



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: eaquilar@allabs.com
maldana@allabs.com mgarcia@allabs.com

NORMATIVAS SOBRE AGUAS Y EFLUENTES TRATADOS

(Para uso en riego)

- 1. Calidad de aguas y tipos de cultivo**
- 2. Aspectos generales sobre normativas**
- 3. Guía Canadiense para agua de riego**
- 4. Guía Australiana y Neozelandesa.**
- 5. Guía Sudafricana**
- 6. Legislación americana para reuso de aguas**
- 7. FAO. Guía de calidad de agua para agricultura**

1. Calidad de Aguas y Tipos de Cultivos

Los factores que afectan la tolerancia de cultivos a los problemas generados por uso en riego de aguas de calidad inadecuada incluyen clima, técnica de riego, fracción lixiviado, drenaje, etapa de desarrollo y fecha de maduración del cultivo.

Todas las plantas no responden en forma similar frente a aguas de baja calidad derivada, principalmente, de problemas de salinidad. Algunos cultivos, por ejemplo, pueden tener rendimientos aceptables a salinidades bastante altas. Esto porque algunos son capaces de hacer los requeridos ajustes osmóticos pudiendo así extraer más agua del suelo

En aquellos casos en que la salinidad no puede ser mantenida dentro de los límites aceptables para el cultivo específico, se deberá cambiar a un cultivo más tolerante. En el caso de dudas se deberá recurrir a estudios a nivel piloto.

El clima es otro factor que afecta la tolerancia de los cultivos, siendo este factor más significativo en los cultivos más sensibles. La fertilización tiene poco efecto en la tolerancia a sales de los cultivos.

La habilidad de las cosechas de ajustarse a las condiciones de salinidad es extremadamente útil. Esta tolerancia para la mayoría de las cosechas, o parámetros como sodio, cloruro, boro, salinidad, está suficientemente estudiada, por lo que se han elaborado algunas guías de tolerancia a sales. Esta información permite asimismo el cálculo de los requerimientos de lixiviación, factor clave en el manejo de los problemas de tolerancia a sales.

Para otros parámetros, por ejemplo metales pesados, recién se están obteniendo antecedentes, por lo que en la literatura internacional no existen recomendaciones al respecto.

2. Aspecto generales sobre normativas

En términos generales no existen normativas nacionales o internacionales que se refieran al tema de uso de efluentes industriales en actividades agrícolas, con la excepción de las aguas resultantes del tratamiento de aguas residuales domésticas. La gran mayoría de los países cuya legislación ha sido revisada se enfoca a definir guías o requerimientos mínimos para el agua de riego, haciendo hincapié en determinados parámetros que pueden ser asociados a residuos líquidos de

determinadas actividades industriales.

Este capítulo presenta un resumen de la información más relevante recopilada en una revisión de las normativas nacionales e internacionales sobre calidad de aguas, colocando énfasis en los aspectos relacionados con el riego. No es el objetivo de este capítulo el citar estas fuentes de información para luego copiar los valores que ellas incluyen, sino que analizar el mecanismo que utilizan para llegar a dichos resultados y su implicancia para un proceso de generación de normativa o de guías de uso del agua para riego.

3. Guía Canadiense para Agua de Riego

La Guía Canadiense para Calidad del Agua fue desarrollada en 1987 para proveer información científica básica sobre los efectos de la calidad del agua sobre los diversos usos de ésta (agua potable, vida acuática, usos agrícolas, recreación y estética, así como suministro de agua para uso industrial). Esta guía fue diseñada para proveer los medios de evaluar la calidad del agua y ayudar a establecer objetivos de calidad que sean sitios específicos.

De acuerdo a la información disponible, las primeras normas de calidad para aguas de riego en Canadá fueron desarrolladas en el año 1987, utilizando como base los criterios propuestos en 1973 por la USEPA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos). Estos criterios fueron evaluados en sus momentos y se adoptaron como guías de calidad para Canadá. La principal crítica a este proceso es la falta de racionalidad en la adopción de los números incluidos en estas guías, los que sólo fueron copiados sin analizar en detalle el objetivo de protección detrás de cada número. Normas o guías de calidad de aguas que fueron generadas con posterioridad al año 1987 fueron estudiadas con mayor detalle, pero no contaban con un protocolo aprobado y aceptado a nivel nacional.

