

## HORTICULTURA

# Caraterísticas del agua para riego hortícola del cinturón verde de Corrientes

C.G. Fogar; S.C. Rodríguez y M.A. Schroeder

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Nordeste. Sargento Cabral 2131, Corrientes. [silvicarlo@yahoo.com.ar](mailto:silvicarlo@yahoo.com.ar)

Recibido: 9/4/15

Aceptado: 8/9/16

### Resumen

Fogar, C.G.; Rodríguez, S.C. y Schroeder, M.A. 2015. Características del agua para riego hortícola del cinturón verde de Corrientes. Horticultura Argentina 34(85): 14-23.

Se trabajó con muestras de agua extraídas de perforaciones de charcas de productores hortícolas de la ciudad de Corrientes (Capital), con el objetivo de caracterizarlas a través de la determinación de parámetros físicos y químicos, y clasificarlas empleando valores de referencia de uso universal. Se determinó pH, Conductividad eléctrica, contenido en Calcio, Magnesio, Sulfato, Alcalinidad, Sodio, Potasio, Cloruros, Fósforo y Nitrato y se determinaron los índices: sólidos disueltos totales (TSD), relación de absorción de sodio (RAS) y Dureza. En base a los resultados obtenidos en los distintos análisis de las aguas muestreadas, se concluye que todas están dentro del rango óptimo de pH para riego de cultivos horti-

colas. En cuanto a su conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales las aguas analizadas pueden ser utilizadas para la mayoría de los cultivos hortícolas, a excepción de tres muestras, las cuales se recomendaría usar en cultivos tolerantes. Según la alcalinidad y el RAS las aguas analizadas en este trabajo no son una limitante, pero en cuanto a la dureza sus valores indican que no hay que despreciar este parámetro a la hora de planificar el riego (sistema, periodicidad, efectos sobre el cultivo, etc.). El resultado de los análisis de cationes y aniones de las aguas en estudio muestra que son aptas para riego, recomendando repetir el análisis de nitratos a una de las muestras.

**Palabras clave adicionales:** calidad de agua, cultivos hortícolas, pequeños productores.

### Abstract

Fogar, C.G.; Rodríguez, S.C. and Schroeder, M.A. 2015. Irrigation water characteristics for horticultural Corrientes green belt. Horticultura Argentina 34(85): 14-23.

Water samples were taken from water wells located in farms of horticultural producers in the city of Corrientes (Capital). The aim of this experience was the characterization of these waters through physical and chemical parameters, and classify them employing benchmarks for universal use. pH, electrical conductivity, alkalinity, content of Calcium, Magnesium, Sulfate, Sodium, Potassium, Chlorides, Phosphorus and Nitrate was determined and the following rates were calculated: total dissolved solids (TDS), sodium absorption ratio (SAR) and hardness. Based on the results of the analysis of water samples, the conclusion is that all of them are

within the optimum pH range for horticultural crops irrigation. In terms of electrical conductivity and total dissolved solids, the analyzed water can be used for most horticultural crops, except for three samples which should be recommended for using in tolerant crops. According to water samples analyzed in this paper, alkalinity and RAS are not a constraint, but hardness values should not be ignored when planning irrigation (system frequency, effects on crop, etc.). The result of the analysis of cations and anions of these water samples shows that are suitable for irrigation. Repetition of nitrate analysis of the samples is recommended.

**Additional keywords:** water quality, horticultural crops, small farmers.

## 1. Introducción

La zona de producción hortícola de la provincia de Corrientes es de gran desarrollo económico. En esta área, la producción de verduras de hojas, pimiento, tomate, chaucha, apio, entre otros, es una de las principales actividades. Las unidades productivas son heterogéneas en tamaño. La provincia de Corrientes posee la mayor cantidad de hectáreas con invernaderos destinados a tomate y pimiento del país (Molina *et al.*, 2010). Los principales departamentos que participan

son: Bella Vista (42 %) y Capital (25 %), con menor participación Empedrado y Lavalle (Molina *et al.*, 2010).

Las Buenas Prácticas Agrícolas en el marco del Proyecto Regional Hortícola (EEA INTA Bella Vista, Centro Regional Corrientes) establecen que el agua utilizada en el cultivo y proceso de poscosecha presenta dos peligros: como fuente de contaminación en sí misma y como fuente de microorganismos patógenos. Por lo tanto, el agua deberá ser apta para uso agrícola, con su correspondiente análisis. Se debe evitar

la contaminación de napas de agua por el mal uso; no se permite el uso de aguas servidas para el riego. Se deberá disponer agua potable para beber e higienizar (Molina *et al.*, 2011).

