

## Capítulo 6. El agua de Riego: Criterios de Interpretación. Efectos sobre el suelo y la producción

Ing. Agr. MSc. Olga Susana Heredia

### 1-Introducción

Conocer la ubicación y la capacidad de explotación de los recursos hídricos subterráneos es básico en cualquier propuesta ó política de utilización de los mismos, pero su uso final va a depender de la evaluación de la calidad del agua.

Para regar, en principio se deberá conocer cuáles son los caudales explotables de cada pozo pero, asimismo, para no afectar la calidad de otros recursos naturales, como por ejemplo el suelo, es necesario determinar la metodología de riego y la calidad del agua, para implementar las herramientas adecuadas de manejo y conservación de los recursos.

El agua cumple numerosas funciones: es reguladora térmica, disolvente de gases y sustancias orgánicas e inorgánicas (por eso es difícil encontrarla pura), permite las reacciones de oxidoreducción, respiración, fotosíntesis de las plantas superiores, y se encuentra formando entre el 70 y el 90% de la materia seca de las plantas (dependiendo de la etapa fenológica del cultivo). Éstas toman el agua del suelo, respondiendo a las demandas que se producen durante su ciclo biológico y a las condiciones atmosféricas. Cuando la cantidad de agua aportada por las precipitaciones es escasa, entonces es necesario suplementar estos requerimientos a través del riego.

El riego es una práctica agrícola tan antigua como importante, donde los cultivos bajo riego son menos dependientes de los efectos climáticos.

Solo un 15% de las tierras cultivables del mundo son regadas y esto representa un 35-40% del total de los alimentos producidos. La expansión del área regada fue en gran parte responsable de la “revolución verde” en la producción de alimentos y continuará siéndolo ya que juega un rol fundamental en la producción agrícola de los países en desarrollo.

Al regar, si el agua utilizada contiene sales, se hará un aporte extra de las mismas al sistema, que

deberá ser eliminado por lavado. Según el Laboratorio de Salinidad de suelos del USDA “todos los suelos que se riegan se salinizan”. Por esto, es fundamental para el uso sustentable de los recursos suelo y agua, conocer la calidad del agua a utilizar, de manera de mantener y preservar la calidad del suelo sin afectar la producción.

Por lo que en principio, además de conocer la disponibilidad del recurso, habrá que conocer

- La calidad del agua que se va a aplicar
- El cultivo al que se va a aplicar.
- El sistema de riego utilizado
- Las condiciones climáticas de la zona
- El sistema de producción utilizado
- Tipo de suelo sobre el que se aplicará el agua de riego.

## 2- Calidad del agua para riego

Para interpretar la calidad de agua para riego, se utilizan una serie de parámetros que evalúan el posible riesgo de deterioro del suelo y la afectación que su uso pueda tener sobre la producción agrícola.

Estos parámetros son:

- Conductividad eléctrica (CE) o Sales Totales
- Relación de adsorción de sodio (RAS).
- Aniones y Cationes presentes, necesarios para reconocer cuál es la sal dominante en el agua evaluada.
- Carbonato de sodio residual (CSR).
- Porcentaje de Sodio Soluble (PSS)

Según el área y los autores, se establecen relaciones o directrices que clasifican a las aguas según sus “principales limitaciones de uso”.

La *calidad del agua* queda definida por su *composición* y el conocimiento de los *efectos* que puede causar cada uno de sus componentes, solo o en conjunto, permitiendo de esta forma establecer posibilidades de utilización.

La “calidad” debería ser una característica determinada para cada zona, donde se tuvieran en cuenta los sistemas de riego a usar, los suelos y las aguas presentes en cada región, es decir, deberían surgir parámetros de uso adaptados a cada situación específica.

## 2.1. Selección de parámetros

La selección de los parámetros a evaluar dependerá, en principio, de la fuente de agua; si las aguas son superficiales será importante conocer la concentración de sólidos en suspensión, mientras que éste no es un parámetro relevante en aguas subterráneas, donde existen menos posibilidades del arrastre de material que pueda obturar cañerías, si la perforación está bien diseñada.

### 2.1.1. Parámetros químicos

El análisis de agua para riego incluye la determinación de los siguientes parámetros químicos:

- Concentración de sales: esto se hace a través de la determinación de la Conductividad Eléctrica (CE) expresada en  $\text{dS m}^{-1}$  (ó  $\text{mmhos cm}^{-1}$ ) ó la determinación de Sólidos Totales expresada en  $\text{mg L}^{-1}$ . Ambos parámetros pueden ser transformados en el otro, según el uso que se haga de la información.
- pH
- Cationes: Calcio, Magnesio, Sodio y Potasio expresados en  $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ ,  $\text{meq L}^{-1}$  ó  $\text{mg L}^{-1}$
- Aniones: Carbonatos, Bicarbonatos, Sulfatos y Cloruros, expresados en  $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ ,  $\text{meq L}^{-1}$  ó  $\text{mg L}^{-1}$
- Iones tóxicos específicos: Boro, Cloro, Bicarbonato, Sodio expresados en  $\text{mg L}^{-1}$

El conocimiento del tipo de sal presente en el agua es de suma importancia, ya que permite conocer su origen, la potencialidad de causar perjuicios a los cultivos y/o al suelo, y su aptitud para riego. A partir de los parámetros químicos, puede calcularse la dureza total (DT), Relación de Adsorción de Sodio (RAS), Porcentaje de Sodio Soluble (PSS) y Carbonato de Sodio Residual (CSR).

### 2.1.2. Parámetros físicos

Los parámetros físicos que se pueden evaluar son: turbidez, color, olor, sabor y temperatura.

### Color

Se debe a la absorción de luz, en el rango de mayor longitud de onda. Está determinada por la presencia de materiales en suspensión o disueltos en ella. Ejemplos: la presencia de materia orgánica, el hierro, los residuos domésticos, algas, son distintas manifestaciones del color en el agua. El color debe determinarse antes que la turbidez.

### Turbidez y Sedimentación

La turbidez está determinada por la presencia de partículas en suspensión (limo, arcilla, sales de hierro, materia orgánica, etc.). Cuando las partículas, por su tamaño, se depositan rápidamente se producirá sedimentación. En el caso de represas o embalses, este proceso es importante ya que disminuye la vida útil de los mismos.

Ejemplos: Hierro, Manganeso, Bicarbonato de Calcio, Azufre, etc.

La turbidez restringe su uso en aguas destinadas a riego, y las partículas en suspensión pueden originar trastornos en los elementos usados en riego: desgastes anormales en turbinas y cuerpos de difusores de los equipos de bombeo, tapar picos de aspersores y goteros.

Los sólidos en suspensión pueden afectar la permeabilidad del suelo al agua y al aire.

### Olor y Sabor

Tanto el olor como el sabor, constituyen índices de “polución” del agua. No es un parámetro importante para riego.

### Temperatura

El agua de riego actúa sobre las temperaturas del suelo y las plantas, modificando su régimen térmico, en función del sistema de riego, la época de aplicación y del origen del agua utilizada. Si el riego es de superficie, puede provocarse enfriamiento del suelo y del sistema radicular de la planta generando un desequilibrio entre las partes aéreas calientes y las radiculares, más frías. El enfriamiento de las raíces reduce su capacidad para absorber el agua y elementos nutritivos del suelo, originando trastornos en la planta.

Se considera fría a aquellas aguas cuyas temperaturas son:

$T < 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , en zonas de alta montaña

$10 < t < 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , en zonas septentrionales

$15 < t < 20$  °C, en zonas meridionales

Si el agua procede de pozos profundos, es frecuente que en verano resulten frías para utilizarlas en riego, por lo que en muchos casos sea necesario almacenarlas superficialmente para adecuar su temperatura a la temperatura ambiente.

### 3. Interpretación para Riego Continuo

#### 3.1. Calidad del agua

El principal parámetro a evaluar será la CE, o sea, la concentración de sales totales. El riego continuo se realiza en zonas donde la evapotranspiración potencial (ETP) es elevada y es allí donde comienza el riesgo de acumulación de sales en la superficie del suelo. Si *a posteriori* de la aplicación de las láminas de riego, no hay lavado de sales por agua de lluvia, éstas se acumulan en el perfil del suelo, disminuyendo la cantidad de agua disponible por los cultivos al aumentar el potencial osmótico del agua del suelo.

