



Agricultura Razonada®

West Analítica y Servicios S.A. de C.V.
Esmeralda No. 2847 Colonia Verde Valle
44550 Guadalajara, México
Teléfonos: (33)31231823, 31217925
Portal Web: www.westanalitica.com.mx
Correos: eaguilar@allabs.com
maldana@allabs.com mgarcia@allabs.com

PROBLEMAS DE TOXICIDAD EN AGUA DE RIEGO

- 1. Antecedentes**
- 2. Toxicidad de cloruros en diversos cultivos**
- 3. Toxicidad de sodio en diversos cultivos**
- 4. Toxicidad del boro en diversos cultivos**

1. Antecedentes

Un problema de toxicidad es muy diferente de un problema de salinidad por el hecho de que se produce dentro de la planta en sí y no es causado por una carencia de agua. Por lo general, la toxicidad se produce cuando se absorben ciertos iones del agua del suelo y se acumulan en las hojas durante la transpiración, a un grado tal que se causa un daño a la planta. El grado de daño depende del tiempo, la concentración, la sensibilidad de los cultivos y el uso de agua de riego. Si el daño es lo suficientemente grave, se reduce el rendimiento del cultivo. Los iones tóxicos habitualmente presentes en el agua de riego son el cloruro, el sodio y el boro. El daño a la planta puede ser causado por cada uno, en forma individual o en combinación.

No todos los cultivos son igualmente sensibles a estos tres iones tóxicos; cloro, sodio y boro. La mayoría de los cultivos anuales no son sensibles a las concentraciones mostradas en el Cuadro # 2 mostrado más adelante, pero sí lo son la mayoría de los cultivos de árboles y plantas leñosas de tipo perenne. Los síntomas de toxicidad, sin embargo, pueden aparecer en casi cualquier cultivo si las concentraciones son suficientemente altas. La toxicidad a menudo acompaña o complica los problemas de infiltración o de salinidad, aunque puede aparecer incluso cuando la salinidad es baja.

Los iones tóxicos de sodio y cloruro pueden también ser absorbidos directamente en la planta a través de las hojas humedecidas durante el riego por aspersión. Esto ocurre generalmente durante los períodos de alta temperatura y baja humedad. La absorción de la hoja acelera la tasa de acumulación de un ion tóxico y puede ser una fuente importante de la toxicidad.

Muchos oligo-elementos, aluminio y metales pesados ("elementos traza"), además del sodio, cloruro y boro, son tóxicos para las plantas a concentraciones muy bajas. Afortunadamente la mayoría de los suministros de agua de irrigación contienen concentraciones muy bajas de estos elementos traza y generalmente no son un problema. Las concentraciones máximas tolerables para estos inusuales elementos metálicos se presentan en el siguiente Cuadro # 1. Estas concentraciones se basan en los límites establecidos para proteger el recurso acuífero de los contaminantes tóxicos, si es que se riega continuamente con agua que los contiene.

Ver el siguiente Cuadro 1 con las concentraciones máximas permitidas, en el agua de riego, para elementos potencialmente contaminantes o dañinos.

