



Agricultura Razonada®



Laboratorios A-L de México S.A. de C.V.  
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](http://www.westanalitica.com.mx)  
Correos: [eaguilar@allabs.com](mailto:eaguilar@allabs.com), [maldana@allabs.com](mailto:maldana@allabs.com),  
[kcalderon@allabs.com](mailto:kcalderon@allabs.com), [ltiscareno@allabs.com](mailto:ltiscareno@allabs.com)

Serie: Agua

# Uso de agua en Irrigación

- El control de su calidad -

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 DEL AGUA

## **1. USO Y CALIDAD DEL 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 a 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)	10-30maN/L	<10-15maN/L
Fósforo		0.1-30mgP/L	<0.1-2mgP/L

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

**Mejora de la Productividad Agrícola En Función de Disponibilidad y Calidad del Agua**

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

*Fuentes: Amy L. Vickers, Handbook of Water Use and Conservation (Lewis Publishers).*

## 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/m<sup>3</sup>) (Por ejemplo: mg/L= gr/m<sup>3</sup> = 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 µS/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 se)	CE límite para el tipo de cultivo arenoso limoso arcilloso		
<b>Cultivo de campo</b>	<b>7.7 (+)</b>	<b>12.1</b>	<b>6.9</b>	<b>4</b>
- 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
<b>Vegetales</b>	<b>4.7 (+)</b>	<b>7.3</b>	<b>4.2</b>	<b>2.4</b>
- 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 éstas 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 éste tipo de agua deben ser controlado con más frecuencia.

## Ejemplo de relación entre el tipo del 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 éstos 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/m<sup>3</sup>.

Si las unidades son en meq/L, la suma de C<sub>Ca</sub> + C<sub>Mg</sub> 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:

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

**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
<b>y CE (dS/m) es:</b>					
<b>Ninguna</b>	>0.7	>1.2	>1.9	>2.9	>5.0
<b>Ligero</b>	0.7	1.2	1.9	2.9	5.0
<b>Moderado</b>	0.2	0.3	0.5	1.3	2.9
<b>Severo</b>	<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 sometán 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.

## **4. CARBONATOS Y BICARBONATOS**

Un alto contenido de carbonato ( $\text{CO}_3^{=}$ ) y bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) 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 ( $\text{CaCO}_3$ ) o de carbonato de magnesio ( $\text{MgCO}_3$ ) 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 Sodico 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 en 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<sub>3</sub>) 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 en 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.

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

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 de Boro.

Tolerancia <sup>Nota</sup>	Concentración de boro en el agua contenida en el suelo (mg/L) <sup>Nota2</sup>	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 al ion cloro.

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 variara 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 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.

<b>Limites fito-tóxicos de ciertos elementos traza.</b>		
<b>Elementos</b>	<b>Uso a largo plazo</b>	<b>Uso a corto plazo</b>
<b>Aluminio</b>	<b>1000</b>	<b>20</b>
<b>Arsénico</b>	<b>1000</b>	<b>10</b>
<b>Cadmio</b>	<b>0.005</b>	<b>0.05</b>
<b>Cromo</b>	<b>5</b>	<b>20</b>
<b>Cobalto</b>	<b>0.2</b>	<b>10</b>
<b>Cobre</b>	<b>0.2</b>	<b>5</b>
<b>Flúor</b>	<b>1</b>	<b>15</b>
<b>Hierro</b>	<b>5</b>	<b>20</b>
<b>Plomo</b>	<b>5</b>	<b>10</b>
<b>Manganeso</b>	<b>2</b>	<b>20</b>
<b>Níquel</b>	<b>0.5</b>	<b>2</b>
<b>Selenio</b>	<b>0.05</b>	<b>0.05</b>

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



## **Cloro libre**

El Cloro libre (Cl<sub>2</sub>) 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 DEL 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 a 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 <sup>1</sup>	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 NO <sub>3</sub> )	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, SO <sub>4</sub> , HCO <sub>3</sub> , CO <sub>3</sub> )	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, NH<sub>4</sub>, 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

### **BIBLIOGRAFÍA.**

#### **1. Clasificación y uso de las aguas de riego.**

[http://www.fertitec.com/PDF/Clasificacion\\_y\\_Uso\\_de\\_las\\_Aguas\\_de\\_Riego.pdf](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/leyesynormas/Normas\\_Oficiales\\_Mexicanas\\_vigentes/NOM-ECOL-003.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/leyesynormas/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](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](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>

## 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) 3121-1823 Sitio web: www.agrosanalisis.com.mx  
Servicios a clientes: eguilar@alabs.com maiclana@alabs.com

### AGUA DE RIEGO

PÁGINA 1/3

COMPAÑIA :	DATOS ADICIONALES :	Reporte No : Cliente : Fecha de impresión : 12/03/2013 Fecha de recepción : 11/21/2013 Número de laboratorio :
------------	---------------------	--

**ID de la muestra : Pozo 1**

CATIONES		mg/L	meq/L	ANIONES		mg/L	meq/L
Sodio	Na <sup>+</sup>	123	5.35	Cloruro	Cl <sup>-</sup>	61	1.72
Calcio	Ca <sup>+2</sup>	40	2.00	Sulfato	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	86	1.79
Magnesio	Mg <sup>+2</sup>	19	1.56		S	29	
Potasio	K <sup>+</sup>	5	0.13	Bicarbonato	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	232	3.60
Amonio	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0.00	Carbonato	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	0	0.00
	NH <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	0		Nitrato	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	9	0.15
					NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	2	
				Fosfato	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	2	0.06
					P	1	
<b>SUMA DE CATIONES</b>			<b>9.04</b>	<b>SUMA DE ANIONES</b>			<b>7.52</b>