Utilizando el Nomograma de Riverside, se puede establecer la calidad del agua para riego (Figura N° 1) según el riesgo de salinizar el suelo. Este nomograma está construido con 4 categorías de concentración de sales (CE) y 4 de riesgo de alcalinización (RAS), lo que origina 16 categorías de calidad de aguas.

Autores como Blasco y De la Rubia (Instituto de Riego y Drenaje Agrícola, IRYDA), crearon otro Nomograma donde se amplía a 28 el número de categorías de agua, según su rango de CE y RAS, nomograma ampliamente utilizado en España.

Otro Nomograma es el de Thorne y Peterson, donde la clasificación del agua se divide en 20 categorías según CE y RAS.

#### 3.2. Efectos sobre las propiedades del suelo

La afirmación del laboratorio de Riverside, acerca de que todo suelo que se riega se saliniza, es válida en zonas donde la ETP es mayor a las precipitaciones. La salinización trae aparejada una menor disponibilidad de agua edáfica para las plantas, formación de costras salinas en superficie con conductividades que pueden llegar a  $20 \text{ dS m}^{-1}$  y efecto negativo de iones que pueden llegar a ser tóxicos para las plantas. En estos casos, no hay efecto sobre la estabilidad coloidal, por lo que la estructura y todas las propiedades asociadas (porosidad, infiltración, etc.), no se ven afectadas.

Es importante recordar que la concentración salina del agua del suelo varía en función de la textura, porosidad y contenido hídrico del suelo. Se cumple que:

$$3 \text{ CEa} = \text{CEz}$$

$$1,5 \text{ CEa} = \text{CEe}$$

$$2 \text{ CEe} = \text{CEz}$$

Donde: la CE en la zona radicular (CEz) es 3 veces superior a CE del agua de riego (CEa) y 2 veces superior a la CE del extracto de saturación del suelo (CEe).

Esto es importante de recordar, ya que en laboratorio lo que se determina, en general, es la CE en pasta de saturación, es decir la concentración salina del suelo con todos sus poros llenos de agua. La cantidad de agua en el suelo es dinámica, por lo que tener en cuenta las relaciones antes presentadas es de suma importancia para comprender la importancia de mantener el suelo con sales con un buen contenido hídrico y, de esta forma paliar, los efectos negativos que las sales tienen sobre el crecimiento vegetal.

### 3.3. Efecto sobre las plantas y el rendimiento

Fundamentalmente el efecto del aumento en el contenido de sales es un aumento en el potencial osmótico del agua del suelo y en consecuencia una disminución en el contenido de agua libre.

Entre la CE y el potencial osmótico ( $\Psi$ ) existe una relación que puede escribirse mediante la siguiente expresión:

$$\Psi \text{ (bar)} = - 0,36 \text{ CE (dS m}^{-1}\text{)}$$

Esta relación funciona bien en aguas o soluciones con CE entre 3 y 30 dS m<sup>-1</sup>.

En consecuencia, el Total de Sólidos Disueltos (TSD) se puede expresar en términos de la CE usando la siguiente expresión:

$$\text{TSD (mg L}^{-1}\text{)} = 0,64 \times \text{CE (dS m}^{-1}\text{)}$$

La salinidad afecta los rendimientos de los cultivos en términos generales, de la siguiente manera:

<i>Clase de salinidad</i>	<i>CE (dS m<sup>-1</sup>)</i>	<i>Efecto sobre los cultivos</i>
<i>Ligeramente salinos</i>	<i>2 – 4</i>	<i>Rendimientos restringidos en cultivos sensibles a la salinidad</i>

<i>Medianamente salinos</i>	<i>4 – 8</i>	<i>Rendimientos restringidos en la mayor parte de los cultivos</i>
<i>Fuertemente salinos</i>	<i>8 – 16</i>	<i>Sólo los cultivos tolerantes pueden tener rendimientos satisfactorios.</i>

En el Cuadro N° 1, se presenta la disminución del rendimiento según especies en función de la CE del agua de riego ó el extracto de saturación del suelo y se puede observar la tolerancia de los cultivos a las sales y el efecto de la disminución del rendimiento a medida que se incrementa la salinidad.

En la Figura N° 2, se presenta la relación entre el rendimiento relativo de las especies vegetales, clasificadas según su tolerancia a las sales y la CE.

La ecuación que relaciona rendimiento y calidad del agua es la siguiente:

$$Y = 100 - B (CEe-A)$$

donde:

Y es rendimiento relativo, A es la CE umbral, B es la disminución porcentual del rendimiento por unidad de aumento en CE y CEe es la CE del extracto de saturación.

#### 4. Interpretación de aguas para Riego Complementario

Este es el caso donde sólo se aplican láminas de agua en un periodo de tiempo corto, coincidente con el de mayor demanda de agua por parte de los cultivos, que no puede ser satisfecha por las lluvias, ni por el agua almacenada en el perfil del suelo.

En estos casos, en general, si el período en que el suelo no recibe agua de riego coincide con las lluvias, el exceso de sales puede ser eliminado del perfil, por lo que el principal problema que se puede originar es el de sodificación superficial del suelo.

##### 4.1. Calidad del agua

El criterio que mejor se adaptaría a la interpretación de aguas para riego complementario corresponde a la clasificación de Ayers y Westcot (FAO, 1987).

En esta clasificación, se combinan los valores de CE y RAS, teniendo en cuenta, además, la concentración de iones tóxicos para los cultivos. Si bien la combinación es la misma que hace

Riverside, en ésta se considera que, a medida que aumenta la concentración salina en el agua (CE) de riego, disminuye el riesgo de sodificación y por consiguiente se mantiene la estabilidad coloidal, no habiendo un efecto negativo sobre la infiltración (Cuadro N° 2).

La fórmula de RAS es la siguiente:

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{Ca + Mg/2}}$$

Donde los valores de los cationes Ca, Mg y Na se expresan en meq L<sup>-1</sup> ó mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>.

#### 4.2. Efecto sobre las propiedades del suelo

El principal efecto de la aplicación de agua en riego complementario es la dispersión de los coloides del suelo. Ésta se produce cuando las aguas son sódicas o presentan índices de CSR ó PSS elevados. El uso de índices de este tipo está condicionado por: la concentración de sales presente en el agua de riego, el lavado posterior del exceso de sales aportadas por el riego con el agua de lluvia y el contenido de materia orgánica del suelo.

Es importante conocer el valor RAS y el PSI del suelo:.

$$PSI (\%) = \frac{Na}{CIC} \times 100$$

Donde: Na, es el sodio intercambiable y la CIC, la capacidad de intercambio catiónico del suelo expresados en cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>.

En la Figura N° 3, se puede observar el nomograma que sirve para calcular los valores de RAS y PSI según los valores de cationes en el agua. Con los valores de cationes, se traza una recta que pase por esos puntos y se puede obtener el valor de PSI ó RAS, según sea necesario, en la intersección con la recta graduada de la figura.

La dispersión de los coloides, por hinchamiento de las arcillas, genera encostramiento superficial, lo que afecta la emergencia de plántulas, pérdida de porosidad, disminución de la infiltración y una mayor susceptibilidad a la erosión. En la Figura N° 4, se puede observar el efecto del RAS y CE del agua de riego, sobre la disminución de la infiltración.



#### 4.3. Efecto sobre la producción

Sobre la producción, es válido lo expresado en 3.3., pudiendo utilizarse los cuadros presentados en esa sección. El sodio y el bicarbonato presentes en el agua tiene efecto negativo sobre el área foliar, ya que pueden producir quemaduras en las hojas.

#### 5. Efecto tóxico de iones específicos

Se refiere a aquellos iones que, al entrar en contacto con las plantas, causan un perjuicio sobre la producción o por ejercer efectos negativos sobre su metabolismo o por la disminución de su índice de área foliar (IAF).

Estos iones pueden ser: boro, cloruros, bicarbonatos y sodio; existen otros que ejercen efectos negativos de manera específica o cuando la concentración en las aguas y/o extracto de suelo es muy elevado, ya sea por causas naturales o por contaminación.