El uso en riego de aguas de baja calidad es una práctica cada vez más frecuente en el mundo. A menudo este tipo de aguas es el único recurso hídrico disponible, por lo que aunque la eficiencia de la cosecha no sea óptima, constituye un valioso retorno económico para quienes la practican. En otros casos, su utilización en agricultura puede solucionar serios problemas de manejo y disposición final, siempre y cuando no impacte negativamente sobre el medio ambiente, la calidad de las cosechas, ni la salud de los trabajadores (Sancha *et al.*, 2005).

Un aspecto a considerar es el aporte de contaminantes externos, particularmente en sistemas en los que el agua se almacena en depósitos abiertos al aire libre, expuestos a la defecación de aves u otros animales, así como a la entrada de aguas superficiales durante episodios de lluvias intensas; crecimiento microbiano en el interior de la instalación de distribución, fomentado por la presencia de materia orgánica biodegradable y por la ausencia de desinfectante.

Los problemas más importantes asociados a la calidad del agua de riego son la salinización y sodificación del suelo. Ambos procesos son consecuencia del aporte de sales durante el riego y el aumento de la concentración de la solución del suelo, cuando el agua es adsorbida por el cultivo y ocurre evaporación desde la superficie (Usón *et al.*, 2010). En este caso, la interacción agua-medio puede provocar cambios en la estructura del suelo, además de salinización y sodicidad del suelo y de las aguas subterráneas (Casas *et al.*, 2010).

El riego continuado con aguas que tienen sales en solución puede traer como consecuencia la salinización de los suelos, reduciendo la disponibilidad de agua para la planta. Las sales incrementan el esfuerzo que la planta debe ejercer para extraer el agua: esta fuerza adicional es la que se conoce como efecto osmótico o potencial osmótico. Este es el efecto más común de las sales y es independiente de la clase de sales disueltas (García, 2012). La conductividad define la facilidad con que una corriente eléctrica pasa a través del agua. La conductividad nos da una idea del contenido total de sales en el agua. Cuanto más elevada sea la conductividad mayor será el contenido en sales. La salinidad es una medida de la cantidad de sales disueltas en el agua de riego. La conductividad eléctrica (CE) es una de las más usadas, en tanto que el total de sólidos disueltos (TDS) lo es en menor proporción. El análisis de TDS (total de sólidos disueltos) es también importante como indicador de la efectividad de pro-

cesos de tratamiento biológico y físico de aguas usadas. Aguas de menos de  $1.200 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  no suelen plantear ningún problema, por el contrario aguas con una conductividad por encima de  $2.500 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  no son aconsejables para el riego. En el riego por aspersión puede ocurrir daño por sales vía foliar que va a depender de la salinidad del agua, sensibilidad del cultivo, frecuencia de aspersión y de factores medioambientales (Suarez & Lebron, 1993).

El riesgo de producir sodicidad en el suelo está relacionado con la acumulación de sodio intercambiable en el suelo lo cual produce un deterioro de la permeabilidad y estructura. Aguas con alto contenido de sodio tienden a aumentar el nivel de sodio ( $\text{Na}^+$ ) intercambiable en el suelo. Con estas condiciones, los suelos se dispersan, decreciendo la conductividad hidráulica o la permeabilidad, lo cual interfiere con el drenaje y el normal suministro de agua, y la aireación requerida para el crecimiento del cultivo (Levy, 2000). La relación de absorción de sodio (RAS) es un parámetro que refleja la posible influencia del ión sodio sobre las propiedades del suelo, ya que tiene efectos dispersantes sobre los coloides del suelo y afecta a la permeabilidad. Sus efectos no dependen sólo de la concentración en sodio sino también del resto de cationes (Mujeriego, 1990). Esta ecuación da idea del peligro potencial debido a un exceso del sodio sobre el calcio y el magnesio (García, 2012). Muchas de las aguas usadas para el riego tienen la cantidad de Sodio elevada; en este caso la estructura del suelo puede verse afectada, e incluso destruida. Esta degradación de la estructura del suelo es debida a que el Sodio (monovalente) desplaza a los cationes divalentes de Calcio y Magnesio, separando las partículas del suelo con capacidad de intercambio. En este momento el suelo se vuelve más encharcadizo, con peor aireación y, por tanto, con peores características para el establecimiento del cultivo. Esto es realmente preocupante en suelos de perfil arcilloso (González, 2012).

