



Por:
Laboratorios A-L de México S.A. de C.V.

Serie: Agua

USO DE AGUA EN IRRIGACIÓN

El control y su Calidad



Contenido

- 1. Uso y Calidad del Agua**
- 2. Riesgos por Salinidad**
- 3. Presencia de Sodio**
- 4. Carbonatos y Bicarbonatos**
- 5. Elementos Químicos Tóxicos**
- 6. Muestreo y Análisis de Agua**

Agua para riego

La agricultura es el uso con mayor demanda del agua a nivel mundial. En México y en países en vías de desarrollo, El agua de riego tiene papel esencial en la producción y seguridad de alimentaria. A largo plazo, el desarrollo y mejora de las estrategias agrícolas está condicionado al mantenimiento, mejora y expansión de la agricultura de regadío. El incremento de la presión sobre los recursos hídricos para agricultura compite con el uso del agua para otros fines y representa una amenaza para el medio ambiente y la utilización sostenible de los recursos hídricos del país.

Recursos hídricos para regadío

El agua usada para regadío proviene de fuentes naturales y alternativas. En las fuentes naturales se incluye el agua de lluvia y el agua superficial de escorrentía (lagos y ríos). El agua superficial es un recurso limitado y, normalmente, requiere de la construcción de embalses y presas para su explotación con un significativo impacto ambiental. Las fuentes alternativas de regadío son la reutilización del agua municipal y del agua de drenaje. Pero, el uso de agua reciclada puede tener efectos adversos para la salud pública y el medio ambiente. Esto dependerá de las características y limitaciones de suelo, condiciones climáticas y prácticas agrícolas. Es por ello imprescindible que todos estos factores sean tenidos en cuenta en la gestión del agua reciclada.

Reuso del agua para regadío

La calidad de agua usada para irrigación es determinante para la producción y calidad en la agricultura, mantenimiento de la productividad del suelo de manera sostenible y protección del medio ambiente. Por ejemplo, las propiedades físico - químicas del suelo, (estructura del suelo, estabilidad de los agregados, permeabilidad) son características susceptibles al tipo de iones intercambiables que provengan del agua de riego. La calidad apropiada para irrigación se determinada mediante el análisis de nuestros laboratorios. Los factores más importantes para tener en cuenta para determinar la validez del agua usada para fines agrícolas específicos son:

- **pH y Riesgos por salinidad y sodio (RAS o “Relación de absorción de sodio”)**
- **Riesgos de carbonatos y bicarbonatos en relación con el contenido en Ca & Mg**
- **Trazas de metales pesados ; Presencia de Elementos tóxicos; % de Cloro Libre**
- **Contenido de Nutrientes**

**Reutilización de Agua en Sistemas Agrícolas
- Parámetros de Control -**

Parámetro	Importancia para el regadío	Rango en efluentes procedente del tratamiento secundario y terciario	Objetivo tras el tratamiento para el Reuso del agua con fines agrícolas
Sólidos totales en suspensión Turbidez	La medida de partículas se pueden relacionar con la contaminación microbiana; pueden interferir con la desinfección; obstrucción de los sistemas de regadío; deposición.	5-50 mg/L	<5-35TSS/L
		1-30 NTU	<0.2-35NTU
DBO5 DQO	Sustrato orgánico para el crecimiento microbiano; puede generar crecimiento bacteriano en los siste más de distribución y deposición microbial (biofouling).	10-30mg/L	<5-45mgBOD/L
		50-150mg/L	<20-200mgCOD/L
Coliformes totales	Medida del riesgo de infección debido a la presencia potencial de patógenos; puede dar lugar a bio-fouling.	<10-107cfu/100mL	<1-200cfu/10mL
Metales Pesados	Algunas sales disueltas son nutrientes beneficiosos para el crecimiento de la planta, mientras otros pueden ser fitotóxicos o convertirse en fitotóxicos a ciertas concentraciones. Elementos específicos (Cd, Ni, Hg, Zn, etc.) son tóxicos para plantas, y por lo tanto existen límites máximos de concentración de estos elementos para el agua utilizada para irrigación.		< 0.001mgHg/L <0.01mgCd/L <0.02-0.1mgNi/L
Inorgánicos	Alta salinidad y boro son dañinos para el agua de regadío de cultivos vulnerables.		<450- 4000mgTDS/L <1mgB/L
Cloro residual	Recomendado para prevenir el crecimiento bacteriano; la concentración excesiva de cloro libre (>0.05mg/L) puede dañar algunos cultivos vulnerables.		0.5->5mgCl/L
Nitrógeno	Fertilizantes para regadío; puede contribuir a crecimiento bacteriano y eutrofización de depósitos de almacenamiento, corrosión(N-NH4) o incrustación (P)	10-30mgN/L	<10-15mgN/L
Fósforo		0.1-30mgP/L	<0.1-2mgP/L

Fuente:ValentinaLazarova.WaterReuseforirrigation:agriculture,landscapes,andturfgrass.CRCPress..