En el Cuadro N° 3, se adjunta la clasificación de las aguas por su contenido en boro (B) (Eaton, 1935). En el Cuadro N° 4, se encuentran los límites por concentración de cloro y en el Cuadro N° 5, las concentraciones máximas de oligoelementos recomendados para aguas de riego.

#### 6. Calidad de agua para usos especiales

En este caso, se trata sobre la calidad del agua que será utilizada, en ocasión de aplicar, junto a la lámina de riego, algún agroquímico como son los fertilizantes o los herbicidas.

Si se trata de fertilizantes, habrá que conocer la cantidad de sólidos en suspensión, pH, CE, bicarbonatos, manganeso, hierro total que pueden disminuir la solubilidad del producto o generar taponamientos en los goteros o aspersores (Cuadro N° 6). En la Figura N° 5, se puede observar la compatibilidad entre productos fertilizantes, y entre ellos y el agua.

Cuando se utiliza con plaguicidas, las precauciones no sólo están relacionadas con los sistemas de aplicación, sino con los iones presentes en el agua y su pH. Tal es el caso del glifosato, que con aguas duras disminuye sustancialmente su solubilidad, por lo que es necesario tratar el agua con ablandadores a fin de mejorar la eficiencia de aplicación.

## 7- Distintos Criterios de Interpretación para Aguas de Riego

Se enumeran, s continuación los distintos criterios de interpretación, incluyéndose en el punto 9. las fórmulas complementarias necesarias para los cálculos

### 7.1- Laboratorio de Salinidad del USDA (Lab. de Salinidad de Riverside, California)

- a- Riesgo de salinización: clasifica las aguas en 4 categorías, según Nomograma: Ci
- b- Riesgo de alcalinización: clasifica las aguas en 4 categorías, según Nomograma: Sj

La relación entre RAS-CE se estableció a través de rectas de regresión como las que se presentan a continuación:

\*recta superior RAS:  $43,75 - 8,87 \log CE$

\*recta media RAS:  $31,31 - 6,66 \log CE$

\*recta inferior RAS:  $18,87 - 4,44 \log CE$

Estas son las rectas que fueron utilizadas para construir el Nomograma de Riverside (Figura N°1).

El riesgo de alcalinización no depende solamente del RAS, sino que crece con éste y con el contenido total de sales disueltas.

- c- Carbonato de Sodio Residual, establece 3 categorías (Eaton) Toxicidad por boro, según Scofield donde se establecen 5 clases y diferencias según la sensibilidad de los distintos cultivos.

### 7.2. Thorne y Peterson

- Modifica las normas de Riverside, en el cual se consideran 20 clases de aguas (5 por salinidad y 4 por alcalinidad).

### 7.3. Tamés

- a- Riesgo de salinización (CE ó Sólidos Disueltos): CE:  $< 0,78 \text{ dS m}^{-1}$  aguas buenas, y  $> 18,75 \text{ dS m}^{-1}$  son aguas malas.
- b- Riesgo de alcalinización: usa 2 índices: CSR (igual a Riverside) y la Relación de Calcio (Índice de Kelly):  $> 35\%$  buena,  $< 35\%$  mala.
- c- Fitotoxicidad por Boro (Scofield)

### 7.4. Blasco y De la Rubia

Riesgo de salinización (CE: 7 categorías)

a- Riesgo de alcalinización : RAS (4 categorías).

La combinación de "a y b" da el Nomograma con 28 combinaciones.

b- Índice de álcali: Índice de Scott y la escala propuesta por Stabler.

Usa como datos accesorios:

c- CSR (escala de Eaton)

d- Contenido de boro (Scofield)

e- Razón Ca/Mg: si este valor es  $> 1$  el agua es buena, entre 1-0,7 el agua es dudosa y  $< 0,7$  el agua es mala.

#### 7.5. Ayers y Westcot (FAO, 1976, revisión 1987).

En el cuadro N° 2 se presentan estas relaciones.

a- Problemas de Salinización (CE)

b- Riesgo de alcalinización, y pérdida de la permeabilidad del suelo: en 1976, proponen el uso del valor de RASaj y en la revisión de 1987, modifican éste por el de RAS° (RAS corregido). Se sugiere que, en caso de utilizar el RASaj, se multiplique el valor obtenido en la fórmula de cálculo por 0,5.

c- Fitotoxicidad iónica específica

- por boro (según Wilcox).
- por sodio
- por cloruros
- por bicarbonatos, en aguas aplicadas en riego por aspersión.
- por otros iones (Cuadro N° 5).

#### 7.6. Pizarro (México)

- CE (USDA).
- RAS (según Riverside).
- Boro (USDA).
- CSR (Eaton).
- Índices de menor aplicación: CIP (Grillot).
- Índice de magnesio (Szabolcs).

- Proporción de carbonatos y sulfatos.

#### 7.7. Nijensohn (Argentina)

- CE, RAS, CSR
- Plantea el uso de fórmulas para el cálculo de la necesidad de lavado, acumulación de sales y años que tardará el suelo en salinizarse.

#### 7.8. A&M University (Texas, 1997)

- Peligro de salinidad, por CE, lo clasifica en 5 categorías
- Peligro por sodicidad: usa RAS, RASaj y PSS
- Toxicidad: B, Cl, Ca/Mg, SO<sub>4</sub>, K.

#### 7.9. Cooperativa de Extensión de Florida (1993)

Para paisajismo se tienen en cuenta la CE y el pH.

#### 7.10. INTA (Argentina, 1999).

-Utiliza como variables principales la CE y el RAS;. como variables Complementarias la CIC, el contenido de MO y la textura del suelo.

Los límites son variables según la zona (Sudeste Bs.As; Norte Bs. As. y Sur de Santa Fe; nordeste de Santa Fe y Centro Sur de Córdoba).

Para el riesgo de sodicidad la escala de acuerdo al RAS sería la siguiente:

Zona	Calidad del agua de riego			Otras Características
	aceptable	dudosa	riesgosa	
<b>SE Bs.As</b>	< 15	15 - 20	> 20	6-7% MO, lámina 70-160 mm/a
<b>N Bs. As.</b>	< 10	10 - 15	> 15	2,5-3% MO, lámina 150-200 mm/a
<b>NE Santa Fé</b>	< 7	7 - 12	> 12	2% MO, limo 70%, lámina 250-300mm/a
<b>CS de Córdoba</b>	< 5	5 - 10	> 10	1,5-2% MO, lámina 200-350 mm/a

Como límites de calidad, según el riesgo de salinidad, se toman los siguientes rangos:

	CE (dS m <sup>-1</sup> )
Aguas seguras	< 2
Aguas dudosas	2 - 4
Aguas riesgosas	> 4

## 8. Balance de sales

Puede aplicarse la fórmula de entradas y salidas de agua que, afectadas por el contenido salino de cada una, daría una idea de ganancias y/o pérdidas de agua y sales del sistema.

Las Entradas (E) pueden ser varias, algunas son: Sales solubles nativas + agua de lluvia + briza marina + fertilizantes + agua de riego + ascenso capilar + escurrimiento superficial.

Las Salidas (S) pueden ser: Drenaje profundo + Precipitación en el suelo + absorción vegetal + lavado

Entonces

$$E - S = Z$$

Z: cambio en el contenido neto de sales en el área evaluada.

## 9. Fórmulas Complementarias

$$\mathbf{RASaj} = \mathbf{RAS} (1 + (8,4 - \text{pHc}))$$

Donde el pHc se obtiene del Cuadro N° 7

$\mathbf{RAS}^\circ$  = Fórmula de RAS obteniendo el valor de  $\text{Ca}^\circ$  del Cuadro N° 8

- **Carbonato de Sodio Residual, (Índice de Eaton):**

$$\text{CSR (meq L}^{-1}\text{)} = (\text{CO}_3^{2-} + \text{CO}_3\text{H}^-) - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$$

- **Coefficiente de álcali K1 (Índice de Scott):** (sus componentes se expresan en  $\text{mg L}^{-1}$ ).