El pH es otro factor importante en el agua de riego ya que influye en la asimilabilidad de los nutrientes por la planta. Con un pH inferior a 5 pueden presentarse deficiencias de nitrógeno (N), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y con valores superiores a 6,5 se disminuye la asimilabilidad de hierro (Fe), fósforo (P), manganeso (Mn), boro (B), zinc (Zn) y cobre (Cu) (Soria & Oloverti, 2002). Este parámetro, nos da idea de muchas características del agua que usaremos para el riego (González, 2012). El nivel óptimo aconsejado para el manejo de cultivo de hortalizas se sitúa en valores comprendidos entre 5,5 y 7 que es el rango en el que se encuentran de forma asimilable la mayor parte de los nutrientes (Soria & Oloverti, 2002).

La alcalinidad del agua mide la capacidad de una solución para neutralizar ácidos. Es también conocida como capacidad *buffer* (o de amortiguamiento) del agua. Los mayores contribuidores de la alcalinidad del agua son carbonatos y bicarbonatos (Torres *et al.*, 2011). Por otra parte, mientras mayor sea la capacidad del contenedor del sustrato, mayor alcalinidad del agua pueden resistir los cultivos; pero los cultivos de ciclo más largo, o aquellos que son tolerantes a rangos bajos de pH (menos de 5), podrían verse afectados por la acumulación de bicarbonatos que aportan las aguas alcalinas. La confusión entre un alto pH y una alta alcalinidad se debe al hecho de que el agua es llamada alcalina si su pH es mayor a 7 y se dice que tiene alta alcalinidad si tiene una alta concentración de bases. Sin embargo, un alto pH no necesariamente corresponde a una alta alcalinidad y viceversa, aunque las dos usualmente se encuentran relacionadas en el agua de riego. La alcalinidad del agua puede tener un enorme efecto sobre el sustrato.

La dureza del agua se expresa normalmente como cantidad equivalente de carbonato de calcio (aunque propiamente esta sal no se encuentre en el agua) y se calcula, genéricamente, a partir de la suma de las concentraciones de calcio y magnesio existentes (miligramos) por cada litro de agua; que puede expresarse en concentración de  $\text{CaCO}_3$ . Aunque la dureza del agua se relaciona también con la presencia de calcio y magnesio, esto no significa que sea lo mismo que la alcalinidad. Ya que puede haber aguas duras que no sean alcalinas. Esto es posible cuando el agua contiene cloruro de calcio o de magnesio como impurezas. Por otra parte, cuando la dureza del agua sea mayor a 150 ppm, se deberá comprobar que la relación entre calcio y magnesio sea de 3-5 ppm de calcio por 1 ppm de magnesio. Si existiera una relación diferente, podría bloquearse la absorción de uno u otro elemento (Dickson, 2008). La dureza de las aguas naturales es producida sobre todo por las sales de calcio y magnesio. Se puede expresar en grado hidrotimétrico franceses (GHF). Es importante para conocer por un lado, el riesgo de obstrucciones en los ramales de riego, goteo y

boquillas y, por otro, para indicarnos la utilidad de un agua en un determinado tipo de suelo. Por ejemplo, para corregir un suelo con exceso de sodio, es aconsejable el empleo de aguas ricas en calcio (Cánovas Cuenca, 1986).

Otros problemas severos relacionados a la calidad del agua de riego ocurren con frecuencia como una situación especial. Esto incluye alta concentración de nitratos ( $\text{N-NO}_3^-$ ) y amonio ( $\text{N-NH}_4^+$ ) que pueden causar problemas de un excesivo desarrollo vegetativo, detención y retraso de la madurez. En el riego por aspersión, las aguas, usualmente, son depositadas sobre frutos y hojas, los que reciben las sales de bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ), yeso ( $\text{CaSO}_4$ ) o hierro (Fe) (Suarez & Lebron, 1993).

Las aguas para riego pueden presentar otros cationes como sodio ( $\text{Na}^+$ ) y potasio ( $\text{K}^+$ ), generalmente de cantidades menores; aniones como cloruro ( $\text{Cl}^-$ ), sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) y fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), cuyo exceso puede ser perjudicial para algunas plantas.

Los requerimientos de agua de los distintos sectores en cantidad y calidad, en tiempo y espacio, para propiciar el desarrollo económico y social es una demanda cada vez mayor. Es por ello que el cuidado de este preciado líquido y la preservación de la calidad del mismo resulta indispensable (Moya Talens, 2009).

El objetivo de este trabajo fue caracterizar las aguas de riego de chacras de productores hortícolas del cinturón verde de la ciudad de Corrientes Capital, a través de la determinación de parámetros físicos y químicos y clasificarlas empleando valores de referencia de uso universal.



**Figura 1.** Mapa zona de muestreo. Cinturón verde de Corrientes Capital. Fecha de imágenes 11/4/2013.  $27^\circ 31' 11.45'' \text{ S}$  -  $58^\circ 45' 33.09'' \text{ O}$ , elevación 61 m altura; ojo 14,39 km).