Gestión	Acción
<p>Gestión Agrícola</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Nivelación de la tierra para aplicar el agua de manera uniforme - irrigación con bombeo para mejorar la distribución del agua - Rociadores eficientes para suministrar agua de manera uniforme - Rociadores de precisión y baja energía para evitar la evaporación y pérdidas por el viento - Volteo o movimiento de tierra para promover infiltración del agua en el suelo y evitar pérdidas por escorrentía - Riego por de goteo para disminuir evaporación y otras pérdidas de agua e incrementar la producción de los cultivos
<p>Gestión interna</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Mejores horarios de riego - Mejora de lo operación de los canales para suministros temporales - Hacer riegos en los momentos esenciales para la productividad - Conservación del agua en embalses adecuados - Mejora del mantenimiento de canales y equipos - Reciclaje de agua de drenaje y/o agua proveniente de embalses
<p>Gestión Pública</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Establecer organizaciones de usuarios del agua - Involucrar en los agricultores en la toma de decisiones - Impuestos por mala o excesiva utilización del agua - Medidas de conservación relacionados con el coste real del agua - Marco legal para establecer mercados del agua justos y reales - Infraestructura legal para la distribución de tecnología - Información precisa y oportuna a usuarios

2. Riesgos por Salinidad

Contenido de sal en el agua de riego

El exceso de sales es una de las mayores preocupaciones en la reutilización del agua para fines agrícolas. Un alto contenido en sales presentes en el agua supone un aporte de sales en el suelo que sustenta la planta, afectando la productividad del cultivo; degradando la estructura de la tierra y generando problemas de contaminación en las aguas subterráneas. La calidad del agua reciclada para su utilización en riego, en relación con su contenido en sales, dependerá de los siguientes factores:

- Tolerancia a la concentración de sal de cada cultivo.
- Características del Suelo sometido a irrigación.
- Condiciones climáticas.

(La calidad del agua de irrigación juega un papel esencial en zonas áridas afectadas por una alta evaporación, la cual provoca fuertes concentraciones de sales en el suelo)

Gestión de suelo y agua

En general el agua reciclada con fines de riego debe tener niveles de bajos a medios en cuanto a la concentración en sales (Conductividad eléctrica de 0.6 a 1.7 dS/m). *Ver tabla.*

Especial interés debe tenerse en las zonas costeras mexicanas, donde la intrusión e infiltración de agua del mar en el agua que es bombeada en pozos cercanos puede ocasionar un grave riesgo de salinidad en las aguas. La sobre -explotación de los recursos hídricos subterráneos provoca la disminución del nivel del agua y como consecuencia la intrusión de agua salina en las tierras aledañas.

Peligro	SDT (ppm o mg/L)	dS/m o mmhos/cm
Ninguno	<500	<0.75
Ligero	500-1000	0.75-1.5
Moderado	1000-2000	1.5 -3.00
Severo	>2000	>3.0

Nota: En ocasiones es posible utilizar niveles de salinidad moderados cuando hay buenos sistemas de drenajes.

El agua con alto contenido en sales ($CE > 1.5$) y sodio ($RAS > 6$) no deberá ser utilizada para fines de riego. No obstante, en algunas zonas afectadas por una fuerte carencia de recursos hídricos, es práctica común utilizar como aguas de riego, aguas con un alto contenido en sales, como suplemento a otro tipo recursos hídricos.

Es esencial que el tipo de planta cultivado en estas zonas tenga alta tolerancia al contenido en sales del suelo. Si se va a utilizar agua con alto contenido en sales, en predios con escasez

y limitación de recursos hídricos, el suelo debe ser permeable, el drenaje debe ser adecuado, la cantidad de agua aplicada debe ser mayor y el tipo de cultivos seleccionado debe tener la mayor tolerancia posible al exceso de sales.

Atención: se estima que un porcentaje de un 21% del total de tierra sometida a riegos puede estar dañada por altos niveles de sal.

Unidades de Salinidad en el Agua

La concentración de sales se mide mediante la cantidad total de sólidos disueltos en el agua en miligramos de sal por Litro de agua (mg/L) o gramos de sal por metro cúbico de agua (g/m³) (Por ejemplo: mg/L= gr/m³ = ppm).

La concentración de sales también se puede medir mediante la conductividad eléctrica del agua de riego (CE). Cuanto mayor sea la cantidad de sales disueltas en el agua, mayor será el valor de la conductividad eléctrica.

La conductividad eléctrica se expresa normalmente en milimhos por centímetro (mmhos/cm) o deciSiemens por metro (dS/m) o microSiemens por centímetro (1dS/m = 1000 μ S/cm).

La relación entre la concentración de sales (C) y conductividad eléctrica (CE) es aproximadamente $C = 640 \text{ CE}$. Otra manera de estimar la concentración de sales es mediante la medida de la conductividad eléctrica del agua extraída de una muestra saturada de suelo (CE-ex).

La relación aproximada entre la conductividad eléctrica del agua de regadío (CE) y la salinidad del suelo es $\text{CE-ex} = 1.5 \text{ CE}$, si existe alrededor de un 15% de agua suministrada para drenaje alrededor de la zona de la raíz de la planta.

Tolerancia los cultivos a la Salinidad

La productividad de un cultivo puede venir afectada por la concentración de sales en el agua utilizada para regar, que a su vez dependerá del tipo de cultivo, el tipo de suelo y condiciones ambientales. Los signos más comunes de que la planta ha sufrido daños debido a un alto contenido en sales son (a) la disminución del volumen de masa productiva; (b) reducción del tamaño de la planta y de su desarrollo. Los diferentes cultivos tienen distintos niveles de tolerancia a la salinidad, a partir de los cuales se producen pérdidas en la productividad para dicho cultivo ("Límite de Sales"). Cuando el nivel de salinidad aumenta a niveles por encima del límite indicado en la siguiente tabla, la productividad para dicho cultivo se reduce linealmente con el aumento en la concentración en sales.