Cuadro 1

EN AGUA DE RIEGO. EN MILIGRAMOS POR LITRO.		
Elemento	Recomendaciones Concentración máxima (mg / l)	Observaciones
Al (aluminio)	5.0	Puede causar falta de productividad en suelos ácidos (pH <5,5), pero los suelos más alcalinos a pH > 7,0 precipitan el ion y eliminan cualquier toxicidad.
As (arsénico)	0.10	La toxicidad para las plantas varía ampliamente, desde 12 mg / l para el pasto Sudán a menos de 0,05 mg / l para el arroz.
Be (berilio)	0.10	La toxicidad para las plantas es muy variable, desde 5 mg / l para la col rizada a 0,5 mg / l para el frijol arbustivo.
Cd (cadmio)	0.01	Tóxico para los frijoles, remolachas y nabos a concentraciones tan bajas como 0,1 mg / l en soluciones nutritivas. Se recomienda establecer límites conservadores debido a su potencial de acumulación en plantas y suelos a concentraciones que pueden ser perjudiciales para los seres humanos.
Co (cobalto)	0.05	Tóxico para las plantas de tomate a 0,1 mg / l en solución de nutrientes. Tiende a ser inactivado por los suelos neutros y alcalinos.
Cr (cromo)	0.10	No es reconocido como un elemento esencial de crecimiento. Se recomienda establecer un límite muy conservador debido a la falta de conocimiento sobre su toxicidad para las plantas.
Cu (cobre)	0.20	Tóxico para un cierto número de plantas en 0,1 a 1,0 mg / l en solución de nutrientes.
F (flúor)	1.0	Inactivado por suelos neutros y alcalinos.
Fe (hierro)	5.0	No es tóxico para las plantas en suelos aireados, pero puede contribuir a la acidificación del suelo y la pérdida de la disponibilidad del fósforo (elemento esencial) y del molibdeno. La aspersión aérea puede resultar en depósitos desagradables en plantas, equipos y edificios.
Li (litio)	2.5	Tolerado por la mayoría de los cultivos hasta 5 mg / l; muy móvil en el suelo. Tóxico para los cítricos a bajas concentraciones (<0,075 mg / l). Actúa de forma similar al boro. (Ver toxicidad de boro mas adelante)
Mn (manganeso)	0.20	Tóxico para una serie de cultivos en algunas décimas a un mg / l. Por lo general sólo en suelos ácidos.
Mo (molibdeno)	0.01	No es tóxico para las plantas a concentraciones normales en el suelo y el agua. Puede ser tóxico para el ganado si el forraje se cultiva en suelos con altas concentraciones de molibdeno disponible.
Ni (níquel)	0.20	Tóxico para un número de plantas en concentraciones de 0,5 mg / l a 1,0 mg / l. Su toxicidad se reduce con pH neutro o alcalino.
Pd (plomo)	5.0	Puede inhibir el crecimiento de células de plantas a concentraciones más altas.
Se (selenio)	0.02	Tóxico para las plantas a concentraciones tan bajas como 0,025 mg / l y tóxico para el ganado si el forraje se cultiva en suelos con niveles relativamente altos de selenio Es un elemento esencial para los animales, pero a condición de que sea en concentraciones muy bajas.
Ti (titanio)	----	Efectivamente excluidos por las plantas; se desconoce la tolerancia específica.
V (vanadio)	0.10	Tóxico para muchas plantas a concentraciones relativamente bajas.

Zn (Zinc)	2.0	Tóxico para muchas plantas a muy diversas concentraciones. Muestra menor toxicidad a pH > 6,0 y en suelos orgánicos o de textura fina.
-----------	-----	--

Adaptado de la Academia Nacional de Ciencias (1972) y Pratt (1972). / A&L Analytical Labs.

La concentración máxima se basa en una tasa de aplicación de agua comparable a las prácticas de irrigación (10 000 m³ por hectárea al año). Si la tasa de aplicación del agua excede en gran medida este volumen, las concentraciones máximas se deben ajustar –en consecuencia– a la baja. No se debe ajustar para tasas de aplicación de menos de 10 000 m³ por hectárea al año. Los valores indicados son para el agua utilizada de forma continua en un sitio.

2. Toxicidad de cloruros en diversos cultivos

La toxicidad más común en las plantas es a partir de cloruros provenientes del agua de riego. El cloruro no es adsorbido o retenido por los suelos, por lo tanto, se mueve fácilmente con el agua del suelo, absorbiéndose por las raíces y acumulándose en las hojas. Si la concentración de cloruro en las hojas excede la tolerancia de los cultivos, se desarrollan lesiones cuyos síntomas pueden ser quemaduras o secado de los tejidos de las hojas. Normalmente, los daños a las plantas se inician en las puntas de las hojas, lo cual es muy común en las intoxicaciones por cloruros. A medida que aumenta la gravedad de la intoxicación, los síntomas van extendiéndose desde las puntas a lo largo de los bordes de las hojas. La necrosis excesiva (tejido muerto) a menudo se acompaña de caída prematura de las hojas y defoliación. Con los cultivos sensibles, estos síntomas se producen cuando en las hojas se acumulan 0,3 a 1,0 por ciento de cloruro (en base a su peso seco), aunque la sensibilidad al cloro es bastante variable. Muchos cultivos de árboles, por ejemplo, comienzan a mostrar daños por encima de 0.3 por ciento de cloruro, medido base seca.