## 2. Materiales y métodos

### 2.1 Trabajo de campo

Se trabajó con muestras de agua extraídas de perforaciones, cuya profundidad promedio en todos los casos fue de 25 a 30 metros, en chacras de productores hortícolas, pertenecientes al Cinturón verde de la ciudad de Corrientes Capital, todos estos productores abastecen al Mercado Central de dicha localidad.

### 2.2 Ubicación de las chacras

Zona 1: 27° 31' 12.98" S; 58° 47' 53.83" O. En esta zona se tomaron las muestras 1 a 9.

Zona 2: 27° 32' 10.55" S; 58° 47' 6.02" O. De esta zona se sacaron las muestras 10 a 18.

Zona 3: 27° 32' 15.41" S; 58° 46' 18.19" O. A esta zona pertenecen las muestras 19 a 23.

En la Figura 1 se observa la ubicación de las mismas.

En las visitas a las chacras, previo a la toma de muestra, se realizó una encuesta (de rutina) a los productores para poder tener una referencia del manejo que se realiza, lo que contribuyó a interpretar los resultados de los análisis.

### 2.3 Toma de muestras

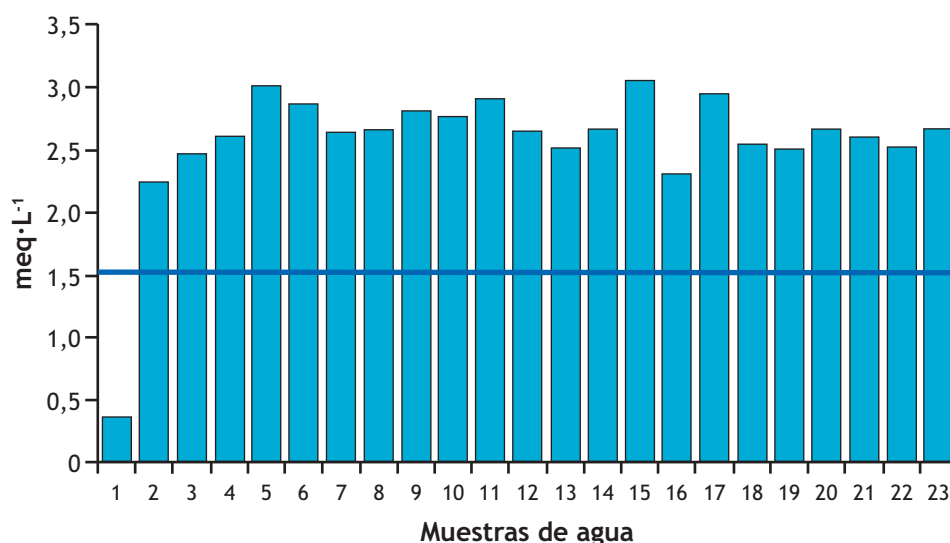


Figura 3. Valores de Alcalinidad de las muestras analizadas expresadas en meq·L<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub>.

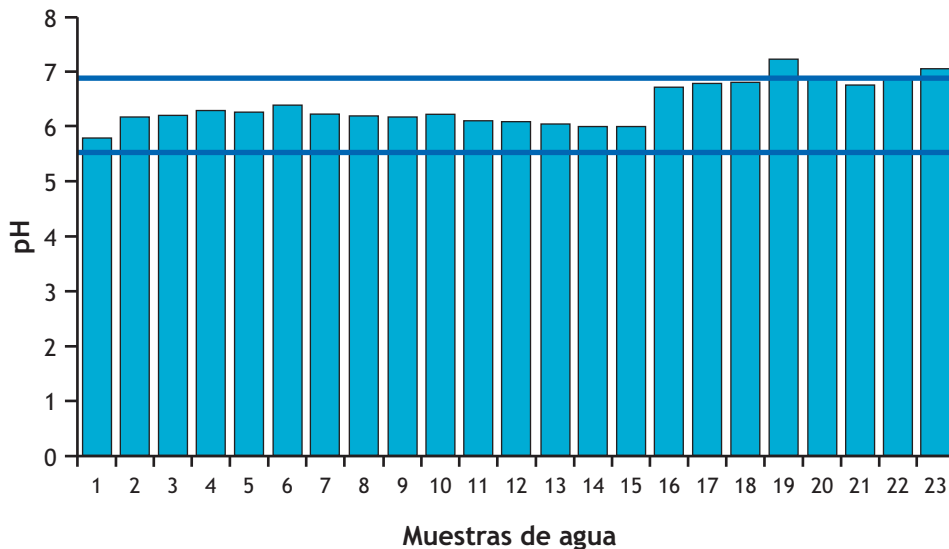


Figura 2. Valores de pH de las muestras analizadas.