Riego con Agua Salina y Altos Niveles de Sodio

-Prácticas de Gestión-

Nombre común	Media límite de salinidad medida en la	CE límite para el tipo de cultivo arenoso limoso arcilloso		
	(CE se)			
Cultivo de campo	7.7 (+)	12.1	6.9	4
- Algodón	6	9.4	5.3	3.1
- Trigo	5.5	7.5	4.3	2.5
- Girasol	3	4.8	2.7	1.6
- Arroz	1.7	3.2	1.8	1.1
- Maíz dulce	1.7 (-)	4.3	2.5	1.4
- Caña de azúcar				
- Frutas				
- Aceituna	4 (+)	5.1	2.9	1.7
- Melocotón	3.2	4.7	2.7	1.6
- Toronja	1.8	3	1.7	1
- Naranja	1.7	2.9	1.7	1
- Uva	1.5	3.3	1.9	1.1
- Manzana	1 (-)	2	1.2	0.7
Vegetales	4.7 (+)	7.3	4.2	2.4
- Zucchini	2.8	4.9	2.8	1.6
- Brócoli	2.5	3.2	1.8	1.1
- Frijoles	2.3	3.5	2	1.2
- Tomate	1.7	3.2	1.8	1.1
- Papa	1.2 (-)	2.3	1.3	0.8

Tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- **Drenaje adecuado.** La intención es evitar concentraciones en la zona de raíz. El nivel apropiado de drenaje, dependiendo en los niveles de tolerancia de cultivos específicos, debe ser tenido en cuenta para evitar la acumulación de sales. Si el drenaje natural no es adecuado, se debe instalar un sistema de drenaje.

- **Alta disponibilidad de agua en el suelo.** En casos de concentraciones altas de sal las plantas absorberán toda el agua disponible normalmente.

- **La gestión apropiada y control de RAS y Salinidad en Extracto de Pasta Saturada.** Añada calcio soluble, por ejemplo, yeso (sulfato de calcio), para lograr disminuir el RAS hasta un valor seguro. Controle anualmente los contenidos de sal y de sodio mediante análisis de Salinidad en Extracto de Pasta Saturada. Consulte al Laboratorio sobre estas pruebas.

3. Presencia de Sodio

Peligro de sodio en aguas de riego

Los altos contenidos de iones de sodio en las aguas de riego afectan a la permeabilidad del suelo y causa problemas de infiltración. Esto es porque el sodio cuando está presente en el suelo es intercambiable por otros iones. El calcio y el magnesio son cationes que forman parte de los complejos estructurales que forman el suelo generando una estructura granular apropiada para los cultivos. El exceso de iones de sodio desplaza el calcio (Ca) y magnesio (Mg) y provoca la dispersión y desagregación del suelo. El suelo se vuelve duro y compacto en condiciones secas y reduce la infiltración de agua y aire a través de los poros que conforman el suelo.

Este problema está igualmente relacionado con otros factores como el nivel de salinidad y el tipo de suelo. Por ejemplo, alto contenido de sodio en suelos arenosos no afecta tanto ya que éstos tienen una gran superficie de drenaje, en contra de otros suelos más compactos.

El Sodio y los cultivos

Los altos contenidos en sodio (Na) pueden generar graves problemas, especialmente cuando el nivel de infiltración es reducido (conductividad hidráulica mínima) hasta niveles menores de la cantidad mínima necesaria para permitir la disponibilidad y absorción de agua por la planta.

Otros problemas causados por un exceso de sodio son la formación de incrustaciones de semillas, malas hierbas, erosión del suelo, escasez de oxígeno y nutrientes disponibles para las plantas. El agua reciclada puede ser una fuente de exceso de Na en el suelo, comparada con otros cationes como Ca, K, Mg, y por lo tanto los contenidos de sodio en este tipo de agua deben ser controlado con más frecuencia.

Ejemplo de Relación entre el Tipo de Suelo y el índice RAS

1. Suelos con alto contenido de materia orgánica (MO) en superficie (6 – 7 %), contenidos de arcilla de 25 – 26 %, y pH ligeramente ácido.

Requerimiento de riego, en estos suelos, en promedio, de 70 – 160 mm año.

- Aguas con RAS de hasta 15, son aceptables en el mediano plazo.
- Aguas con RAS = 15 – 20 son consideradas dudosas. Se aconseja un seguimiento de la evolución del nivel de sodio en suelo.
- Aguas con RAS > 20 son desaconsejadas para su uso, salvo tratamiento correctivo con yeso desde los inicios del riego.

2. Suelos con MO entre 2.5 - 3%, contenido de arcilla en horizonte 22 – 24%, con requerimientos promedio de riego de 150 – 200 mm/año.

- RAS < 10 aceptable
- RAS = 10 – 15 dudoso
- RAS > 15 alto riesgo

3. Suelos con MO = 2%, contenido de arcilla en horizonte 26%, Limo = 70%, pH ligeramente ácido y requerimientos promedio de riego de 150 – 300 mm/año.

- RAS < 7 aceptable
- RAS = 7 – 12 para ser usada con precaución
- RAS > 12 alto riesgo

4. Suelos con MO = 1.5 – 2%, franco limosos en superficie, con requerimientos promedio de riego de 200 – 350 mm año-1.

- RAS < 5 aceptable
- RAS = 5 – 10 dudoso
- RAS > 10 alto riesgo

Tolerancia	RAS de aguas de irrigación	Tipo de cultivo
Muy sensible	02-08	Frutas, frutos de cáscara, cítricos, aguacate
Sensible	08-18	Frijoles
Tolerancia moderada	18-46	trébol, avena, arroz
Tolerancia	46-102	trigo, cebada, tomates, remolacha, cereal alto

Fuente: Australian Water Quality Guidelines for Fresh & Marine Waters.