Si

$$\text{Na} - 0,65 \text{ Cl} < 0 \quad \text{K1} = 2,049/\text{Cl}$$

$$0 < \text{Na} - 0,65 \text{ Cl} < 0,48 \text{ SO}_4^{2-} \quad \text{K1} = 6,620/\text{Na} + 2,6 \text{ Cl}$$

$$0 < \text{Na} - 0,65 \text{ Cl} > 0,48 \text{ SO}_4^{2-} \quad \text{K1} = 662/\text{Na} - 0,32\text{Cl} - 0,48 \text{ SO}_4^{2-}$$

- **Índice de Kelly (índice de Calcio):**

$$(\text{Ca} / \text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na}) * 100$$

- **CIP (índice de Cloruros)**

$$\text{CIP} = \frac{\text{Cl} + \text{NO}_3}{\text{CO}_3 + \text{CO}_3\text{H} + \text{SO}_4 + \text{Cl} + \text{NO}_3} \times 100$$

- **Índice de Magnesio**

$$\text{IMg} = \frac{\text{Mg}}{\text{Ca} + \text{Mg}} \times 100$$

- **Proporción de Carbonatos y Sulfatos** (los iones se expresan en meq L<sup>-1</sup>)

Clase I si  $\text{Mg} + \text{Ca} < \text{CO}_3\text{H} + \text{CO}_3$

Clase II si  $\text{Mg} + \text{Ca} > \text{CO}_3\text{H} + \text{CO}_3$

$$\text{Ca} < \text{CO}_3\text{H} + \text{CO}_3 + \text{SO}_4$$

Clase III si  $\text{Mg} + \text{Ca} > \text{CO}_3\text{H} + \text{CO}_3$

$$\text{Ca} > \text{CO}_3\text{H} + \text{CO}_3 + \text{SO}_4$$

Clase IV si  $\text{CO}_3 + \text{CO}_3\text{H} + \text{SO}_4 = \text{despreciable}$

- **Razón de Ca/Mg**

Ca/Mg expresados en meq L<sup>-1</sup>

- **Dureza**

$$(\text{Ca} + \text{Mg}) * 50 = (\text{mg de CaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1})$$

## 10- Bibliografía

AOAC. 1995. Waters, 11. In Official methods of analysis. 16th Ed., vol.1, AOAC International USA.: 1 - 28.

AYERS, R.S. y D.W. WESTCOT. 1987. La calidad del agua en la agricultura. Manual 29, rev.1, FAO Ed., Roma, Italia, 174pp.

FERTILIZAR.1998. Fertilizantes y Soluciones Concentradas. Equipo del Proyecto Fertilizar INTA Pergamino. <http://www.fertilizar.org.ar>

HEREDIA, O.S y M. E. CONTI. 1997. Interpretación en análisis de agua para riego complementario en la región pampeana. Congreso Internacional sobre Aguas. Libro de resúmenes:

III-82.

- HEREDIA, O.S.; M. E. CONTI Y M. GÓNZALEZ. 1999. Calidad y criterios de interpretación en análisis para riego complementario en la región pampeana. *Produciendo. Actualidad fruti hortícola, viveros, flores, ornamentales y riego* N° 47: 41-44.
- INTA. 1999. Recomendaciones para la utilización de aguas para riego en función de su calidad, síntesis de los trabajos realizados en las unidades del INTA-IPG. Impacto Ambiental del riego complementario, Seminario de Capacitación, Pergamino, 87 pp.
- IRURTIA, C. B. 1995. Efecto del riego complementario en las propiedades físicas del suelo. Segundo Seminario de actualización técnica en Riego, CPIA-SRA: 41-66.
- KOSAKI, T.; R. SUZUKI AND N. ISHIDA. 1995. Salt-affected soils under large-scale irrigation agriculture in Kazakhstan. Proc. Forum on the Caspian, Aral and Dead seas, Osaka, Japan: 136-141.
- Lentz R. D.; R. E. Sojka y D. L. Carter. 1996. Furrow irrigation water-quality effects on soil loss and Infiltration. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 60: 238-245.
- NAKAYAMA, F.S. 1982. Water analysis and treatments techniques to control emitter pluggins. *Proc. Irrigation Association Conference*, 21-24 February 1982. Portland, Oregon.USA.
- PIZARRO, F. 1978. Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos. Ed. Agric. Española, 521pp.
- PORTA CASANELLAS, J.; LÓPEZ ACEVEDO R.Y ROQUERO DE LABURU C. 1994. Capítulo 24: Salinización y sodificación. Suelos de regadío. En *Edafología para la agricultura y el medio ambiente* Cap.24: 645-689, Madrid, España, Ed. Mundi Prensa.
- SUAREZ, D.L. 1982. Relation between pHc and Sodium Adsorption Ratio (SAR) and an alternate method of estimating SAR of soil or drainage waters. *Soil Sci. Amer. J.*, 45 : 469-475.
- SUMMER, M.E. Y B. A. STEWART. 1992. Soil Crusting, chemical and physical processes. *Advances in Soil Science*. Lewis pub. 372pp.
- TSUSUI, H. 1996. Agriculture, water and environment problems, prospects in the Aral Sea Basin. *International Conference on Agricultural Engineering. AgEng*, Madrid, España, 2: 585-586.
- URBANO TORREÓN, N. 1992. Tratado de fitotecnia general. Ed Mundi Prensa, 2° ed. Madrid, España. 895pp.
- USDA. 1962. Suelos salinos y sódicos. México DF, México. Ed Cultura. 172pp.
- VAN HOORN, J.W.; N. KATERJI Y A. HAMDY. 1997. Long-term salinity development in a lysimeter experiment. *Agricultural Water Managment* , 34: 47-55.