Los pasos que se siguieron para la toma de la muestra para análisis fisicoquímico (Rodríguez *et al.*, 2012) son los siguientes:

1- La muestra se tomó de la cañería inmediata a la perforación, manteniendo la marcha de la impulsión un tiempo de tal manera de que esta muestra no contenga materia orgánica en descomposición y sea representativa de la fuente de agua.

En el caso de perforaciones nuevas se bombeó el tiempo suficiente hasta que el agua salió limpia, de manera de muestrear el agua del acuífero.

2- Se tomó la precaución de enjuagar el recipiente de muestreo tres veces con la misma agua de la perforación muestreada, desechando el agua de enjuague.

3- Se recogió la muestra tratando de no dejar cámara de aire, aunque se puede dejar un mínimo sin llenar que permita la variación de volumen debida a potenciales diferencias térmicas.

4- Se determinó *in situ* temperatura, pH y Conductividad eléctrica de la muestra.

5- Se cerró herméticamente el envase.

6- Se guardó la muestra en el interior de un vehículo en lugar fresco y se la llevó al laboratorio en el menor tiempo posible.

La temperatura se determinó con un termómetro de mercurio con bulbo, formado por un capilar de

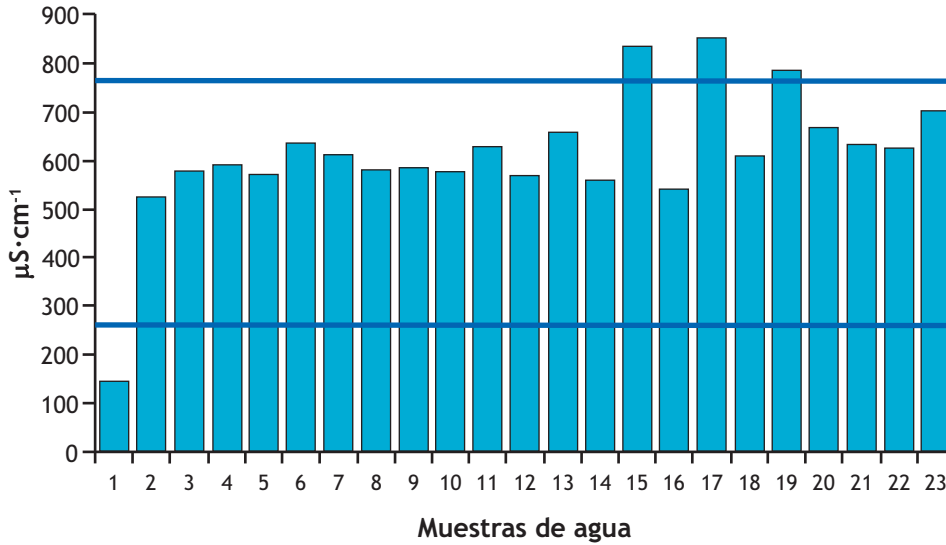


Figura 4. Valores de Conductividad eléctrica en  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ .

vidrio de diámetro uniforme, con escala Celsius.

El pH se determinó con un peachímetro, que consiste en un minivoltímetro con la escala graduada en unidades de pH, que mide la diferencia de potencial existente entre dos electrodos, uno de ellos de referencia, con lectura digital.

La conductividad eléctrica (CE) se midió con un conductímetro digital, basado en un puente de Wheatstone para medir la conductancia de la muestra, con corrección automática para la temperatura ya que las lecturas se refieren a 25 °C.

### 2.4 Trabajo de laboratorio

Se realizaron los siguientes análisis químicos:

Calcio y Magnesio: por Volumetría de Formación de complejos (APHA, 2005).

Sulfato: por Turbidimetría (Método ASTM D 516-90) (Annual book of Standards, 1994).

Alcalinidad: por volumetría de neutralización (APHA, 2005).

Sodio y Potasio: por espectrometría de absorción atómica (APHA, 2005).

Cloruros: por Volumetría de precipitación, Método de Mohr (APHA, 2005).

Fósforo: por Espectrofotometría de Absorción molecular: método del azul de molibdeno (APHA, 2005).

Nitrato: por Espectrofotometría de Absorción mo-

Tabla 1. Valores de referencia de bicarbonatos, para agua de riego (Aldana, 2011).