¿Qué es la RAS?

El índice conocido como "Relación de Absorción de Sodio -RAS", sirve para expresar la relación entre los iones de sodio y los iones de calcio y el magnesio existentes en el suelo. La RAS se define con la siguiente ecuación:

$$RAS = [CNa] / [v(C Ca + CMg)/2]$$

C = Concentración iónica en Mol/m³.

Si las unidades son en meq/L, la suma de C_{Ca} + C_{Mg} debe ser dividida por mitad antes de sacar la raíz cuadrada.

Peligro de RAS en Aguas de Riego

	RAS	Notas
Ninguno	< 3.0	Sin restricciones en el uso de agua reciclada para regadío.
Ligero a moderado	3.0 - 9.0	De 3-6 ciertos cuidados a tener en cuenta en cultivos vulnerables. De 6-8 se debe usar yeso. No utilizar cultivos sensibles. Los suelos deben ser sometidos a muestreo y análisis cada uno o dos años para determinar si el agua es causante de un incremento de sodio.
Agudo	> 9.0	Daño severo. No conforme

La RAS ajustada (RAS-a)

También se puede calcular la "RAS ajustada" (RAS-a) teniendo en cuenta la contenido de carbonatos y bicarbonatos. Los altos contenidos de carbonato y bicarbonato presentes en el agua causan la precipitación de calcio y magnesio e incrementan la concentración relativa de sodio siendo el índice RAS mayor. RAS calculado a través de las concentraciones de Na⁺, Ca⁺⁺, y Mg⁺⁺ en solución puede diferir de RAS real. La siguiente ecuación permite estimar la RAS verdadera de los valores calculados con la ecuación anterior:

$$RAS-a = 0.08 + 1.115 \times (RAS)$$

La cantidad de sodio se puede indicar también mediante el Carbonato Sódico Residual

-CSR

Relación entre la RAS y los niveles de salinidad

A un nivel de RAS determinado, la infiltración aumenta en relación con la salinidad. De esta manera el nivel de RAS y la CE tienen que interpretarse conjuntamente para evaluar posibles problemas de las aguas de riego.

RAS / Peligro de Salinidad en el Agua de Irrigación						
Si RAS es:	0-3	3-6	6-12	12-20	20-40	y CE (dS/m) es:
Ninguna	>0.7	>1.2	>1.9	>2.9	>5.0	
Ligero	0.7	1.2	1.9	2.9	5.0	
Moderado	0.2	0.3	0.5	1.3	2.9	
Severo	<0.2	<0.3	<0.5	<1.3	<2.9	

Como se observa en la tabla, aguas de irrigación con contenidos muy bajos de salinidad se deben evitar como aguas de riego, aunque los niveles de RAS sean bajos. Altos contenidos de salinidad del agua (CE 1.50-3.00) con índices RAS por encima de 4 necesitan de una adecuada gestión para su utilización. Se recomienda que cada año los suelos se sometan a examen para determinar los posibles problemas relacionados con el sodio.

Cuanto mayor sea el nivel de salinidad, mayor es el índice RAS que puede producir problemas de infiltración.

Por otra parte, cuanto más bajo sea la salinidad, mayor será el riesgo de causar problemas de infiltración independientemente del valor de la RAS. El agua de lluvia puede reducir la salinidad del suelo y consecuentemente aumentar el valor de la RAS y reducir la penetración de agua en los suelos.

Soluciones a los problemas causados por exceso de sodio en los suelos.

Considerar las siguientes pautas cuando existen problemas de exceso de sodio:

- Cambiar o tratar con tecnología adecuada el agua de irrigación
- Mezclar de agua de irrigación con agua que tenga bajo contenido en sodio
- Aumentar la aireación
- Inyección de sulfuro, yeso o ácido sulfúrico

Ver abajo las diferentes soluciones tecnológicas:

- Utilización de osmosis inversa
- Tecnología de membrana
- Técnica de limpieza de membranas.

3. Carbonatos y Bicarbonatos

Un alto contenido de carbonato ($\text{CO}_3^{=}$) y bicarbonato (HCO_3^{-}) aumenta el índice de RAS (sobre $>3-4$ meq/L o $>180-240$ mg/L miliequivalentes/ Litro). Esto se debe a que los iones de carbonato y bicarbonato se combinan con Calcio y Magnesio precipitando en forma de carbonato de calcio (CaCO_3) o de carbonato de magnesio (MgCO_3) cuando la solución del suelo se concentra bajo condiciones secas.

La concentración de Ca y Mg decrece en relación al sodio y el índice RAS es mayor. Esto provoca la alcalinización y aumento del PH. Entonces, cuando el análisis del agua indica un nivel alto de PH, esto es una señal de que los valores de carbonates y bicarbonatos son altos.

El Carbonato Sódico residual (CSR), se calcula con la siguiente formula: $\text{CSR} = (\text{CO}_3^{-} + \text{HCO}_3^{-}) - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$.

Esta es otra manera alternativa de medir la concentración de Na con relación al Mg y el Ca. Este valor puede aparecer en algunos informes de la calidad del agua de manera frecuente.

Si el CSR < 1.25 el agua se considera segura
Si el CSR > 2.5 el agua no será apropiada para irrigación.