El análisis químico de los tejidos vegetales, denominado también "Análisis foliar" de las plantas, es el método utilizado comúnmente para confirmar una toxicidad por cloruro. Estos análisis foliares los lleva a cabo el *Laboratorio A-L de México* usualmente en muestras de hojas con síntomas de intoxicación por cloro, aunque hay que señalar que la parte de la planta que debe utilizarse para el análisis puede variar según el cultivo, dependiendo de cuál de los valores interpretativos disponibles está siendo seguido. Las hojas son el sustrato vegetal más izado en los análisis, pero los pecíolos de alguno cultivo (por ejemplo uva) se utilizan con cierta frecuencia en lugar de hojas. Para las zonas de regadío, la absorción de cloruros no sólo depende de la calidad del agua de riego, sino también del cloruro presente en el suelo, el cual está determinado por la cantidad de lixiviación que ha tenido lugar y la capacidad de la cosecha para excluir dicho cloruro. Las tolerancias de los cultivos al cloruro no están tan bien documentadas como tolerancias de los cultivos a la salinidad. En el cuadro siguiente se muestran las tolerancias conocidas de varios cultivos a los cloruros. Estas mediciones las puede efectuar el *Laboratorio A-L de México* en Extracto de Pasta Saturada, o bien en el Agua

de Irrigación. Estos valores son indicativos y pueden necesitar ser cambiados cuando la experiencia práctica local indica que otros niveles diferentes de cloro pueden causar daño. Por ejemplo, el tabaco, aunque tolerante al cloruro, adquiere características cada vez más indeseables si los niveles de cloro en el agua de riego aumentan por encima de una cuanta mili equivalente por litro. Se pueden presentar quemaduras en las hojas del tabaco, así como una significativa reducción en la vida de anaquel. Esto afecta en gran medida su valor de mercado.

Cuadro 2

TOLERANCIA A CLORUROS DE ALGUNAS VARIEDADES DE CULTIVOS			
Cultivo	Variedad	CI Máximo Permisible sin daño a las hojas.	
		Zona Raíz (me / l)	Agua de Riego (me / l)
Aguacate (<i>Persea americana</i>)	Antillano	7.5	5.0
	Guatemalteco	6.0	4.0
	Mexicano	5.0	3.3
Cítricos (<i>Citrus spp.</i>)	Sunki Mandarin	25.0	16.6
	Pomelo		
	Mandarina, Cleopatra		
	Lima Rangpur		
	Sampson tangelo	15.0	10.0
	Limón Rough		
	La naranja agria		
	Ponkan mandarin		
	Citrumelo 4475	10.0	6.7
	Naranja trifoliada		
Cuba shaddock			
Calamondin			
Naranja dulce			
Salvaje citrange			
Rusk citrange			
Troyer citrange			
Uva (<i>Vitis spp.</i>)	Salt Creek, 1613-3	40.0	27.0
	Dog Ridge	30.0	20.0
Frutas de Hueso (<i>Prunus spp.</i>)	Marianna	25.0	17.0
	Lovell, Shalil	10.0	6.7
	Yunnan	7.5	5.0
	<u>Cultivares</u>		
Bayas (<i>Rubus spp.</i>)	Boysenberry	10.0	6.7
	Olallie blackberry	10.0	6.7
	Indian Summer	5.0	3.3
Uva (<i>Vitis spp.</i>)	Frambuesa		
	Thompson sin semilla	20.0	13.3
	Perlette	20.0	13.3

Fresa (<i>Fragaria spp.</i>)	Cardinal	10.0	6.7
	Negro Rose	10.0	6.7
	Lassen	7.5	5.0
	Shasta	5.0	3.3

Para algunos cultivos, la concentración dada pueden exceder la tolerancia general de la salinidad de dicho cultivo y causar algo de reducción en el rendimiento, además de la causada por efectos tóxicos de iones de cloruro.

Los valores indicados se refieren a la concentración máxima en el agua de riego. Los valores se obtuvieron a partir de extracto de saturación de datos (CE e) asumiendo una fracción de lavado del 15-20 por ciento y la CE e = 1.5 EC w.

Los valores máximos permisibles sólo se aplican a la superficie de los cultivos de regadío. El riego por aspersión puede causar excesiva de hojas quemar a valores muy por debajo de éstos (véase la sección 4.3).

La toxicidad de cloruro puede ocurrir por absorción foliar directa a través de las hojas mojadas durante el riego por aspersión. Esto ocurre con mayor frecuencia con el aspersor giratorio.