Peligro de bicarbonato en aguas de regadío en meq·L <sup>-1</sup>		
Ninguno	Ligero a moderado	Severo
< 1,5	1,5 - 7,5	> 7,5

## 3. Resultados y discusión

### 3.1 pH

Como se mencionó anteriormente, el pH se lo determina *in situ*, porque es un parámetro susceptible de sufrir modificaciones, ya que está controlado por una serie de reacciones que se producen durante su almacenamiento. Como podemos observar en la Figura 2, el pH de las muestras analizadas está dentro el rango óptimo para el cultivo de hortalizas, se puede considerar que todas las muestras son aptas para riego hortícola, con excepción de la muestra 19, la que superó levemente este rango; sin embargo, esta fuente de agua se utiliza para regar principalmente lechuga ya que es el cultivo que ocupa la mayor superficie en esta chacra, y cuyo pH óptimo es de 6,8 - 7,4 (Di Benedetto, 2009); por lo que no habría inconveniente en su uso.

### 3.2 Alcalinidad

En ninguna de las muestras de agua analizadas se detectó la presencia de carbonatos. En la Figura 3 se indican los valores de alcalinidad correspondientes a las muestras analizadas. Para calificar a las aguas

Tabla 2. Valores de Conductividad eléctrica y de Sólidos disueltos. (Canovas Cuenca, 1986).

Conductividad eléctrica		Contenido en sales disueltas
CE $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	Riesgo	mg·L <sup>-1</sup>
0 - 250	bajo	160
250 - 750	medio	160 - 480
750 - 2250	alto	480 - 1440
> 2250	muy alto	> 1440

lecular por el método del salicilato de sodio (Rodríguez *et al.*, 2005).

Para completar la caracterización de las muestras de agua se determinaron los siguientes índices:

La concentración total de sólidos disueltos (TSD) expresada en mg·L<sup>-1</sup>.

La relación de absorción de sodio (RAS).

Dureza expresada en grados hidrométricos franceses (GHF).

según su riesgo de bicarbonatos se tomó como referencia los valores propuesto por Aldana (2011) para agua de riego (Tabla 1).

Según esta clasificación, la mayoría de las muestras analizadas está dentro del rango de ligero a moderado peligro de bicarbonato en agua de riego; lo que podría tener como consecuencia la alcalinización y disminución de su fertilidad de los suelos, sólo la muestra 1 está muy por debajo del límite, la que se podría usar con los fines de riego sin riesgo de producir alcalinidad.

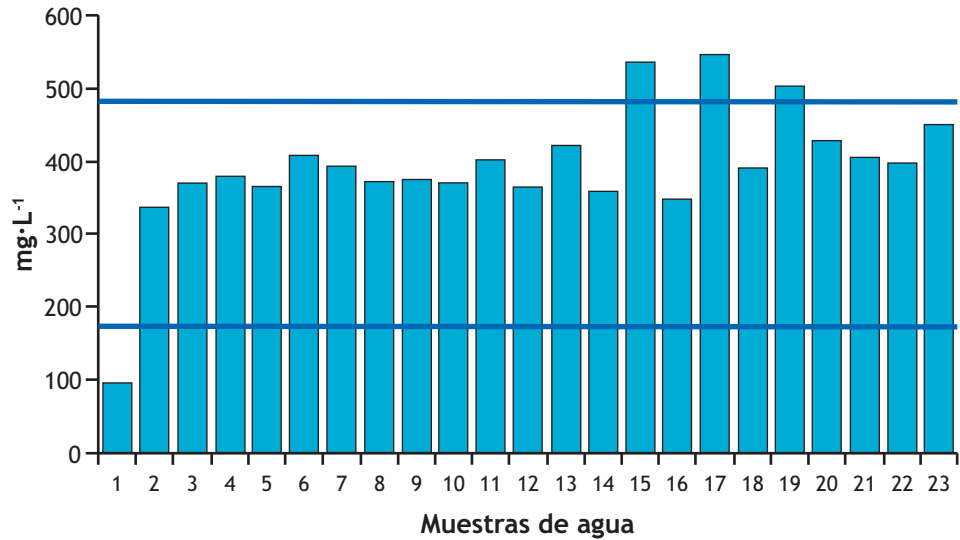
### 3.3 Conductividad eléctrica y Sólidos disueltos totales

Para determinar el riesgo de salinidad se clasificó según la propuesta de Cánovas Cuenca (1986) (Tabla 2). En la Figura 4 se pueden observar los valores de conductividad eléctrica correspondientes a las muestras analizadas.

La mayoría de las aguas analizadas presentan riesgo medio de salinidad, las que se pueden usar para regar la mayoría de los cultivos, siempre que el suelo fuera

**Tabla 3.** Diminución del rendimiento de cultivos hortícolas en función de la salinidad del agua de riego (CE). (Thompson & Troeh, 2004).