Peligro de bicarbonato (HCO_3) en aguas de riego (meq/L)

	Ninguno	Ligero a moderado	Severo
(meq/)	<1.5	1.5-7.5	>7.5
CSR	<1.25	1.25-2.5	>2.5

Algunas prácticas para solucionar los problemas asociados con el contenido de carbonatos y bicarbonatos en las aguas de irrigación:

-Aplicación de ácido sulfúrico para separar los iones de bicarbonato (PH alrededor de 6.2) produciendo como resultado dióxido de carbono. Permite al calcio y magnesio permanecer en solución con relación al contenido de sodio.

-Aplicar yeso cuando el suelo tiene bajo contenido en calcio y suficiente drenaje.

-Aplicar sulfuro en los suelos con alto contenido limoso y drenaje suficiente.

5.Elementos Químicos Tóxicos

Iones fito-tóxicos

Los iones tóxicos más comunes presentes en las aguas residuales son:

- **Boro (B)**
- **Cloro (Cl)**
- **Sodio (Na)**

El sodio y el cloro son normalmente absorbidos por la raíz. La absorción a través de las hojas produce una mayor acumulación de estos compuestos en las plantas. Una absorción directa normalmente ocurre a través de los sistemas hidratantes de rociado a altas temperaturas y valores de humedad bajos.

La concentración adecuada de estos aniones depende del tipo de cultivo, el estado de crecimiento, concentración de los iones tóxicos y combinación de los mismos, clima y condiciones particulares del tipo de suelo.

Niveles tóxicos de iones específicos (meq/L)			
	Boro	Cloro	Sodio
Ninguno	< 1	1–3	> 3
Ligero a moderado	< 4	4 – 10	> 10
Severo	< 3	3–9	> 9

Fuente: "Sampling and interpretation of landscape irrigation water" Nevada University.

Las concentraciones de boro menores de 1mg/L sin embargo son esenciales para el desarrollo de la planta, pero altas concentraciones pueden suponer un problema en plantas sensibles.

La mayoría de las plantas pueden tener problemas de toxicidad cuando la concentración de boro excede 2mg/L (ver cuadro abajo).

La mayor fuente de boro antropogénico son los efluentes domésticos (media de 1mg/L) debido al uso de productos como el perborato como agente blanqueante con una media de 1mg/L (ex. boro que se encuentra en aguas residuales puede tener concentraciones de boro de hasta 5mg/L en países secos y aguas residuales concentradas).

Ambos, el suelo utilizado en los cultivos y el agua de riego, deberán ser sometidos a examen para determinar la presencia de tóxicos que puedan afectar a la planta como el boro.

Tolerancia relativa de los cultivos agrícolas a la presencia del Boro

Tolerancia ^{Nota}	Concentración de boro en el agua contenida en el suelo (mg/L) ^{Nota2}	Cultivo agrícola
Muy sensible	<0.5	Zarzamora
Sensible	0.5-1.0	Melocotón, cereza, ciruela, uva, guisante, cebolla, ajo, patata dulce, trigo, cebada, girasol, sésamo, fresa
Moderadamente sensible	1.0-2.0	Pimiento rojo, guisante, zanahoria, rábano, patata, calabacín
Moderadamente tolerable	2.0-4.0	Lechuga, col, apio, tulipán, cereal, maíz, alcachofa, tabaco, mostaza, calabaza
Tolerable	4.0-6.0	Tomate, alfalfa, perejil
Muy tolerable	6.0-15.0	Espárragos

Tolerancia relativa de los cultivos agrícolas a la presencia del Boro

Sensitivo	Cloro (mg/L)	Cultivo afectado
Sensible	<178	Almendra, albaricoque, ciruela
Moderadamente sensible	178-355	Uva, pimiento, patata, tomate
Moderadamente tolerante	355-710	Alfalfa, cebada, maíz, calabacín
Tolerante	>710	Coliflor, algodón, cardo, sésamo, semilla de azúcar, girasol

Fuente: Australian Water Quality Guidelines for Fresh & Marine Waters. Nota: La tolerancia variará según el clima, condiciones del suelo y variedad del cultivo. Nota2. Máxima concentración tolerable en aguas de irrigación sin reducir la producción es aproximadamente igual a los valores de contenido de agua en el suelo.

Elementos traza

Los elementos "traza" son compuestos químicos necesarios, normalmente en cantidades muy reducidas, para el crecimiento, desarrollo y fisiología de plantas y animales. Afortunadamente, la mayoría de las lagunas de riego y los efluentes de aguas residuales contienen cantidades pequeñas de los elementos traza, lo cual no supone ningún riesgo para la irrigación con aguas recicladas

Sin embargo, más de 85% de los elementos traza aplicados suelen acumularse en el suelo y pueden drenar a las aguas subterráneas provocando problemas de contaminación. El límite de toxicidad dependerá del tipo de planta. Por ejemplo, el flúor añadido al agua potable puede ser tóxico a niveles bajos para plantas interiores (Ejemplo, la Dracaena).

Esto además dependerá del tipo de suelo. Cuando un elemento se añade al suelo por irrigación, este puede que se inactive químicamente y no reaccione o puede ser que se acumule y crezca su nivel debido a las reacciones que se producen con otros elementos químicos que forman los complejos estructurales del suelo alcanzando niveles tóxicos. Por ejemplo, algunas estructuras de suelos pueden retener estos elementos que quedarían disponibles en la zona de la raíz. Los sistemas de irrigación pueden afectar la absorción de elementos tóxicos por la planta. Por ejemplo, sistemas humidificadores rociados, pueden producir un riesgo alto de absorción de estos elementos tóxicos en las hojas.