El Protocolo para la Generación de Guías para la Calidad del Agua de Uso en Agricultura fue elaborado inicialmente en el año 1993 y mejorado el año 1999 por el Consejo Canadiense de Ministerios del Medio Ambiente. El protocolo se basa en el principio de evitar los efectos negativos de utilizar aguas de mala calidad en el riego de diversos cultivos. Los principios básicos detrás del desarrollo de las normativas son los siguientes:

- Al derivar guías para la calidad del agua, todos los datos disponibles sobre cultivos presentes en Canadá deben ser considerados. Cuando los datos disponibles son limitados es preferible definir guías de calidad interinas a no definir guía alguna.
- La sensibilidad de cada especie en sus diversos estados de desarrollo debe

ser considerada en la generación de las guías para la calidad del agua.

Un valor único deber ser definido o recomendado como la calidad del agua para riego:

- Este valor se debe basar en el cultivo más sensible. En aquellos casos en los cuales la guía nacional es muy conservadora se recomienda elaborar criterios sitio específico, para lo cual se debe considerar las especies menos sensibles.
- A menos que se indique de otra manera la guía se refiere a la concentración total de cada contaminante y su producto de transformación más tóxico en agua sin filtrar que es representativa de lo que hay disponible para el riego. Esto significa que, por ej.: en el caso de metales la guía se refiere a metales totales.

El desarrollo de las guías para la calidad del agua se basa en dos piezas de información básicas:

- (1) La sensibilidad de diversos cultivos medidas en términos de las tasas de aplicación aceptables en kilos de ingrediente activo por hectárea en el caso de pesticidas (Kg/Há) o por las concentraciones aceptable de un contaminante en el suelo, lo que se mide en miligramos del contaminante por kilogramo de suelo (mg/Kg)
- (2) Las tasas máximas de riego de cultivos en litros por hectárea al año (L/Há-año).

La Tabla 1 muestra un resumen de valores máximos admisibles para una serie de metales pesados y metaloides en agua de riego.

Tabla 1

CONCENTRACION ES MÁXIMAS DE ALGUNOS COMPUESTOS INORGÁNICOS EN AGUAS DE RIEGO. GUÍA CANADIENCE (2003).			
Elemento	Concentración (mg/L)	Elemento	Concentración (mg/L)
Aluminio	5.0	Litio	2.5
Arsénico	0.1	Manganeso	0.2
Berilio	0.1	Mercurio	-
Boro	0.5-6.0	Molibdeno	0.01-0.05
Cadmio	0.0051	Niquel	0.2
Cromo	-	Selenio	0.02-0.05
Cobalto	0.05	Uranio	0.01
Cobre	0.02-1.0	Vanadio	0.1
Flúor	1.0	Zinc	5.0
Fierro	5.0		

4. Guía Australiana y Neozelandesa

Debido a las restricciones climáticas la práctica agrícola en Australia y Nueva Zelanda depende en forma directa del riego. De esta forma, el año 2000 se diseñó un procedimiento para el desarrollo de guías para definir la calidad del agua utilizada en la agricultura.

Las guías o recomendaciones sobre calidad del agua en uso agrícola (incluye riego, bebida para animales y otros usos generales agrícolas) fueron diseñadas a partir de estudios anteriores, una intensiva revisión bibliográfica (con énfasis en la información de países como Canadá y Sudáfrica), datos provenientes de investigaciones locales y los comentarios de los organismos interesados en el tema.

El énfasis principal en la generación de las nuevas normativas para agua de riego se basa en los siguientes puntos:

- El suministro de agua debe ser sustentable.
- La calidad de los recursos naturales no debe ser degradada.
- El medio ambiente no debe resultar dañado en forma permanente.
- El bienestar de las futuras generaciones no debe ser afectado por la producción y consumo de la actual generación.
- Productividad y calidad de los productos agrícolas deber ser mantenida o mejorada.

Consideraciones generales para la evaluar la capacidad de agua para su uso en riego son las siguientes: disponibilidad de agua para riego, características de calidad del agua que pueden afectar la producción agrícola, condiciones de la cuenca de drenaje, y calidad del agua a preservar en zonas ubicadas aguas abajo del punto de uso.

De acuerdo a las bases de esta normativa, tanto el suelo, así como los cultivos y el agua, deben ser tomados en cuenta al momento de desarrollar las guías para el uso de agua en riego. Los factores que deben ser incluidos en estos análisis son los que se indican en la Tabla 2 .