**CUADROS Y FIGURAS**

**Figuras**

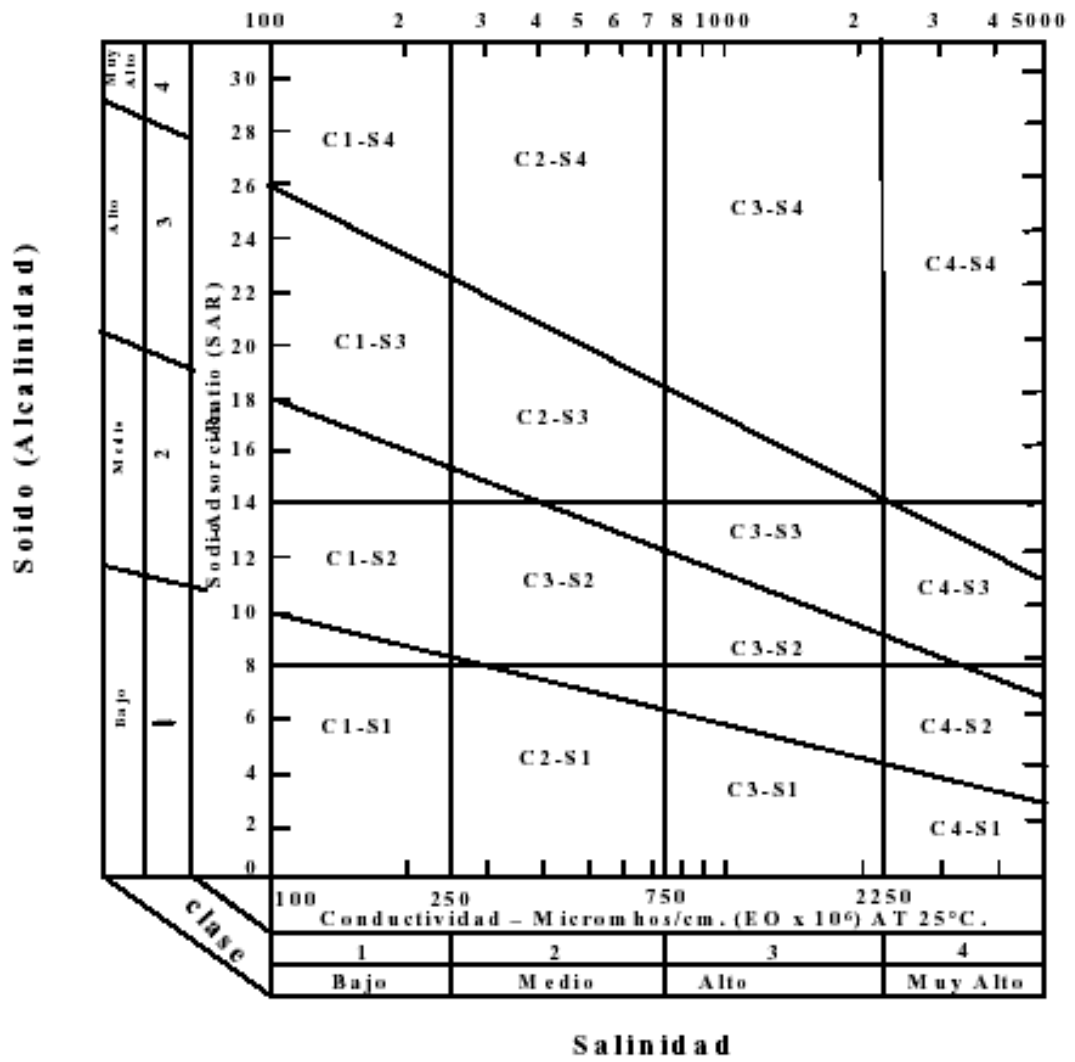


Figura N° 1- Nomograma de Riverside (USDA, 1962)



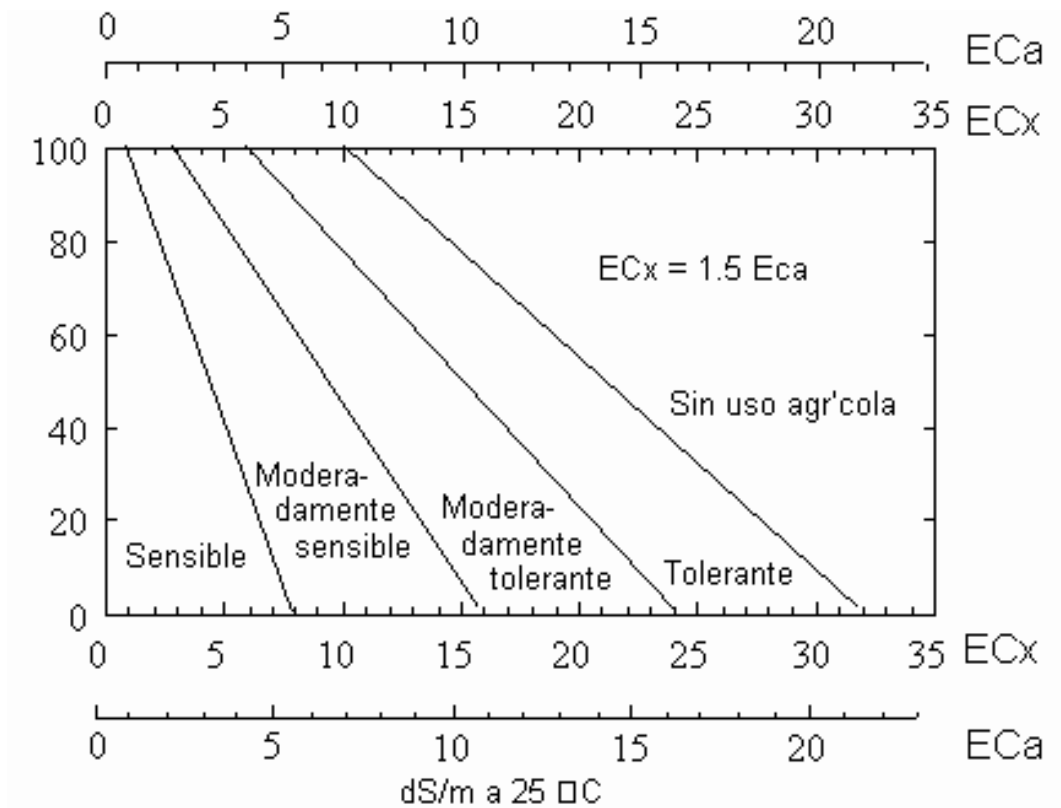


Figura 2: Relación entre CE y rendimiento

Tomado de Porta et al,1994

Leyenda:  $CE_a$ , es la conductividad eléctrica del agua de riego y  $CE_x$  la CE del extracto de saturación.