Límites fito-tóxicos de ciertos elementos traza

Elementos	Uso a largo plazo	Uso a corto plazo
Aluminio	1000	20
Arsénico	1000	10
Cadmio	0.005	0.05
Cromo	5	20
Cobalto	0.2	10
Cobre	0.2	5
Flúor	1	15
Hierro	5	20
Plomo	5	10
Manganeso	2	20
Níquel	0.5	2
Selenio	0.05	0.05

Fuente: Australian Water Quality Guidelines for Fresh & Marine Waters.

Cloro libre

El Cloro libre (Cl₂) es altamente reactivo y inestable en agua. A altos niveles de cloro residual éste se disipa rápidamente cuando el agua es almacenada en tanques o embalses durante unas horas. A concentraciones residuales de cloro libre menores de 1mg/L normalmente no afecta la hoja de la planta.

6.Muestreo y Análisis de Agua

Muestreo y control de agua

Antes de utilizar el agua de riego, es muy recomendable llevar a cabo su análisis en el laboratorio, para asegurarnos que la calidad de la misma es apropiada. Y si no, para saber cuáles son las medidas de prevención y gestión que hay que tomar antes de la irrigación. El agua debe de ser controlada a corto, medio y largo plazo para asegurarnos la validez de dicha agua para fines de riego. Por ejemplo, agua de baja calidad y alta concentración de sales puede requerir de un sistema de tratamiento por osmosis inversa. O bien, aguas con problemas leves, (aguas con aportaciones de minerales y /o con cantidades de sal ligeramente superiores a lo óptimo), pueden necesitar tan solo pequeños cambios en el suplemento nutricional que se realiza mediante la aplicación de fertilizantes.

El procedimiento para la toma de muestras condiciona la precisión y fiabilidad de los datos obtenidos y determina la interpretación y acciones que se deban tomar al respecto. Es importante realizar un control de los estándares de calidad de manera frecuente para evitar o prevenir problemas asociados. Algunas consideraciones a tener en cuenta al muestrear el agua para irrigación se especifican a continuación:

- Normalmente una muestra de 700 c.c. a un litro suele ser suficiente**
- Todas las muestras deben ser etiquetadas para identificar la fecha, lugar, hora y otra información relevante**
- Recoger muestras estacionales para que la información sea representativa en relación con las variaciones de la calidad del agua con las distintas estaciones del año**
- Recoger muestras antes y después de la aplicación del plan de tratamiento para el agua reciclada y otras muestras cuando sea necesario. Por ejemplo, después de un largo tiempo de almacenamiento del agua.**

Recomendaciones para la Toma, Preparación y Conservación de la Muestra de Agua

Parámetro	Tipo de recipiente ¹	Adición de químicos	Conservación	Comentarios
Aniones y cationes (Cloro, Sulfato, etc.), cualquier forma de Nitrógeno y Fósforo, así como en general parámetros físico-químicos (PH, SS, Conductividad, etc.)	1L plástico, con o sin aire	Sin aditivos	Oscuridad, 4°C	
Trazas de Elementos	250mL, plástico, con o sin aire	Ácido nítrico	Oscuridad, 4°C	Un recipiente especial y la utilización de aditivos es necesario para el caso del mercurio (Hg)
Trazas de Elementos orgánicos y pesticidas	1L, Botellas de cristal oscuro, sin aire	Sin aditivos	Oscuridad, 4°C	Algunos compuestos Orgánicos requieren refrigeración

Nota: Es preferible utilizar botes de plástico a botes de cristal para evitar la intrusión de boro en las muestras.

Recomendaciones para la Preparación y Conservación de la Muestra de Agua

Parámetros de control	Agua residual & agua reciclada	Suelos receptores	Agua subterránea Acuíferos superficiales Acuíferos profundos	
Cloro residual	En línea para regadío sin restricciones	-	-	-
PH	Mensual	Anual	Bi-anual	Anual
Sólidos en Suspensión	Mensual	-	-	-
<u>Sólidos Totales</u> <u>Disueltos</u>	Mensual	-	Bi-anual	Anual
Conductividad (CE)	Mensual	Bi-anual (CE)	Bi-anual	Anual
Amonio	Mensual	-	Bi-anual	Anual
Nitritos	Mensual	-	Bi-anual	Anual
Nitratos	Mensual	Anual (intercambiable NO3)	Bi-anual	Anual
Nitrógeno total	Mensual	Bi-anual	Bi-anual	Anual
Fósforo total	Mensual	Bi-anual (intercambiable P)	Bi-anual	Anual
Fosfatos (soluble)	Mensual	Bi-anual	Bi-anual	Anual
Solutos mayoritarios (Na, Ca, Mg, K, Cl, SO4, HCO3, CO3)	Cada tres meses	Bi-anual	Bi-anual	Bi-anual
Cationes intercambiables (Na, Ca, Mg, K, Al)		Anual	-	-
Trazas de Elementos	Bi-anual	-	-	-

Fuente: Valentina Lazarova. Water Reuse for irrigation: agriculture, landscapes, and turf grass. CRC Press.

El paquete analítico A-71

En el paquete completo de "Análisis de Agua A-71" se reportan en total 27 parámetros: aniones, cationes, análisis y las relaciones de importancia específica : Na, Ca , Mg, K , Cl, NH₄, Azufre, Bicarbonatos, Carbonatos, Nitratos, Fosfatos, pH, Equilibrio de la reacción Conductividad eléctrica-CE, Sólidos Disueltos Totales-SDT, Relación Ajustada Adsorción de Sodio-RAS-a, Relación de Adsorción de Sodio-RAS, Dureza del agua , Cu, Zn, Mn, Fe, B, Al, Mo, Fluor (F), y Tabla de Balance Iónico. El reporte incluye gráficos y comentarios. (Ver aquí, al final del presente artículo, un ejemplo de Reporte e interpretación de datos).