Tabla 2

FACTORES CLAVES PARA DEFINIR CALIDAD DE AGUA DE RIEGO	
Suelo	<ul style="list-style-type: none">• Salinidad de zona de raíces• Estabilidad estructural del suelo• Incremento de contaminantes en el suelo• Liberación de contaminantes del suelo hacia el cultivo

Cultivos	<ul style="list-style-type: none"> • Rendimiento • Tolerancia a la sal • Tolerancia a iones específicos • Daño foliar • Incorporación de tóxicos en productos para consumo humano • Contaminación por patógenos
Agua	<ul style="list-style-type: none"> • Drenaje profundo y lixiviación bajo zona de raíces • Movimiento de sales, nutrientes y contaminantes en el agua subterránea y superficial
Factores asociados	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad y estacionalidad de la lluvia • Propiedades el suelo • Especies de cultivo y opciones de manejo • Tipo de suelo • Profundidad el agua subterránea y su calidad

Las guías incluyen además aspectos tales como el efecto de la calidad del agua en corrosión o incrustación de tuberías. En el caso específico de las guías para la calidad de agua para riego se debe tener en cuenta factores físicos, químicos y microbiológicos que pueden afectar el crecimiento de los cultivos o el suelo. Valores mínimos o máximos para diversos factores tales como los siguientes, fueron incorporados:

- Indicadores microbiológicos (por ejemplo patógenos animales y humanos, patógenos de las plantas)
- Salinidad
- Contaminantes orgánicos e inorgánicos (por ejemplo, cloruro, sodio y metales pesados)
- Contaminantes inorgánicos (por ejemplo pesticidas)

En el caso particular de los metales pesados y metaloides, la generación de las guías para el uso en riego siguió el siguiente procedimiento:

- Revisión de normativa existente tanto en Australia como Nueva Zelandia, así como a nivel internacional.
- Revisión de datos sobre fitotoxicidad de las plantas
- Minimización de incorporación de metales tóxicos en los cultivos.
- Minimización del impacto sobre infraestructura de riego (por ejemplo biocolmatación de tuberías debido a hierro y manganeso).
- Análisis de impactos en el sitio de aplicación.
- Impacto en biota cercana (biotoxicidad).

Un aspecto de interés en el protocolo australiano es la incorporación de las posibles fuentes de agua en la definición de los límites aceptables para diferentes metales. Para esto se incluyó posibles fuentes de abastecimiento como agua subterránea, superficial, efluente de plantas de tratamiento de aguas servidas y residuales. Para definir los valores máximos se consideró las siguientes condiciones de riego:

- Aplicación anual de agua de riego: 1000 mm.
- Contaminantes inorgánicos son retenidos en los primeros 150 mm del suelo.
- El riego se llevará a cabo durante al menos 100 años.
- Densidad del suelo es de 1300 Kg/m³.

Todos los aspectos anteriores han sido combinados para evaluar los límites superiores de metales y metaloides en las aguas de riego. Estos límites superiores han sido desarrollados para que sean compatibles con guías internacionales para el agua de riego, así como con recomendaciones para contenido máximo de metales en el suelo. Para lo anterior se ha definido dos categorías de concentración:

- Valor Límite de Largo Plazo (LTV: Long-term Trigger Value) se define como la máxima concentración (mg/L) de un contaminante en el agua de riego, que puede ser tolerada asumiendo un período de riego de 100 años y las tasas de riego indicadas previamente.
- Valor Límite de Corto Plazo (STV: Short-term Trigger Value) se define como la máxima concentración (mg/L) de un contaminante en el agua de riego, que puede ser tolerada asumiendo un período de riego de 20 años y las mismas tasas de riego indicadas para el caso del LTV.

Las concentraciones STV y LTV fueron diseñadas para minimizar la acumulación de contaminantes en la superficie de los suelos durante el período de riego, pero también para prevenir el impacto directo de la calidad del agua sobre un cultivo. Para aquellos compuestos en los cuales el valor del STV y LTV son similares, la principal preocupación o efecto del contaminante es por toxicidad del agua de riego a los cultivos existentes, más que por acumulación en el suelo.

La Tabla 3 muestra un resumen de valores máximos admisibles para una serie de metales pesados y metaloides en agua de riego.