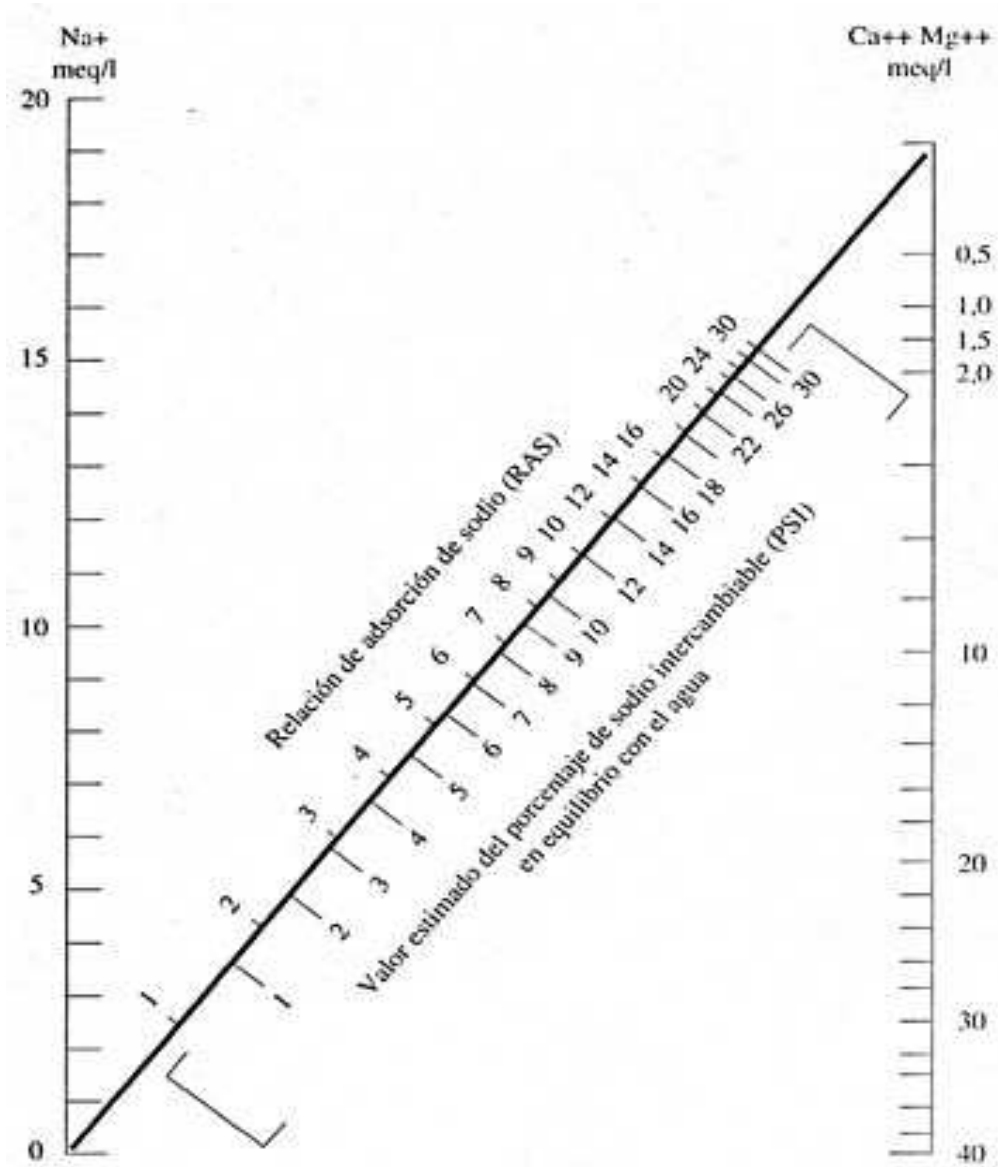


Figura 3: Nomograma que relaciona los cationes en agua, PSI y RAS

Tomado de USDA, 1962

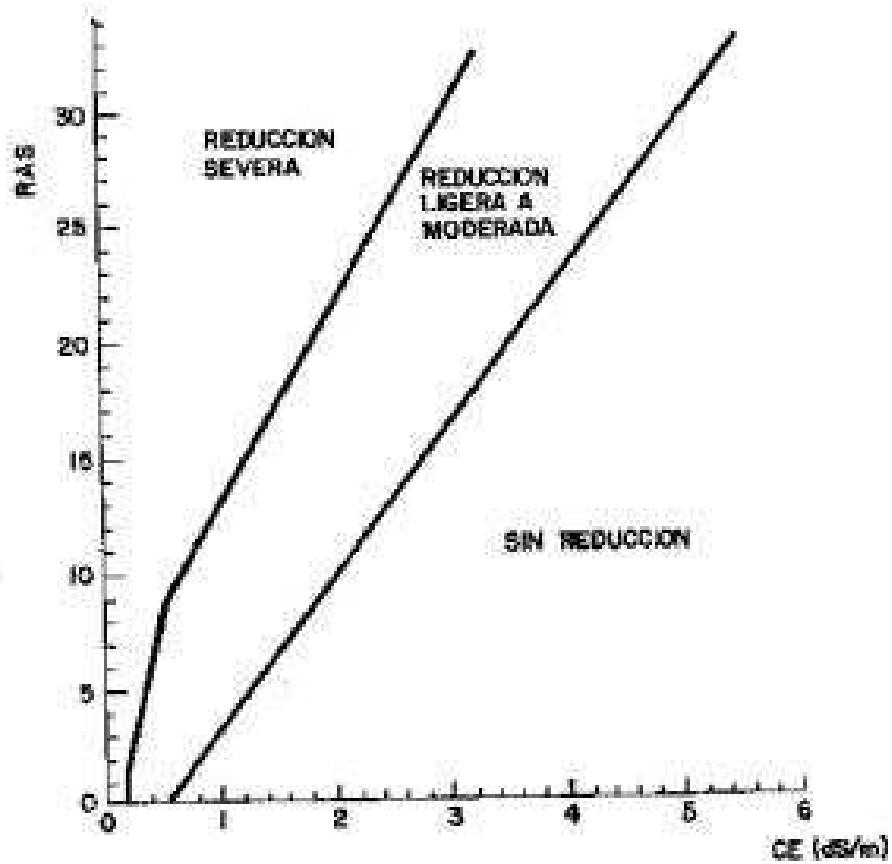


Figura 4: Relación entre el RAS y CE del agua de riego y su efecto sobre la disminución de la Infiltración.

Tomado de Ayers y Wescot, 1987

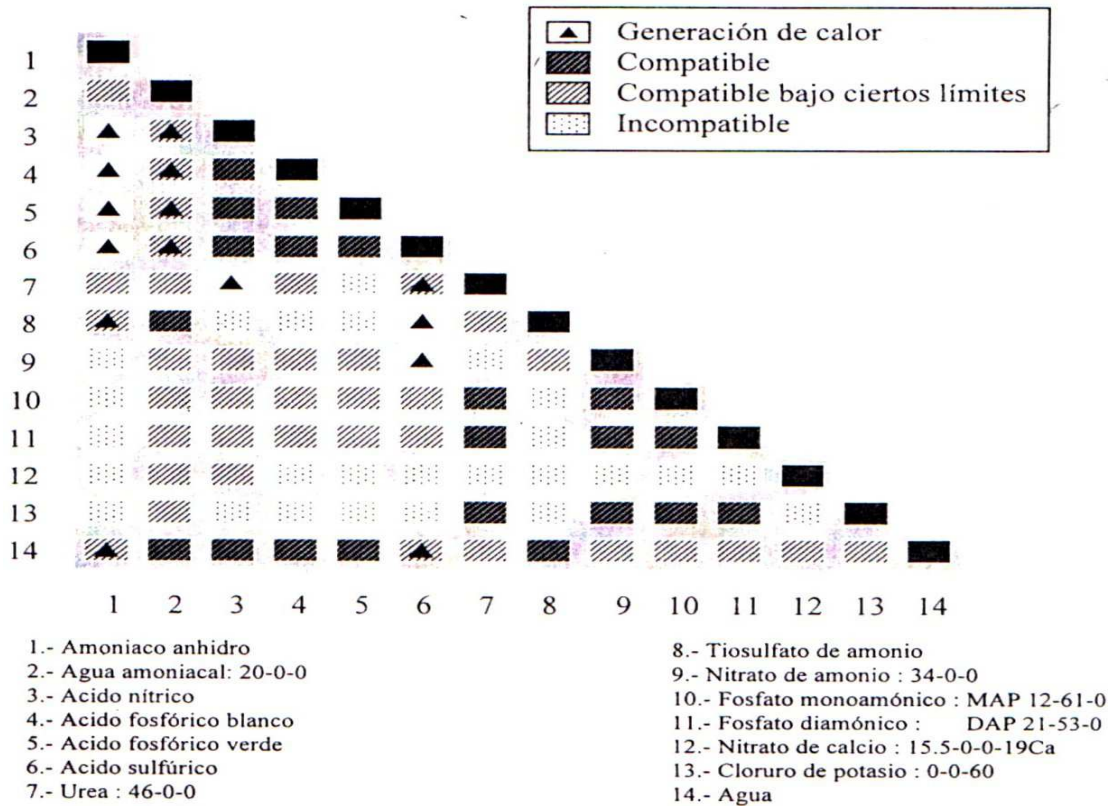


Figura N° 5: Reacciones entre compuestos químicos usados en fertirriego (Fertilizar, 1998)

## Cuadros

Cuadro N° 1: Algunos ejemplos de tolerancia a la salinidad de distintas especies vegetales

Cultivos extensivos	Rendimiento Potencial									
	100%		90%		75%		50%		0%	
	CE <sub>e</sub>	CE <sub>a</sub>	CE <sub>e</sub>	CE <sub>a</sub>	CE <sub>e</sub>	CE <sub>a</sub>	CE <sub>e</sub>	CE <sub>a</sub>	CE <sub>e</sub>	CE <sub>a</sub>
Cebada ( <i>Hordeum vulgare</i> )	8,0	5,3	10,0	6,7	13,0	8,7	18,0	12,0	28,0	19,0
Algodón ( <i>Gossypium hirsutum</i> )	7,7	5,1	9,6	6,4	13,0	8,4	17,0	12,0	27,0	18,0
Remolacha azucarera ( <i>Beta vulgaris</i> )	7,0	4,7	8,7	5,8	11,0	7,5	15,0	10,0	24,0	16,0
Sorgo ( <i>Sorghum bicolor</i> )	6,8	4,5	7,4	5,0	8,4	5,6	9,9	6,7	13,0	8,7
Trigo ( <i>Triticum aestivum</i> )	6,0	4,0	7,4	4,9	9,5	6,3	13,0	8,7	20,0	13,0
Soja ( <i>Glycine max</i> )	5,5	3,3	5,5	3,7	6,3	4,2	7,5	5,0	10,0	6,7
Caupi ( <i>Vigna unguiculata</i> )	4,9	3,3	5,7	3,8	7,0	4,7	9,1	6,0	13,0	8,8
Maní ( <i>Arachis hypogaea</i> )	3,2	2,1	3,5	2,4	4,1	2,7	4,9	3,3	6,6	4,4
Arroz ( <i>Oriza sativa</i> )	3,3	2,0	3,8	2,6	5,1	3,4	7,2	4,8	11,0	7,6
Caña de azúcar ( <i>Saccharum officinalis</i> )	1,7	1,1	3,4	2,3	5,9	4,0	10,0	6,8	19,0	12,0
Maíz ( <i>Zea mays</i> )	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	5,9	3,9	10,0	6,2
Lino ( <i>Linum usitatissimum</i> )	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	5,9	3,9	10,0	6,7
Poroto ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )										
<b>Hortalizas</b>										
Zapallito ( <i>Curcubita pepo</i> )	4,1	3,1	5,8	3,8	7,4	4,9	10,0	6,7	15,0	10,0
Zapallo ( <i>Curcubita pepo melopepo</i> )	3,2	2,1	3,8	2,6	4,8	3,2	6,3	4,2	9,4	6,3
Brocoli ( <i>Brassica oleracea botrytis</i> )	2,8	1,9	3,9	2,6	5,5	3,7	8,2	5,5	14,0	9,1
Tomate ( <i>Lycopersicum esculentum</i> )	2,5	1,7	3,5	2,3	5,0	3,4	7,6	5,0	13,0	8,4
Pepino ( <i>Cucumis sativus</i> )	2,5	1,7	3,3	2,2	4,4	2,9	6,3	4,2	10,0	6,8
Espinaca ( <i>Spinacea oleracea</i> )	2,0	1,3	3,3	2,2	5,3	3,5	8,6	5,7	15,0	10,0
Apio ( <i>Apium graveolans</i> )	1,8	1,2	3,4	2,3	5,8	3,9	9,9	6,6	18,0	12,0
Repollo ( <i>B. oleracea capitata</i> )	1,8	1,2	2,8	1,9	4,4	2,9	7,0	4,6	12,0	8,1
Papa ( <i>Solanum tuberosum</i> )	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	5,9	3,9	10,0	6,7
Maíz dulce ( <i>Zea mays</i> )	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	5,9	3,9	10,0	6,7
Batata ( <i>Ipomea batata</i> )	15,0	1,0	2,4	1,6	3,8	2,5	6,0	4,0	11,0	7,1
Pimiento ( <i>Capsicum annum</i> )	1,5	1,0	2,2	1,5	3,3	2,2	5,1	3,4	8,6	5,8
Lechuga ( <i>Latuca sativa</i> )	1,3	0,9	2,1	1,4	3,2	2,1	5,1	3,4	9,0	6,0
Rabano ( <i>Raphanus sativus</i> )	1,2	0,8	2,0	1,3	3,1	2,1	5,0	3,4	8,9	5,9
Cebolla ( <i>Allium cepa</i> )	1,2	0,8	1,8	1,2	2,8	1,8	4,3	2,9	7,4	5,0
Zanahoria ( <i>Daucus carota</i> )	1,0	0,7	1,7	1,1	2,8	1,9	4,6	3,0	8,1	5,4
Nabo ( <i>Brassica rapa</i> )	0,9	0,6	2,0	1,3	3,7	2,5	6,5	4,3	12,0	8,9