Envíe muestras de agua de riego, de 500 ml. (Vea el párrafo anterior sobre muestreo para análisis). Por favor, junto con sus muestras en recipientes de plástico, anexe su " Solicitud de Análisis de Agua ", con la correspondiente "Solicitud de Análisis de Agua". Verifique que la correspondencia entre las identificaciones en las botellas y las señaladas en su solicitud de análisis.

REPORTE DE AGUA DE RIEGO (Página 1 de 3



Laboratorios A-L de México, S.A. de C.V.

Esmeralda #2847 Col. Verde Valle C.P. 44550 Guadalajara, México
Tel: (33) 3121-7925 (33) 3123-1823 Sitio web: www.westanalitica.com.mx
Servicios a clientes: maldana@allabs.com

AGUA DE RIEGO

PÁGINA 1/3

COMPañIA :	DATOS ADICIONALES :	Reporte No :
		Cliente :
		Fecha de impresión :
		Fecha de recepción :
		Número de laboratorio :

ID de la muestra :

CATIONES		mg/L	meq/L
Sodio	Na ⁺	141	6.13
Calcio	Ca ⁺²	64.9	3.24
Magnesio	Mg ⁺²	19.1	1.57
Potasio	K ⁺	10.0	0.26
Amonio	NH ₄ ⁺	14	0.79
	NH ₄ ⁺ -N	11.1	
SUMA DE CATIONES		11.99	

ANIONES		mg/L	meq/L
Cloruro	Cl ⁻	135	3.80
Sulfato	SO ₄ ⁻²	84.2	1.75
	S	28	
Bicarbonato	HCO ₃ ⁻	267	4.38
Carbonato	CO ₃ ⁻²	0	0.00
Nitrato	NO ₃ ⁻	3	0.05
	NO ₃ ⁻ -N	0.755	
Fosfato	PO ₄ ⁻³	4.01	0.13
	P	1.31	
SUMA DE ANIONES		10.11	

Actividad de Iones de Hidrógeno	pH	7.55
Equilibrio de la reacción	pHc	6.30
Conductividad Eléctrica	CE	1.01 dS/m
Sólidos Disueltos Totales	SDT	644 ppm
Relación de Adsorción de Sodio-a	RAS-a	4.74
Relación de Adsorción de Sodio	RAS	3.95
Dureza (mg/L equivalentes a CaCO ₃)		241 ppm

Cobre	Cu	0.005 mg/L
Zinc	Zn	0.050 mg/L
Manganeso	Mn	0.019 mg/L
Hierro	Fe	0.100 mg/L
Boro	B	0.082 mg/L
Flúor	F	0.176 mg/L
Aluminio	Al	0.100 mg/L
Molibdeno	Mo	0.010 mg/L

mg/L = partes por millón de partes de agua
meq/L - miliequivalentes por litro
RAS-a = RAS Ajustado
1 dS/m = 1 mmho/cm
SDT calculado por CE * 640

* Interpretación de la Dureza del Agua, expresada en mg/L equivalentes a CaCO₃:

Tipos de agua	mg/L
Agua blanda	<17
Agua levemente dura	<60
Agua moderadamente dura	<120
Agua dura	<180
Agua muy dura	>180

REPORTE DE AGUA DE RIEGO (Página 2 de 3)



Laboratorios A-L de México, S.A. de C.V.

Esmeralda #2847 Col. Verde Valle C.P. 44550 Guadalajara, México
 Tel: (33) 3121-7925 (33) 3123-1823 Sitio web: www.westanalitica.com.mx
 Servicios a clientes: maldana@allabs.com

AGUA DE RIEGO

PÁGINA 2/3

COMPAÑIA :	DATOS ADICIONALES :	Reporte No : Cliente : Fecha de impresión : Fecha de recepción : Número de laboratorio :
------------	---------------------	--

ID de la muestra :

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

ADVERTENCIA. Este análisis del agua de riego debe considerarse tan solo una guía indicativa. No debe utilizarse sin tener en cuenta el tipo de cultivo, la estructura química y física del suelo, el medio ambiente, el estado de desarrollo de las plantas y las prácticas de gestión del agua. Consulte a un especialista para una evaluación más exhaustiva.

Problema Potencial	Unidades	Resultado De la Prueba	Grado de las Restricciones sobre el Uso					
			Criterios			Resultados Gráficos		
			Ninguno	De Leve a Moderado	Severo	Ninguno	De Leve a Moderado	Severo
Salinidad CE (Conductividad eléctrica) ¹	dS/m	1.01	< 0.7	0.7 - 3	> 3			
Toxicidad de Iones Específicos								
Sodio (Na) ¹								
Riego por gravedad	SARadj	4.74	< 3	3 - 9	> 9			
Riego por aspersión ²	meq/L	6.13	< 3	3 - 6	> 6			
Cloruro (Cl) ¹								
Riego por gravedad	meq/L	3.80	< 4	4 - 10	> 10			
Riego por aspersión ²	meq/L	3.80	< 3	3 - 5	> 5			
Boro (B) ¹	mg/L	0.082	< 0.7	0.7 - 3	> 3			
Flúor (F) ¹	mg/L	0.176	< 1	1 - 5	> 5			
Obstrucción y/o residuos visibles en sistemas de riego por goteo								
Hierro (Fe) ³	mg/L	0.100	< 0.3	0.3 - 1.5	> 1.5			
Manganeso (Mn) ³	mg/L	0.019	< 0.2	0.2 - 1.5	> 1.5			
pH - pHc ⁴		1.25	<= 0	> 0				
Reducción de la infiltración del Agua ⁵ (Relación de CE / RAS-a)		4.69	< 4	4 - 10	> 10			
Alcalinidad Bicarbonato(HCO ₃) + Carbonato(CO ₃) ⁶	meq/L	4.38	< 2	2 - 8.5	> 8.5			
Muestras de Bajo Potencial de Nutrientes (Medios o suelos artificiales) ⁷								
Azufre	mg/L	28						
Magnesio	mg/L	19.1	> 10	10 - 4	< 4			
Boro	mg/L	0.082	> 0.3	0.3 - 0.05	< 0.05			