Cultivo hortícola	Disminución del Rendimiento (%)		
	10	25	50
	Salinidad agua de riego (CE dS·m <sup>-1</sup> )		
Brócoli	4,0	6,0	8,0
Calabaza	2,0	3,5	4,0
Coliflor	2,5	4,0	7,0
Cebolla	2,0	3,5	4,0
Espinaca	5,5	7,0	8,0
Melón	2,5	3,0	3,5
Lechuga	2,5	4,0	6,0
Pepino	2,5	3,0	4,0
Pimiento	2,0	3,0	5,0
Tomate	2,3	3,4	5,0
Zanahoria	1,0	3,0	4,0



**Figura 5.** Valores en mg·L<sup>-1</sup> de Sólidos disueltos totales.

permeable para evitar acumulación salina; sólo tres de las muestras (15, 17 y 19) presentan un riesgo alto de salinización y por lo tanto deben ser usadas con precaución, en suelo con buena permeabilidad, además de seleccionar un cultivo tolerante a la salinidad, porque pueden ser nocivas para algunas plantas. Una sola muestra (1) se clasifica como de bajo riesgo y puede ser usada para riego sin riesgo de salinización.

Siempre se debe tener en cuenta la tolerancia de los cultivos a la salinidad, para no caer en el fracaso productivo. En la Tabla 3 se presenta el porcentaje de pérdidas estimado para diferentes cultivos hortícolas.

Los sólidos disueltos totales nos dan idea de la acumulación de sales en el suelo, debido a la evapotranspiración del agua del suelo y no a la propia concen-

**Tabla 4.** Tolerancias de los cultivos hortícolas a la salinidad. (García, 2010).

Cultivos sensibles	Cultivos medianamente tolerantes	Cultivos resistentes
Poroto, lechuga, zanahoria, apio.	Rábano, batata, papa, cebolla, col, acelga, coliflor, brócoli, pimiento, melón, pepino, sandía, calabacín, arvejas o guisantes, habas.	Espárrago, espinaca, alcachofa, tomate.

**Tabla 5.** Valores RAS propuestos por Riverside.

Clase	Clasificación	RAS
S1	BAJA peligrosidad sódica	0 - 10
S2	MEDIANA peligrosidad sódica	10 - 18
S3	ALTA peligrosidad sódica	18 - 26
S4	MUY ALTA peligrosidad sódica	> 26

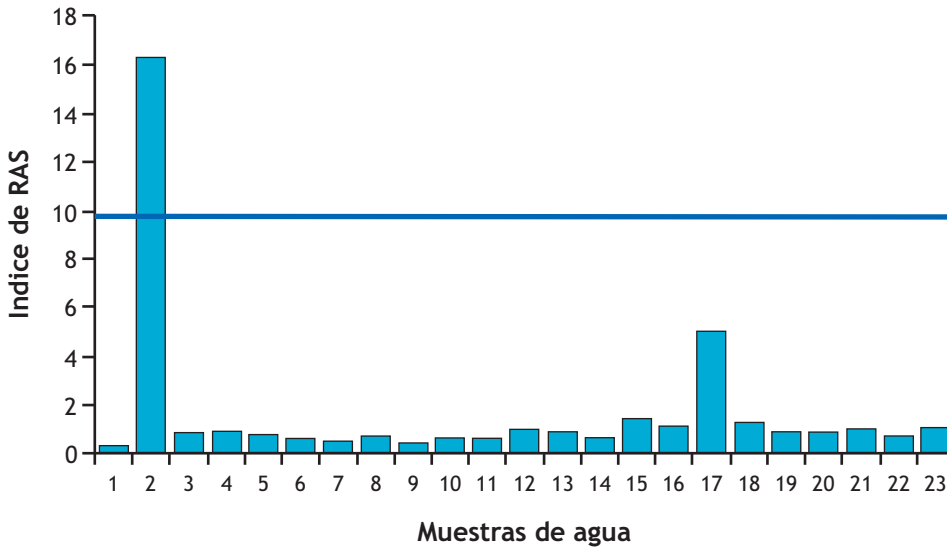


Figura 6. Valores de RAS de las muestras analizadas.

tración de sales en el agua de riego. Como podemos observar en la Figura 5, sólo las muestras 15, 17 y 19 podrían presentar acumulación de sales al tener una concentración mayor a los 450 mg·L<sup>-1</sup> y pueden formar depósitos en hojas y frutas si se usa riego por aspersión y también pueden obstruir los aspersores, por lo que puede ser necesario cambiar a una forma alternativa de riego.

