un sitio específico.

Fuente: SOUTH AFRICAN WATER QUALITY GUIDELINES

## 2.4. Razones

Los valores de toxicidad obtenidos de la literatura relacionan las soluciones de nutriente experimentales. Debido a la capacidad significativa de los suelos orgánicos y otros suelos característicos para afectar la toxicidad del aluminio en formas no cuantificables, estos valores no pueden ser usados directamente para criterios de números para aguas de riego. Hasta que no se conozca más acerca de la interacción del aluminio con dureza, DOC y pH en suelos y los niveles de aluminio requeridos para causar respuestas tóxicas en varios cultivos, se recomienda adoptar valores máximos para uso continuo recomendado por US EPA y CCREM. La utilización de aguas de riego que contienen aluminio en algunas situaciones puede ser menos importante para el crecimiento de la planta que la aplicación de aguas de riego de bajo pH con la capacidad de movilizar la gran reserva de aluminio presente ya en el suelo. La necesidad de un criterio de pH para aguas de riego para proteger las plantas de la toxicidad del aluminio esta siendo considerada por muchos investigadores en el mundo.

## 3. REFERENCIAS

- British Columbia Ministry of Environment, Lands and Parks (BC MELP). Water Quality Criteria for Aluminum. 1988.
- Guidelines for the Interpretation of the Biological Effects of Selected Constituents in Biota, Water, and Sediment. 1998.
- South African Water Quality Guidelines. 1996.