Tabla 3

CONCENTRACIONES MÁXIMAS DE ALGUNOS COMPUESTOS INORGÁNICOS EN AGUAS DE RIEGO (A). GUÍA AUSTRALIANA Y NEOCELANDESA PARA LA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO.			
Elemento	CCL Sugerido (b)	LTV en Agua de riego	STV en Agua de riego
	(Kg/Há)	(mg/L)	(mg/L)
Aluminio	ND	5.0	20.0
Arsénico	20	0.1	2.0
Berilio	ND	0.1	0.5
Boro	ND	0.5	(c)
Cadmio	2	0.01	0.05
Cromo	ND	0.1	1.0
Cobalto	ND	0.05	0.1
Cobre	140	0.2	5.0
Fluor	ND	1.0	2.0
Fierro	ND	0.2	10.0
Plomo	260	2.0	5.0
Litio	ND	2.5	2.5
		0.075 Cítricos	0.075 Cítricos
Manganeso	ND	0.2	10.0
Mercurio	2	0.002	0.002
Molibdeno	ND	0.01	0.05
Niquel	85	0.2	2.0
Selenio	10	0.02	0.05
Uranio	ND	0.01	0.1
Vanadio	ND	0.1	0.5
Zinc	300	2.0	5.0

- (a) Valor límite debe ser usado en conjunto con información de cada elemento individual y su potencial de transporte en el suelo.
- (b) ND: No Determinado
- (c) Depende de la sensibilidad del cultivo

En la guía se utiliza el concepto de Límite de Carga Contaminante Acumulada (CCL: Cumulative Contaminant Loading), la que representa la máxima cantidad de contaminante que puede ser asimilada por un suelo. Sobre este valor se recomienda la realización de estudios sitio específico. El CCL se calcula a partir de valores de contaminación de fondo (background concentration) en suelos de Australia y para cada contaminante de interés.

5. Guía Sudafricana

La Guía Sudafricana para la Calidad del Agua de Riego es esencialmente una serie de recomendaciones y especificaciones dirigidas al usuario de agua para riego. Su objetivo es proveer con información técnica que le permita hacer juicios acerca de si

una determinada agua es adecuada para un uso proyectado. La guía ha sido desarrollada para cualquier tipo de agua, independiente de la fuente o el tratamiento a que ha sido sometida.

Los criterios utilizados en el desarrollo de las guías sudafricanas se apoyan en los siguientes puntos:

- Desarrollar un conjunto de recomendaciones y criterios que sean apropiados para Sudáfrica, basados en el consenso de especialistas locales e internacionales.
- Modificar recomendaciones internacionales a la luz de nueva información local.
- Reducir incertidumbre actual que proviene del uso de normativas o recomendaciones internacionales que muchas veces no son válidas para casos locales.

Los métodos utilizados para desarrollar guías o recomendaciones para la calidad del agua de riego se indican a continuación:

- Listar los distintos propósitos del agua de riego.
- Describir, para cada uso del agua, los problemas de calidad que se tiene en Sudáfrica.
- Determinar, para cada problema de calidad del agua, las normas o procedimientos que serán utilizados para evaluar los efectos de la calidad del agua en un uso particular.
- Determinar, para cada norma o procedimiento, que parámetro o constituyente del agua puede afectar su uso en riego.
- Acceder información internacional y local para desarrollar guías preliminares para determinados constituyentes.
- A través de un proceso de revisión técnica y participación de interesados finalizar las guías o recomendaciones y publicarlas.

La Tabla 4 muestra un resumen de las recomendaciones para el caso de metales y metaloides en la normativa sudafricana.

Tabla 4

CONCENTRACION ES MÁXIMAS DE ALGUNOS COMPUESTOS INORGÁNICOS EN AGUAS DE RIEGO. GUÍA SUDAFRICANA PARA LA CALIDAD DE AGUA DE RIEGO (1996).			
Elemento	Concentración	Elemento	Concentración
	(mg/L)		(mg/L)
Aluminio	5.0	Litio	2.5
Arsénico	0.1	Manganeso	0.02

Berilio	0.1	Mercurio	ND
Boro	0.5	Molibdeno	0.01
Cadmio	10.0	Niquel	0.2
Cromo	0.1	Selenio	0.02
Cobalto	0.05	Uranio	0.01
Cobre	0.02	Vanadio	0.1
Flúor	2.0	Zinc	1.0
Fierro	5.0		

ND: No Determinado

6. Legislación Americana para Reuso de Aguas

El objetivo fundamental de esta legislación es proporcionar fundamentos técnicos a una situación que es común a 25 estados de los EEUU, así como otros países a nivel mundial. En efecto, la recuperación y reuso de aguas es una realidad que ha sido adoptada en los EEUU desde los años 80s sin disponer de mayor información.