Elaborado a partir de datos de Ayers y Westcot (1987) y Porta et al. (1994).

CE<sub>e</sub>: CE del extracto de saturación del suelo. CE<sub>a</sub>: CE del agua de riego.

Cuadro N° 2: Clasificación de aguas según Ayers y Westcot (1987).

Problema potencial	Unidades	Grado de restricción de Uso		
		Ninguna	Ligera a moderada	Severa
<b>Salinidad</b>				
CEa	dS m <sup>-1</sup>	< 0,7	0,7-3,0	> 3,0
TSS	mg L <sup>-1</sup>	< 450	450-2.000	> 2.000
<b>Infiltración (evaluar usando a la vez CEa y RAS)</b>				
RAS	CEa =	> 0,7	0,7-0,2	< 0,2
	0-3,0	> 1,2	1,2-0,3	< 0,3
	3,0-6,0	> 1,9	1,9-0,5	< 0,5
	6,0-12,0	> 2,9	2,9-1,3	< 1,3
	12,0-20,0	> 5,0	5,0-2,9	< 2,9
	20,0-40,0			
<b>Toxicidad de iones específicos</b>				
Sodio	RAS			
Riego por superficie	mmolc L <sup>-1</sup>	< 3	3,-9	> 9
Riego por aspersión		< 3	> 3	
Cloro				
Riego por superficie	mmolc L <sup>-1</sup>	< 4	4-10	> 10
Riego por aspersión		< 3	> 3	
Boro	mg L <sup>-1</sup>	< 0,7	0,7-3,0	> 3,0
Varios				
N (N-NO3)	mg L <sup>-1</sup>	< 5	5-30	>30
Bicarbonato (aspersión)	mmolc L <sup>-1</sup>	< 1,5	1,5-8,5	> 8,5
pH		Amplitud normal: 6,5-8,4		

Cuadro 3: Clasificación de las aguas por B (Eaton, 1935).

<b>Tolerantes</b> De 3,73 a 2,50 mg L <sup>-1</sup>	<b>Semitolerantes</b> De 2,50 a 1,25 mg L <sup>-1</sup>	<b>Sensibles</b> De 1,25 a 0,33 mg L <sup>-1</sup>
Espárrago Palmera datilifera ( <i>Phoenix datilifera L.</i> ) Remolacha azucarera Remolacha forrajera Alfalfa Gladiolo Haba Cebolla Nabo Repollo Lechuga Zanahoria	Girasol Papa Algodón Tomate Rabano Guisante Olivo Rosa Cebada Trigo Maíz Sorgo Avena Calabaza Batata Poroto ( <i>Ph.lunatus L.</i> )	Nogal ( <i>Juglans sp.</i> ) Poroto ( <i>Ph. Vulgaris L.</i> ) Olmo americano Ciruelo Peral Manzano Vid (Sultanina y Málaga) Higuera Níspero Cerezo Durazno Damazco Zarzamora Naranja Palta Pomelo Limonero

Adaptado de USDA, 1962 y Urbano Torreón, 1992.

Cuadro 4: Tolerancia al Cloro de algunos cultivos.

<b>Cloruros índice</b>	<b>Concentración (mmolc L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Riesgos potenciales</b>
1	< 2	Ninguno, ni siquiera con plantas sensibles.
2	2-4	Daños ligeros en plantas sensibles.
3	4-8	Daños ligeros en plantas medianamente tolerantes.
4	> 8	Daños ligeros a moderados, incluso en plantas tolerantes.

Adaptado de Pizarro, 1978.

Cuadro 5: Contenido máximo de elementos traza presentes en el agua de riego

Elemento	Máxima concentración permisible (mg L <sup>-1</sup> )	Observaciones
Al	5,0	Causa restricción en el crecimiento en suelos ácidos (pH 5,5)
As	0,10	Toxicidad para las plantas variables, p.e. 12 mg L <sup>-1</sup> para Pasto sudán; 0,05 mg L <sup>-1</sup> para arroz.
Cd	0,01	Tóxico para porotos, remolachas y nabos a concentraciones tan bajas como 0,1 mg L <sup>-1</sup> en soluciones nutritivas. Debido a su acumulación potencial en plantas se recomienda límites conservadores pues puede ser tóxico para humanos.
Co	0,05	Tóxico para tomate en soluciones nutritivas en concentraciones de 0,1 mg L <sup>-1</sup> . Tiende a inactivarse en suelos neutros y alcalinos.
Cl	0,10	Puede causar toxicidad en algunas plantas. Debido a desconocimiento de sus efectos se recomiendan límites conservadores.
Cu	0,20	Tóxico para muchas especies de plantas en soluciones nutritivas entre 0,1 y 1,0 mg L <sup>-1</sup> .
F	1,0	Se inactiva en suelos neutros y alcalinos.
Fe	5,0	No es tóxico para las plantas en suelos bien aireados, pero puede contribuir a la acidificación del suelo, causando disminución del P y Mo aprovechables. En el agua de riego puede causar depósitos en las hojas y equipos.
Li	2,5	Tolerable para la mayoría de las plantas en las concentraciones de 5 mg L <sup>-1</sup> , excepto por los cítricos para los cuales es tóxico en bajas concentraciones (< 0,075 mg L <sup>-1</sup> ); actúa en forma similar al B.
Mn	0,20	Tóxico para muchos cultivos a muy bajas concentraciones. Su toxicidad es común en suelos ácidos.
Mo	0,01	No tóxico para las plantas en las concentraciones normales en los suelos y aguas. Puede ser tóxico para animales que se alimenten con forrajes cultivados en suelos altos en este elemento.
Ni	0,20	Para muchas plantas es tóxico en concentraciones entre 0,5 y 1,0 mg L <sup>-1</sup> . La toxicidad se reduce en suelos alcalinos y neutros.
Pb	5,0	Puede inhibir el crecimiento celular a altas concentraciones.
Se	0,02	Concentraciones bajas como 0,025 mg L <sup>-1</sup> pueden causar toxicidad en plantas. En animales se puede presentar seleniosis cuando se alimentan con forrajes altos en este elemento.
V	0,1	Tóxico para muchas plantas a concentraciones relativamente bajas.