1. La tolerancia de los cultivos a salinidad, sodio, cloruro, boro y flúor varía muy ampliamente. En árboles, la mayoría son sensibles al sodio y al cloruro, En cambio, muchos cultivos anuales no lo son. Hay que tener siempre en consideración las condiciones del suelo, el sistema de riego y el clima.
2. Se incrementan las posibilidades de quemaduras foliares causadas por absorción foliar o radicular durante condiciones de baja humedad, altas temperaturas y fuertes vientos.



Laboratorios A-L de México, S.A. de C.V.

Esmeralda #2847 Col. Verde Valle C.P. 44550 Guadalajara, México
 Tel: (33) 3121-7925 (33) 3123-1823 Sitio web: www.westanalitica.com.mx
 Servicios a clientes: maldana@allabs.com

AGUA DE RIEGO

PÁGINA 3/3

COMPañIA :	DATOS ADICIONALES :	Reporte No : Cliente : Fecha de impresión : Fecha de recepción : Número de laboratorio :
------------	---------------------	--

ID de la muestra :

3. Niveles elevados de hierro en combinación con la presencia de sulfuros y taninos provocan la formación de lodos bacterianos que pueden obstruir los sistemas de goteo. En éstos casos la remoción de hierro y manganeso se efectúa mediante la aireación o cloración, seguida por el filtrado.
4. Valores positivos del "pH – pHc" (Índice de Saturación) indican la posibilidad de que se formen precipitados a base de carbonatos de calcio y magnesio, los cuales afectan la eficiencia de los sistemas de riego al tapar orificios. Dejan, además, depósitos de cal en las hojas. Estos problemas pueden ser reducidos mediante la acidificación del agua de riego.
5. Los problemas de infiltración resultan cuando se utiliza agua con baja CE y/o una alta RAS-ajustada, en suelos minerales que contienen limo o arcilla. La evaluación de los problemas de infiltración debe incluir tanto el análisis del agua de riego como la de la solución del suelo extraída por medio de pasta saturada. El tratamiento usual consiste en añadir yeso al agua o bien aplicarlo al terreno.
6. Un exceso de bicarbonatos dificulta el manejo del pH del suelo, lo cual puede afectar la asimilación de los microelementos.
7. El contenido de azufre, magnesio y boro pueden llegar a ser factores limitantes si no son suministrados por el suelo o por los fertilizantes. Utilice los análisis foliares y de suelo para detectar carencias.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Clasificación y uso de las aguas de riego.
<http://www.fertitec.com/PDF/Clasificacion y Uso de las Aguas de Riego.pdf>
2. Norma SEMARNAT para contaminantes en aguas de riego. NOM-003-ecol-1997. (México).
<http://www.semarnat.gob.mx/leyesy normas/Normas Oficiales Mexicanas vigentes/NOM-ECOL-003.pdf>
3. Calidad del agua de irrigación.
<http://www.lenntech.es/aplicaciones/riego/calidad/irrigacion-calidad-agua.htm>
4. Mejor de la agricultura de regadío. (FAO)
<http://www.fao.org/docrep/005/y3918s/y3918s10.htm>
5. Diagnóstico de aguas de riego. http://www.infoagro.com/riegos/diagnostico_aguas.htm
6. El agua reciclada en Murcia, España.
http://www.epamurcia.org/imagenes/agua/2007123113555Páginas_de_el_agua_reciclada_5-2.pdf
7. Depuración Natural de Aguas de Riego. Universidad de Murcia, España
<http://www.um.es/eubacteria/depuracion.pdf>
8. Calidad de un agua de riego.
<http://mie.esab.upc.es/arr/T21E.htm>
9. L'eau : les techniques d'irrigation.
<http://www.consoglobe.com/eau-techniques-irrigation-action-2035-cg>
10. L'eau d'irrigation dans les terrains de golf
[.http://www.asgq.org/documents/pdf/communication/archives/LaQualiteDelEaudIrrigation](http://www.asgq.org/documents/pdf/communication/archives/LaQualiteDelEaudIrrigation).
11. Introduction to agricultural water pollution. (FAO).
<http://www.fao.org/docrep/w2598e/w2598e04.htm>



LABORATORIOS A-L DE MÉXICO S.A. DE C.V.

Calle Esmeralda # 2847. Colonia Verde Valle.

www.laboratoriosaldemexico.com.mx

44550 Guadalajara, Jalisco.

Tel. 33 3123 1823 y 33 3121 7925.

Información adicional: kcalderon@allabs.com. WhatsApp 33 28 03 79 60.

Laboratorios de Agroecología con una visión social y solidaria.

VALORAMOS LA LIBERTAD DE INFORMACIÓN.

ESTE ARTÍCULO ES GRATUITO Y PUEDE SER REPRODUCIDO SIN NINGUNA LIMITANTE.