Un documento desarrollado por el US Bureau of Reclamation (Water 2025) enfoca su atención hacia los problemas de escasez de agua debido a la creciente población y al aumento de otros usos tales como recreación y demanda ambiental. Los objetivos básicos del documento Water 2025 son:

- Facilitar una mirada más completa en aquellas áreas con falta de agua en los EEUU.
- Ayudar a incrementar los suministros de agua, para satisfacer la demanda de poblaciones crecientes, las demandas ambientales, y afianzar las economías locales.
- Proveer beneficios ambientales a cuencas, ríos y esteros.
- Minimizar las crisis de agua en cuencas críticas mejorando el medio ambiente y estudiando el efecto de las sequías en las economías.
- Proveer un enfoque práctico y balanceado al manejo de recursos hídricos en el siglo 21

Los constituyentes químicos de interés en la reutilización de aguas tratadas en la agricultura, son la salinidad, sodio, elementos traza, exceso de cloruro y nutrientes. La sensibilidad es generalmente una función de la tolerancia de una planta determinada a los compuestos presentes en la zona de raíces o depositados en el follaje.

En el caso de elementos traza la EPA presenta límites para uso continuo de corto y largo plazo para aguas de riego de determinadas características. Los límites máximos para uso continuo de largo plazo son definidos para suelos arenosos en los cuales no se produce remoción de elementos químicos que puedan ser captados

posteriormente por las plantas. Estos valores máximos se encuentran bajo las concentraciones que producen efectos tóxicos sobre las plantas más sensibles. En el caso de los límites para corto plazo (riego de hasta 20 años) se considera suelos finos y alcalinos, con alta capacidad de remoción.

La Tabla 5 muestra un resumen de valores máximos admisibles para una serie de metales pesados y metaloides en agua de riego.

Tabla 5

CONCENTRACIONES MÁXIMAS DE ALGUNOS COMPUESTOS INORGÁNICAS EN AGUAS TRATADAS. GUÍA EPA PARA REUSO DE AGUAS			
Element	Largo plazo	Corto plazo	Comentarios
	(mg/L)	(mg/L)	
Aluminio	5.0	20.0	Puede producir falta de productividad en suelos ácidos, pero suelos en el rango de pH 5.5 a 8.0 precipitarán el ión y eliminarán la toxicidad.
Arsénico	0.1	2.0	La toxicidad en las plantas varía en forma amplia desde 12 mg/L para pasto de Sudán hasta 0.05 para arroz.
Berilio	0.1	0.5	Toxicidad en plantas es muy amplia: 5 mg/l para "kale" y 0.05 para porotos.
Boro	0.75	2.0	Esencial para crecimiento de una planta. Tóxico para plantas sensibles por ejemplo cítricos.
Cadmio	0.01	0.05	Tóxico para legumbres a concentraciones de: 0.1 mg/l.
Cromo	0.1	1.0	Límites conservadores debido a desconocimiento de efectos reales sobre cultivos.
Cobalto	0.05	5.0	Tóxico para tomate a 0.1 mg/l.
Cobre	0.2	5.0	Tóxico para muchas plantas en el rango de: 0.1 a 1.0 mg/l.
Fluor	1.0	15.0	Se inactiva en suelos alcalinos y neutros.

Fierro	5.0	20.0	No es tóxico para plantas en suelos aireados.
Plomo	5.0	10.0	Puede inhibir crecimiento de células
Litio	2.5	2.5	Tolerado por muchos cultivos en concentraciones de hasta 5 mg/l. Móvil en el suelo. Tóxico para
Manganeso	0.2	10.0	Tóxico para muchos cultivos en suelos ácidos.
Molibdeno	0.01	0.05	No es tóxico para plantas en concentraciones típicas en agua y suelo.
Niquel	0.2	2.0	Tóxico para muchas plantas en concentraciones de 0.5 a 1.0
Selenio	0.02	0.02	Tóxico para plantas en concentraciones
Estaño, Tungsteno y	–	–	Niveles de tolerancia son desconocidos.
Vanadio	0.1	1.0	Tóxico para muchas plantas en
Zinc	2.0	10.0	Tóxico para muchas plantas en