3. Toxicidad de sodio en diversos cultivos

La toxicidad de sodio no se diagnostica con tanta facilidad como la toxicidad de cloruro, pero se han registrado casos claros de toxicidad, como consecuencia de la relativamente alta concentración de sodio en el agua (alto Na o RAS). Los síntomas típicos de intoxicación por sodio son quemadura de la hoja, tejido muerto o "quemado" a lo largo de los bordes exteriores de las hojas, en contraste con los síntomas de la toxicidad de cloruro que normalmente se produce iniciando en la punta de la hoja. Se requiere normalmente un periodo prolongado de tiempo (varios días o semanas) antes de que la acumulación alcance concentraciones tóxicas. Los síntomas aparecen primero en las hojas más viejas, a partir de los bordes externos y, a medida que aumenta la gravedad.

Cuadro 3

GUÍA PARA LA INTERPRETACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO ¹						
Problema potencial de riego		Unidades	Grado de Restricción de Uso			
			Ninguno	Leve a Moderad	Grave	
Salinidad (afecta la disponibilidad de agua del cultivo)						
CE_w	Conductividad Eléctrica.	dS / m	<0.7	0,7-3,0	> 3,0	
SDT	Sólidos Disueltos Totales	mg / l	<450	450 - 2000	>2000	
Infiltración (afecta a la tasa de infiltración de agua en el suelo. Evaluar el uso de CE _w y SAR juntos)						
RAS	= 0 - 3	y CE_w	=	> 0.7	0,7 a 0,2	<0.2
	= 3 - 6		=	> 1.2	1,2-0,3	<0.3
	= 6 - 12		=	> 1.9	1,9-0,5	<0.5
	= 12-20		=	> 2.9	2,9 a 1.3	<1.3
	= 20 - 40		=	> 5,0	5,0-2,9	<2.9
La toxicidad de iones específicos (que afecta a los cultivos sensibles)						
Sodio (Na) ⁴						
	Riego por superficie	SAR	<3	3 - 9	> 9	
	Riego por aspersión	me / l	<3	> 3		
Cloruro (Cl) ⁴						
	Riego por superficie	me / l	<4	4 - 10	> 10	
	Riego por aspersión	me / l	<3	> 3		
	El boro (B) ⁵	mg / l	<0.7	0,7-3,0	> 3,0	
Elementos Traza (ver Cuadro Página)						
Efectos Varios (que afectan a los cultivos susceptibles)						
	Nitrógeno (NO₃ - N) ⁶	mg / l	<5	5 - 30	> 30	
	Bicarbonato (HCO₃)					
	(Sólo aspersión aérea)	me / l	<1.5	1.5 a 8.5	> 8,5	
	pH		Rango Normal 6,5 - 8,4			

Adaptado de la Universidad de California. / A&L Analytical, Labs.

CE_w significa conductividad eléctrica, una medida de la salinidad del agua, reportado en deciSiemens por metro a 25 ° C (dS / m) o en unidades milimhos por centímetro (mmho / cm). Ambos son equivalente. SDT significa sólidos disueltos totales, reportados en miligramos por litro (mg / l).

RAS significa relación de adsorción de sodio... En un determinado RAS la tasa de infiltración se incrementa a medida que aumenta la salinidad del agua.

Mueven progresivamente hacia el interior entre las venas hacia el centro de la hoja. Los cultivos más sensibles son las frutas de hoja caduca, los frutos secos, cítricos, aguacates y frijoles, pero hay muchos otros. Para los cultivos arbóreos, cuando hay sodio en el tejido de la hoja, en exceso de 0,25 a 0,50 por ciento (base peso seco), a menudo aparecen ya los síntomas de intoxicación por sodio.

El Análisis del Tejido Vegetal, o "Análisis Foliar" en muestras de hojas, lo utiliza comúnmente *Laboratorios A-L de México*, para confirmar o monitorear la toxicidad del sodio. Una combinación de análisis de suelo, del agua y de la planta (Foliar) aumenta en gran medida la probabilidad de un diagnóstico correcto. Al utilizar sólo el análisis foliar para diagnosticar la toxicidad de sodio, se recomienda, a efectos comparativos, el análisis simultáneo de hojas de cultivos dañados, así como el análisis foliar por separado de los cultivos intactos cercanos.