Zn	2,0	Es tóxico para muchas plantas a concentraciones variables. A pH 6,0, en suelos finos y orgánicos se reduce su toxicidad.
Sn, Ti, W		Son excluidos excluidos efectivamente por las plantas.

Adaptado de Ayers y Wescot, 1987

Cuadro N° 6: Efecto de la calidad sobre la intensidad de los problemas en fertirriego

Tipo de problema	-----Intensidad del problema-----		
	Baja	Moderada	Alta
<i>Físicos</i>			
Sólidos en suspensión	< 50	50-100	> 100
<i>Químicos</i>			
pH	< 7,0	7,0 – 8,0	> 8,0
Sales	< 500	500 – 2.000	> 2.000
Bicarbonatos		< 100	
Manganeso	< 0,1	0,1-1,5	> 1,5
Hierro total	< 0,2	0,2-1,5	> 1,5
Sulfuro de hidrógeno	< 0,2	0,2- 2,0	> 2,0
<i>Biológico</i>			
Población de bacterias	< 10 <sup>3</sup> ml <sup>-1</sup>	10 <sup>3</sup> -50 <sup>3</sup> ml <sup>-1</sup>	> 50 <sup>3</sup> ml <sup>-1</sup>

Tomado de Ayers y Wescot, 1987.

Cuadro N° 7: pHc necesario para el cálculo de RAS ajustado

<b>pHc = (pk2-pKc) + pCa + p(Alk)</b>			
Concentración mmolc L <sup>-1</sup>	pK2-pKc	pCa	p(Alk)
0,05	2,0	4,6	4,3
0,10	2,0	4,3	4,0
0,15	2,0	4,1	3,8
0,20	2,0	4,0	3,7
0,25	2,0	3,9	3,6
0,30	2,0	3,8	3,5
0,40	2,0	3,7	3,4
0,50	2,1	3,6	3,3
0,75	2,1	3,4	3,1
1,00	2,1	3,3	3,0
1,25	2,1	3,2	2,9
1,50	2,1	3,1	2,8
2,00	2,2	3,0	2,7
2,50	2,2	2,9	2,6
3,00	2,2	2,8	2,5
4,00	2,2	2,7	2,4
5,00	2,2	2,6	2,3
6,00	2,2	2,5	2,2
8,00	2,3	2,4	2,1
10,00	2,3	2,3	2,0
12,50	2,3	2,2	1,9
15,00	2,3	2,1	1,8
20,00	2,4	2,0	1,7
30,00	2,4	1,8	1,5
50,00	2,5	1,6	1,3
80,00	2,5	1,4	1,1

Tomado de Urbano Torreón (1992)

Leyenda:

pHc es el pH teórico calculado para el agua de riego

**Uso del cuadro:** Entrando en la primera columna con las concentraciones, en mmolc L<sup>-1</sup>, de :

- 1) Ca + Mg + Na, se obtiene el valor de (pK2 – pKc).
- 2) Ca, se obtiene el valor de pCa.
- 3) CO<sub>3</sub> + CO<sub>3</sub>H, se obtiene el valor de p(Alk).

Cuadro N° 8: Concentración de Ca° en el agua del suelo, para el calculo de RAS° (RAS corregido)

	Salinidad del agua aplicada (CEa) (dS m <sup>-1</sup> )											
	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	6,0	8,0
<b>0,05</b>	13,20	13,61	13,92	14,40	14,79	15,26	15,91	16,43	17,28	17,97	19,07	19,94
<b>0,10</b>	8,31	8,57	8,77	9,07	9,31	9,62	10,02	10,35	10,89	11,32	12,01	12,56
<b>0,15</b>	6,34	6,54	6,69	6,92	7,11	7,34	7,65	7,90	8,31	8,64	9,17	9,58
<b>0,20</b>	5,24	5,40	5,52	5,71	5,87	6,06	6,31	6,52	6,86	7,13	7,57	7,91
<b>0,25</b>	4,51	4,65	4,76	4,92	5,06	5,22	5,44	5,62	5,91	6,15	6,52	6,82
<b>0,30</b>	4,00	4,12	4,21	4,36	4,48	4,62	4,82	4,98	5,24	5,44	5,77	6,04
<b>0,35</b>	3,61	3,72	3,80	3,94	4,04	4,17	4,35	4,49	4,72	4,91	5,21	5,45
<b>0,40</b>	3,30	3,40	3,48	3,60	3,70	3,82	3,98	4,11	4,32	4,49	4,77	4,98
<b>0,45</b>	3,05	3,14	3,22	3,33	3,42	3,53	3,68	3,80	4,00	4,15	4,41	4,61
<b>0,50</b>	2,84	2,93	3,00	3,10	3,19	3,29	3,43	3,54	3,72	3,87	4,11	4,30
<b>0,75</b>	2,17	2,24	2,29	2,37	2,43	2,51	2,62	2,70	2,84	2,95	3,14	3,28
<b>1,00</b>	1,79	1,85	1,89	1,96	2,01	2,09	2,16	2,23	2,35	2,44	2,59	2,71
<b>Valor de HCO<sub>3</sub>/Ca</b>												
<b>1,25</b>	1,54	1,59	1,63	1,68	1,73	1,78	1,86	1,92	2,02	2,10	2,23	2,33
<b>1,50</b>	1,37	1,41	1,44	1,49	1,53	1,58	1,65	1,70	1,79	1,86	1,97	2,07
<b>1,75</b>	1,23	1,27	1,30	1,35	1,38	1,43	1,49	1,54	1,62	1,68	1,78	1,86
<b>2,00</b>	1,13	1,16	1,19	1,23	1,26	1,31	1,36	1,40	1,48	1,54	1,63	1,70
<b>2,25</b>	1,04	1,08	1,10	1,14	1,17	1,21	1,26	1,30	1,37	1,42	1,51	1,58
<b>2,50</b>	0,97	1,00	1,02	1,06	1,09	1,12	1,17	1,21	1,27	1,32	1,40	1,47
<b>3,00</b>	0,85	0,89	0,91	0,94	0,96	1,00	1,04	1,07	1,13	1,17	1,24	1,30
<b>3,50</b>	0,78	0,80	0,82	0,85	0,87	0,90	0,94	0,97	1,02	1,06	1,12	1,17
<b>4,00</b>	0,71	0,73	0,75	0,78	0,80	0,82	0,86	0,88	0,93	0,97	1,03	1,07
<b>4,50</b>	0,66	0,68	0,69	0,72	0,74	0,76	0,79	0,82	0,86	0,90	0,95	0,99
<b>5,00</b>	0,61	0,63	0,65	0,67	0,69	0,71	0,74	0,76	0,80	0,83	0,88	0,93
<b>7,00</b>	0,49	0,50	0,52	0,53	0,55	0,57	0,59	0,61	0,64	0,67	0,71	0,74
<b>10,00</b>	0,39	0,40	0,41	0,42	0,43	0,45	0,47	0,48	0,51	0,53	0,56	0,58
<b>20,00</b>	0,24	0,25	0,26	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,32	0,33	0,35	0,37
<b>30,00</b>	0,18	0,19	0,20	0,20	0,21	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,27	0,28

Adaptado de Ayers y Westcot (1987)

### Leyenda:

Supone a) una fuente de calcio proveniente de silicatos ó caliza (CO<sub>3</sub>Ca); b) no existe precipitación del Mg y c) la presión relativa del CO<sub>2</sub> cerca de la superficie del suelo es de 0,0007 atmósferas.

**Uso del Cuadro:** Se ingresa con los valores de CE en dS m<sup>-1</sup> y el cociente entre los valores de Bicarbonatos y Calcio del agua de riego expresados en mmolc L<sup>-1</sup>. En el cuerpo del Cuadro se encuentra el valor de Ca° que debe reemplazar el valor de Ca en la ecuación de RAS.