  

Actividad de Iones de Hidrógeno	pH	7.6
Equilibrio de la reacción	pHc	6.40
Conductividad Eléctrica	CE	0.72 dS/m
Sólidos Disueltos Totales	SDT	461 mg/L
Relación de Adsorción de Sodio-a	RAS-a	4.43
Relación de Adsorción de Sodio	RAS	4.01
Dureza (mg/L equivalentes a CaCO <sub>3</sub> )		178 ppm

  

Cobre	Cu	0.01 mg/L
Zinc	Zn	0.05 mg/L
Manganeso	Mn	0.04 mg/L
Hierro	Fe	0.05 mg/L
Boro	B	0.16 mg/L
Flúor	F	0.84 mg/L
Aluminio	Al	0.22 mg/L
Molibdeno	Mo	0.02 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 CaCO<sub>3</sub>:

Tipos de agua	mg/L
Agua blanda	<17
Agua levemente dura	<80
Agua moderadamente dura	<120
Agua dura	<180
Agua muy dura	>180

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.

## REPORTE DE AGUA DE RIEGO (Página 2 de 3)



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

Emeralda #2847 Col. Verde Valle C.P. 44530 Guadalajara, México  
Tel: (33) 3121-7925 (33) 3121-1823 Sitio web: www.agroanalisis.com.mx  
Servicios a clientes: eagular@alalabs.com maldana@alalabs.com

### AGUA DE RIEGO

PÁGINA 2/3

COMPAÑIA :	DATOS ADICIONALES :	Reporte No : Cliente : Fecha de impresión : 12/03/2013 Fecha de recepción : 11/21/2013 Número de laboratorio :
------------	---------------------	--

ID de la muestra : Pozo 1

### 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) <sup>1</sup>	dS/m	0.72	< 0.7	0.7 - 3	> 3			
Toxicidad de Iones Específicos								
Sodio (Na) <sup>1</sup>								
Riego por gravedad	SAR <sub>adj</sub>	4.43	< 3	3 - 9	> 9			
Riego por aspersión <sup>2</sup>	meq/L	5.35	< 3	3 - 6	> 6			
Cloruro (Cl) <sup>1</sup>								
Riego por gravedad	meq/L	1.72	< 4	4 - 10	> 10			
Riego por aspersión <sup>2</sup>	meq/L	1.72	< 3	3 - 5	> 5			
Boro (B) <sup>1</sup>	mg/L	0.16	< 0.7	0.7 - 3	> 3			
Fúor (F) <sup>1</sup>	mg/L	0.84	< 1	1 - 5	> 5			
Obstrucción y/o residuos visibles en sistemas de riego por goteo								
Hierro (Fe) <sup>3</sup>	mg/L	0.05	< 0.3	0.3 - 1.5	> 1.5			
Manganeso (Mn) <sup>3</sup>	mg/L	0.04	< 0.2	0.2 - 1.5	> 1.5			
pH - pHC <sup>4</sup>		1.40	<= 0	> 0				
Reducción de la infiltración del Agua <sup>5</sup> (Con base en los valores de CE y RAS)		6.15	< 4	4 - 10	> 10			
Alcalinidad								
Bicarbonato (HCO <sub>3</sub> ) <sup>6</sup>	meq/L	3.80	< 2	2 - 8.5	> 8.5			
Muestras de Bajo Potencial de Nutrientes (Medios o suelos artificiales) <sup>7</sup>								
Azufre	mg/L	29	> 48	48 - 20	< 20			
Magnesio	mg/L	19	> 10	10 - 4	< 4			
Boro	mg/L	0.16	> 0.3	0.3 - 0.05	< 0.05			

1. La tolerancia de los cultivos a salinidad, sodio, cloruro, boro y fúor 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.
3. Niveles elevados de hierro en combinación con la presencia de sulfuros y taninos provocan la formación de todos 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.

## REPORTE DE AGUA DE RIEGO (Página 3 de 3)



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

Emanada #2847 Col. Verde Valle C.P. 44550 Guadalajara, México  
Tel: (31) 3121-7605 (31) 3123-2823 Sitio web: www.agroanalisis.com.mx  
Servicios a clientes: eaguilar@alabs.com maldonado@alabs.com

### AGUA DE RIEGO

PÁGINA 3/3

COMPañIA :	DATOS ADICIONALES :	Reporte No :
		Cliente :
		Fecha de impresión : 12/03/2013
		Fecha de recepción : 11/21/2013
		Número de laboratorio :

#### ID de la muestra : Pozo 1

requiere medir la conductividad del agua de riego.

- 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.
- Un exceso de bicarbonatos dificulta el manejo del pH del suelo, lo cual puede afectar la asimilación de los microelementos.
- 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.

#### Comentarios :

Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes, EPA-600/4-79-020, 1983.



**CopyLeft.** Se permite la reproducción total o parcial de este artículo, así como su incorporación a sistemas informáticos y su transcripción en cualquier forma, o por cualquier medio sea éste electrónico, mecánico, por fotocopia u otros métodos, tan solo citando la fuente original. Agradecemos el habernos leído. Nos gustaría recibir sus comentarios sobre los temas tratados, indicando sus correos para enviar las próximas publicaciones. Todas son gratuitas. Artículo editado por West Analítica y Servicios para los Laboratorios A-L de México S.A de C.V. Guadalajara, en el año 2018.



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

**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](http://www.westanalitica.com.mx)

Correos: [eaguilar@allabs.com](mailto:eaguilar@allabs.com), [maldana@allabs.com](mailto:maldana@allabs.com)  
[kcalderon@allabs.com](mailto:kcalderon@allabs.com), [ltiscareno@llabs.com](mailto:ltiscareno@llabs.com)