La toxicidad de sodio a menudo se modifica o se reduce si hay suficiente calcio disponible en el suelo. Ya sea que haya indicios de una simple intoxicación por sodio, o es un problema más complicado que implica una posible deficiencia de calcio o se presume de algún otro tipo de interacción. La experiencia nos indica que por lo menos en algunos cultivos anuales, los problemas son frecuentemente más bien de deficiencia de calcio a que de toxicidad de sodio. Si se confirma, estos cultivos deben responder muy positivamente a la fertilización de calcio, utilizando materiales como yeso agrícola (sulfato de calcio) o bien nitrato de calcio.

Sin embargo, muchos cultivos si muestran toxicidad por sodio. La guía para interpretar la calidad del agua de riego (Ver cuadro anterior) utiliza el RAS como el indicador de la posibilidad de un problema de toxicidad de sodio, que se espera que desarrolle después del riego de superficie con una calidad de agua en particular. La tabla 3 da la tolerancia de sodio relativa de varios cultivos representativos. Los datos del cuadro se dan no en términos del RAS sino del Porcentaje de Sodio Intercambiable del suelo (PSI). Los estimados del PSI del suelo son el resultado a largo plazo (varios años) de uso de agua con determinado RAS.

Cuadro 4

TOLERANCIA RELATIVA DE CULTIVOS SELECCIONADOS PARA SODIO INTERCAMBIABLE		
Sensible	Semi-tolerante	Tolerante
Aguacate <i>(Persea americana)</i>	Zanahoria <i>(Daucus carota)</i>	Alfalfa <i>(Medicago sativa)</i>
Frutas de hoja caduca	Clover, Ladino <i>(Trifolium repens)</i>	Cebada <i>(Hordeum vulgare)</i>
Nueces		
Bean, verde <i>(Phaseolus vulgaris)</i>	Dallisgrass <i>(Paspalum dilatatum)</i>	Remolacha, jardín <i>(Beta vulgaris)</i>
Algodón (en germinación)	Festuca, alto	Remolacha, azúcar

<i>(Gossypium hirsutum)</i>	<i>(Festuca arundinacea)</i>	<i>(Beta vulgaris)</i>
Maíz	Lechuga	Gramma
<i>(Pisum sativum)</i>	<i>(Typhoides Pennisetum)</i>	<i>(Gossypium hirsutum)</i>
Chícharos	Bajara	Algodón
<i>(Zea mays)</i>	<i>(Lactuca sativa)</i>	<i>(Cynodon dactylon)</i>
Pomelo	Caña de azúcar	Paragrass
<i>(Citrus paradisi)</i>	<i>(Saccharum officinarum)</i>	<i>(Brachiaria mutica)</i>
Naranja	Trébol de Alejandría	Pasto Rhodes
<i>(Citrus sinensis)</i>	<i>(Trifolium alexandrinum)</i>	<i>(Chloris gayana)</i>
Melocotón	Benji	El pasto de trigo, con cresta
<i>(Prunus persica)</i>	<i>(Melilotus parviflora)</i>	<i>(Agropyron cristatum)</i>
Mandarina	Raya	El pasto de trigo, fairway
<i>(Citrus reticulata)</i>	<i>(Brassica juncea)</i>	<i>(Agropyron cristatum)</i>
Mung	Avena	El pasto de trigo, alto
<i>(Phaseolus aurus)</i>	<i>(Avena sativa)</i>	<i>(Agropyron elongatum)</i>
Mezcla	Cebolla	Hierba Karnal
<i>(Phaseolus mungo)</i>	<i>(Allium cepa)</i>	<i>(Diplachna fusca)</i>
Lenteja	Rábano	
<i>(Lens culinaris)</i>	<i>(Raphanus sativus)</i>	
Cacahuete (maní)	Arroz	
<i>(Arachis hypogaea)</i>	<i>(Oryza sativus)</i>	
Gramo	Centeno	
<i>(Cicer arietinum)</i>	<i>(Secale cereale)</i>	
Cowpeas	Ryegrass, Italiano	
<i>(Vigna sinensis)</i>	<i>(Lolium multiflorum)</i>	
	Sorgo	
	<i>(Sorghum vulgare)</i>	
	Espinacas	
	<i>(Spinacia oleracea)</i>	
	Tomate	
	<i>(Lycopersicon esculentum)</i>	
	Arveja	
	<i>(Vicia sativa)</i>	
	Trigo	
	<i>(Triticum vulgare)</i>	