7. FAO. Guía de Calidad de Agua para Agricultura.

La FAO, *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, organismo internacional dedicado al tema alimentos y agricultura, ha establecido una serie de criterios y recomendaciones para evaluar la adecuación del agua para riego. Estas recomendaciones se orientan a las posibles restricciones de uso del agua por problemas de salinidad, tasa de infiltración del agua en el suelo, toxicidad a un ión específico o algunos otros efectos. Las Tablas 6 y 7 muestran las principales recomendaciones de FAO.

Tabla 6

GUÍA PARA LA INTERPRETACIÓN DE CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO				
Problemas potencial en irrigación	Unidades	Grados de restricción al uso		
		Ninguno	Débil a Moderado	Severo
Salinidad (afecta disponibilidad de agua al cultivo)				
EC ² \sum_w TDS	dS/m	<0.7	0.7 – 3.0	>3.0
	mg/l	<450	450 - 2000	>2000
Infiltración (afecta tasa de infiltración en suelo. Se evalúa usando EC _w y SAR juntos) ³				
SAR= 0-3 EC _w = 3-6 6-12 12-20 20-40		>0.7	0.7 – 02	<0.2
		>1.2	1.2 – 0.3	<0.3
		>1.9	1.9 – 0.5	<0.5
		>2.9	2.9 – 1.3	<1.3
		>5.0	5.0 – 2.9	<2.9
Toxicidad de iones específicos (afecta cultivos sensibles)				
Sodio (Na) riego superficial riego aspersión	SAR	<3	3 – 9	>9
		<3	>3	
Cloruro (Cl) riego superficial riego aspersión	me /l	<4	4 - 10	>10
		<3	>3	
Boro (B)	mg/l	<0.7	0.7 – 3.0	>3.0
Elementos traza (ver Tabla 7)				
Efectos misceláneos (afecta cultivos sensibles)				
Nitrógeno (NO ₃ -N)	mg/l	<5	5 - 30	>30
Bicarbonato (HCO ₃)	me/l	<1.5	1.5 – 8.5	>8.5
pH		Rango Normal:	6.5 – 8.4	

- 1) Universidad de California 1974
- 2) EC= conductividad específica a 25°C
- 3) SAR= razón de adsorción de sodio

Tabla 7

CONCENTRACIONES MAXIMAS RECOMDADAS DE ELEMNTOS TRAZA EN AGUA DE RIEGO		
Elemento	Concentración máxima	Observaciones
Al (aluminio)	5.0	Puede producir disminución de productividad en suelos ácidos (pH < 5.5), pero en suelos más alcalinos a pH
As (arsénico)	0.10	La toxicidad a plantas varía ampliamente
Be (berilio)	0.10	La toxicidad a plantas varía ampliamente
Cd (cadmio)	0.01	Se recomiendan valores conservadores debido a su potencial de acumulación en plantas y suelos a
Co (cobalto)	0.05	Tiende a ser inactivado por suelos neutros y alcalinos
Cr (cromo)	0.10	Se recomiendan límites conservadores por la falta de conocimiento sobre su toxicidad en plantas
Cu (cobre)	0.20	Tóxico a numerosas plantas
F (fluoruro)	1.0	Inactivado por suelos neutros y alcalinos
Fe (hierro)	5.0	No tóxico a plantas en suelos aerados, pero puede contribuir a la acidificación del suelo y pérdida de disponibilidad de fósforo y molibdeno esencial. Puede producir depósitos en
Li (litio)	2.5	Actúa similar al boro. Tóxico a cítrico en bajas concentraciones, movil en
Mn (manganeso)	0.20	Tóxico en suelos ácidos
Mo (molibdeno)	0.01	Puede ser tóxico a ganado si forraje crece en suelos con altas concentraciones de Mo

Ni (níquel)	0.20	La toxicidad se reduce a pH neutro o alcalino
Pb (plomo)	5.0	A alta concentración puede
Se (selenio)	0.02	Puede ser tóxico a ganado si forraje crece en suelos con alta concentración de selenio disponible
Zn (zinc)	2.0	Tóxico a muchas plantas, su toxicidad se reduce a pH >6.0 y en suelos orgánicos o de

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