Los niveles aproximados de porcentaje de sodio intercambiable (PSI) correspondientes a las tres categorías de la tolerancia son: sensible a menos de 15 PSI; semi-tolerante de 15- 40 PSI;

tolerante a más de 40 PSI. La tolerancia disminuye en cada columna, de arriba a abajo. Las tolerancias enumeradas son relativas, ya que, por lo general, los factores nutricionales y las condiciones del suelo de crecimiento negativo influyen antes de llegar a estos niveles. Los suelos con un PSI por encima de 30 por lo general tienen una estructura física muy pobre para una buena productividad de los cultivos. La tolerancia en la mayoría de los casos se estableció por primera estructura del suelo estabilizador.

Especial cuidado en la evaluación de una toxicidad potencial debido a RAS o de sodio se necesita con agua de alta RAS debido a efectos tóxicos aparentes de sodio pueden deberse a o complicada por el pobre infiltración de agua. Como se muestra en la Tabla 15, sólo los cultivos perennes más sensibles tienen pérdidas de rendimiento debido al sodio si la condición física del suelo sigue siendo lo suficientemente bueno para permitir la infiltración adecuada. Varios de los cultivos enumerados como más tolerante sí muestran justo cuando el crecimiento se mantiene la estructura del suelo y, en general, estos cultivos pueden soportar niveles más altos de PSI si se puede mantener la estructura del suelo y la aireación, como en los suelos de textura gruesa.

4. Toxicidad del boro en diversos cultivos

El boro (B), a diferencia del sodio, es un elemento esencial para el crecimiento y desarrollo de la planta. (El cloruro también es esencial pero en cantidades tan pequeñas que muy frecuentemente se clasifica como no esencial). Aunque el papel preciso de boro en las plantas no se conoce totalmente hay evidencia que nos demuestra que el boro es importante para la división celular, la producción de los ácidos nucleicos (ADN, ARN), el movimiento de los azúcares a través de membranas y el desarrollo de estructuras reproductivas (es decir tubos de polen, frutas, granos). Sin embargo el boro es necesario en cantidades relativamente muy pequeñas y, si se sobrepasa el límite máximo, se convierte en tóxico. Para algunos cultivos, si 0.2 mg/l de boro en el agua es esencial, 1 o 2 mg/litro son ya tóxicos o muy tóxicos. El agua de superficie raramente contiene suficiente boro como para que se considere tóxico, pero el agua de pozo o (en ocasiones) de los mantos freáticos si pueden tener cantidades tóxicas, especialmente cerca de zonas geotérmicas y de fallas sísmicas. Los problemas de boro que se originan en el agua son probablemente más frecuentes que los que se originan en los suelos agrícolas. La toxicidad del boro puede afectar a casi todos los cultivos pero, al igual que en el caso de la salinidad, existe un amplio rango de tolerancias entre los diversos cultivos.

Los síntomas de intoxicación por boro usualmente aparecen primero en las hojas más viejas como amarillamiento, manchas o secado del tejido foliar en las puntas y bordes. El secado y la clorosis progresan a menudo hacia el centro de las venas (intervenoso) según se acumula más y más boro a través del tiempo. En árboles gravemente afectados, como los almendros y otros árboles que no muestran síntomas foliares típicos, puede notarse la aparición de una goma o exudado en ramas y tronco.

La mayoría de los síntomas de toxicidad en los cultivos aparecen cuando las concentraciones de boro en las hojas superan los 250-300 mg/kg (peso seco). Aunque no todos los cultivos sensibles acumulan boro en las hojas. Por ejemplo, las frutas de hueso (duraznos, ciruelas, almendras etc.) y las frutas de pepita (manzanas, peras y otras) se dañan fácilmente con el boro pero no acumulan suficiente boro en el tejido de la hoja como para que el solo análisis foliar sea un diagnóstico totalmente confiable. En éstos casos el exceso de boro debe ser confirmado, además del análisis foliar, por el análisis de fertilidad de suelo y el análisis del agua de riego. Estos tres análisis los lleva a cabo *Laboratorios A-L de México*. Simultáneamente el agrónomo de campo debe observar si aparecen síntomas en los árboles y comparar sus características de crecimiento respecto a árboles sanos.

En la tabla siguiente se presentan datos de tolerancia al boro, basados no en los síntomas de la planta sino en una pérdida significativa en el rendimiento esperado. El cuadro sucesivo muestra datos sobre cítricos y frutales de hueso ordenados en orden creciente de acumulación de boro.

Obviamente que el método más efectivo para prevenir problemas de toxicidad por boro es elegir suelos y agua de riego que donde su presencia esté dentro de límites aceptables. En el siguiente cuadro se muestran las tolerancias al boro de diversos cultivos. Los cultivos vienen clasificados como "Muy sensibles"; "Sensibles A" ; "Sensibles B"; "Moderadamente Sensibles" ; "Moderadamente Tolerantes" ; "Tolerantes" y "Muy Tolerantes". En cada categoría se indican los rangos de tolerancia expresados en miligramos por litro.

Cuadro 5

TOLERANCIA AL BORO DE CULTIVOS	
Muy sensible (<0,5 mg / l)	
Limón	<i>Citrus limon</i>
Mora	<i>Rubus spp.</i>
Sensible A (0,5 a 0,75 mg / l)	
Aguacate	<i>Persea americana</i>
Pomelo	<i>Citrus X paradisi</i>
Naranja	<i>Citrus sinensis</i>
Albaricoque	<i>Prunus armeniaca</i>
Melocotón	<i>Prunus persica</i>
Cereza	<i>Prunus avium</i>
Ciruela	<i>Prunus domestica</i>
Caqui	<i>Diospyros kaki</i>
Fig, Kadota	<i>Ficus carica</i>
Uva	<i>Vitis vinifera</i>

Nuez	<i>Juglans regia</i>
Pacana	<i>Carya illinoensis</i>
Caupí	<i>Vigna unguiculata</i>
Cebolla	<i>Allium cepa</i>
Sensible B (0,75 a 1,0 mg / l)	
Ajo	<i>Allium sativum</i>
Camote	<i>Ipomoea batatas</i>
Trigo	<i>Triticum eastivum</i>
Cebada	<i>Hordeum vulgare</i>
Girasol	<i>Helianthus annuus</i>
Bean, mungo	<i>Vigna radiata</i>
Sésamo	<i>Sesamum indicum</i>
Lupino	<i>Lupinus hartwegii</i>
Fresa	<i>Fragaria spp.</i>
Alcachofa de Jerusalén	<i>Helianthus tuberosus</i>
Bean, riñón	<i>Phaseolus vulgaris</i>
Bean, lima	<i>Phaseolus lunatus</i>
Maní / Cacahuete	<i>Arachis hypogaea</i>
Moderadamente sensible (1,0 - 2,0 mg / l)	
Pimiento rojo	<i>Capsicum annum</i>
Guisante	<i>Pisum sativa</i>
Zanahoria	<i>Daucus carota</i>
Rábano	<i>Raphanus sativus</i>
Patata	<i>Solanum tuberosum</i>
Pepino	<i>Cucumis sativus</i>
Moderadamente Tolerante (2,0 - 4,0 mg / l)	
Lechuga	<i>Lactuca sativa</i>
Col	<i>Brassica oleracea capitata</i>
Apio	<i>Apium graveolens</i>
Nabo	<i>Brassica rapa</i>
Bluegrass, Kentucky	<i>Poa pratensis</i>
Avena	<i>Avena sativa</i>
Maíz	<i>Zea mays</i>
Alcachofa	<i>Cynara scolymus</i>
Tabaco	<i>Nicotiana tabacum</i>

Mostaza	<i>Brassica juncea</i>
Clover, dulce	<i>Melilotus indica</i>
Calabacín	<i>Cucurbita pepo</i>
Melón	<i>Cucumis melo</i>
Tolerante (4,0 - 6,0 mg / l)	
Sorgo	<i>Sorghum bicolor</i>
Tomate	<i>Lycopersicon lycopersicum</i>
Alfalfa	<i>Medicago sativa</i>
Arveja, púrpura	<i>Vicia benghalensis</i>
Perejil	<i>Petroselinum crispum</i>
Remolacha, rojo	<i>Beta vulgaris</i>
Remolacha azucarera	<i>Beta vulgaris</i>
Muy Tolerante (6,0 a 15,0 mg / l)	
Algodón	<i>Gossypium hirsutum</i>
Espárragos	<i>Asparagus officinalis</i>

Concentraciones máximas toleradas en extracto de saturación sin que se presenten disminuciones en los rendimientos. La tolerancia al boro varía dependiendo del clima, las condiciones del suelo y las variedades dentro de cada cultivo. Las concentraciones máximas en el agua de riego son aproximadamente iguales a estos valores o ligeramente menos.

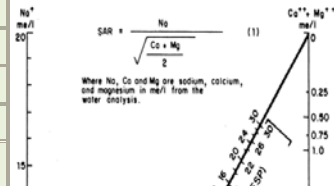
Recomendación.

Se sugiere verificar periódicamente los contenidos de nutrientes en sus cultivos mediante los Análisis Foliare que ofrece el Laboratorio A-L de México S.A. de C.V. A través de estos controles podrá usted verificar el estado de nutrición de su cultivo y si los volúmenes de elementos absorbidos por la planta están dentro de los rangos esperados.

Cuadro 6

CITRICOS Y FRUTALES DE HUESO PRESENTADOS DE ACUERDO A SU NIVEL CRECIENTE DE ACUMULACIÓN DE BORO		
Nombre común	Nombre botánico	Nivel de acumulación de boro
Agrios		
Macrofila	<i>Citrus macrophylla</i>	<u>Bajo</u>
Gajanimma	<i>Citrus pennivesiculata</i> o <i>Citrus moi</i>	
Naranja caja china	<i>Severinia buxifolia</i>	
Naranja agria	<i>Citrus aurantium</i>	
Calamondin	X <i>Citrofortunella mitis</i>	

Naranja dulce	<i>Citrus sinensis</i>
Yuzu	<i>Citrus junos</i>
Limón Rough	<i>Citrus limon</i>
Pomelo	<i>Citrus X paradisi</i>
Lima Rangpur	<i>Citrus X limonia</i>
Citrango Troyer	<i>X Citroncirus webberi</i>
Citrango Salvaje	<i>X Citroncirus webberi</i>
Mandarina Cleopatra	<i>Citrus reticulata</i>
Rusk citrango	<i>X Citroncirus webberi</i>
Sunki mandarin	<i>Citrus reticulata</i>
Limón dulce	<i>Citrus limon</i>
Naranja trifoliada	<i>Poncirus trifoliata</i>
Citrumelo 4475	<i>Poncirus trifoliata X citrus paradisi</i>
Ponkan mandarin	<i>Citrus reticulata</i>
Sampson tangelo	<i>Citrus X tangelo</i>
Cuba shaddock	<i>Citrus maxima</i>
Limón dulce	<i>Aurantifolia Citrus</i>
Fruta de Hueso	
Albaricoque	<i>Prunus armeniaca</i>
Ciruela mariana	<i>Prunus domestica</i>
Durazno Shalil	<i>Prunus persica</i>



Los iones potencialmente tóxicos de sodio, cloruro y boro pueden cada uno disminuirse por lixiviación, de una manera similar a la de la salinidad. Aunque la profundidad de agua requerida varía con el ion tóxico y puede en algunos casos llegar a ser excesiva. Si la lixiviación es excesiva, muchos productores optan por cambiar a un cultivo más tolerante. El aumento de la lixiviación o el cambio de cultivos en un intento por vivir con los niveles más altos de iones tóxicos, puede a su vez requerir grandes cambios en el sistema de cultivo. En los casos en que el problema de la toxicidad no es demasiado severo, cambios relativamente menores en las prácticas culturales agrícolas pueden minimizar el impacto del tóxico. En unos pocos casos, un suministro de agua alternativo, de buena calidad, puede ser una buena solución para reducir el peligro de toxicidad.

REFERENCIAS:

1. Manual de Agronomía, Laboratorios A-L de México.
2. CD de "Agricultura Razonada" Laboratorios A-L de México.

West Analítica y Servicios S.A. de C.V.
Esmeralda No. 2847 Colonia Verde Valle
44550 Guadalajara, México
Teléfonos: (33)31231823, 31217925
Portal Web: www.westanalitica.com.mx
Correos: eaguilar@allabs.com
maldana@allabs.com mgarcia@allabs.com