Hay que aconsejar al productor hortícola que se asesore con respecto al cultivo, para saber la tolerancia que tienen las distintas hortalizas con respecto a la salinidad.

En la Tabla 4 se muestran las distintas tolerancias de los cultivos hortícolas a la salinidad.

### 3.4 Relación absorción sodio (RAS)

El laboratorio de salinidad de Riverside clasifica la peligrosidad de la sodificación del suelo por el agua de riego en función del índice de RAS, como se observa en la Tabla 5. En la Figura 6 se observan los valores de RAS correspondientes a las muestras analizadas.

Todas las muestras, excepto la 2, se encuentran

dentro de la clasificación S1 que es agua de baja peligrosidad sódica, las que pueden usarse en casi todos los suelos sin riesgo de que el nivel de sodio de intercambio se eleve demasiado.

La muestra 2 está en la clase S2: clasificándose como agua de mediana peligrosidad sódica, la que se puede usar en suelos de textura gruesa o con buena permeabilidad. En suelos de textura fina o con drenaje deficiente, puede elevarse el sodio de

intercambio; este efecto se ve atenuado en suelos con yeso.

### 3.5 Dureza

Este parámetro es importante para aguas subterráneas ya que la misma no está en relación con la C.E. sino que depende del tipo de depósito geológico que el agua ha atravesado en su paso hacia la fuente de agua.

Como se observa en la Figura 7, las muestras 3, 4, 5, 6, 8 y 12 son aguas duras (Tabla 6) las que podrían ocasionar problemas como obturaciones en cañería en caso de usar riego por goteo o inconvenientes con la aplicación de agroquímicos. Estas aguas son poco recomendables en suelos fuertes y compactos, pero, sin embargo, son aconsejables para rescatar suelos sódicos; las muestras 2, 9, 10, 11, 13, 16 y 18 son medianamente duras, si bien las mismas no presentarían mayores problemas en su uso, se recomienda controlar los equipos de riego; el resto de las muestras son medianamente blandas, las que podrían usarse para riego sin riesgo.

Tabla 6. Cuadro indicativo de valores de dureza. (Canovas Cuenca, 1986).

Tipo de agua	Grados Hidrométricos Franceses
Muy blanda	Menor a 7
Blanda	7 - 14
Medianamente blanda	14 - 22
Medianamente dura	22 - 32
Dura	32 - 54
Muy dura	Mayor a 54

Tabla 7. Intervalos óptimos en agua de riego. (Ayers & Westcot, 1985).

Parámetro de calidad de agua	Símbolo	Unidades	Intervalo óptimo en agua de riego
Sodio	Na <sup>+</sup>	meq·L <sup>-1</sup>	0 - 40
Cloruro	Cl <sup>-</sup>	meq·L <sup>-1</sup>	0 - 30
Sulfato	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	meq·L <sup>-1</sup>	0 - 20
Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg·L <sup>-1</sup>	0 - 10
Fosfatos	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg·L <sup>-1</sup>	0 - 2
Potasio	K <sup>+</sup>	mg·L <sup>-1</sup>	0 - 2

### 3.6 Análisis de cationes y aniones

Para detectar el riesgo de toxicidad de iones se evaluaron otros parámetros, como Fosfatos, Cloruros, Nitratos, Sulfatos, Sodio y Potasio siguiendo la propuesta de Ayers y Westcot (1985) según se señala en la Tabla 7.

Según esta clasificación, la muestra 1 presentó valores de concentraciones de nitratos muy por encima del intervalo óptimo de 87 mg·L<sup>-1</sup>, a la cual se debería prestar atención, ya que es difícil precisar el origen de la contaminación. Los nitratos en aguas subterráneas pueden deberse a procesos naturales o a un efecto directo o indirecto de las actividades humanas. El resto de los aniones analizados no superaron los valores óptimos.

En cuanto a los cationes Sodio y Potasio analizados, podemos decir que las concentraciones de sodio no implican riesgo de toxicidad para las plantas, no así las concentraciones encontradas de potasio que en todos los casos superaron los valores óptimos. Sin embargo, un estudio realizado por García (2012) indicó que las soluciones con mayor cantidad de potasio aumentaron el rendimiento por planta, mientras el consumo de agua permaneció constante. Por lo tanto, las plantas bien abastecidas de potasio consumieron menos agua por gramo de materia seca producida; lo que representaría menos costo de riego por tonelada producida con una mayor eficiencia del uso del agua por superficie cultivada (Tabla 8).

### 4. Conclusiones

En base a los resultados obtenidos en los distintos análisis de las aguas muestreadas, se puede decir que todas están dentro del rango óptimo de pH para riego

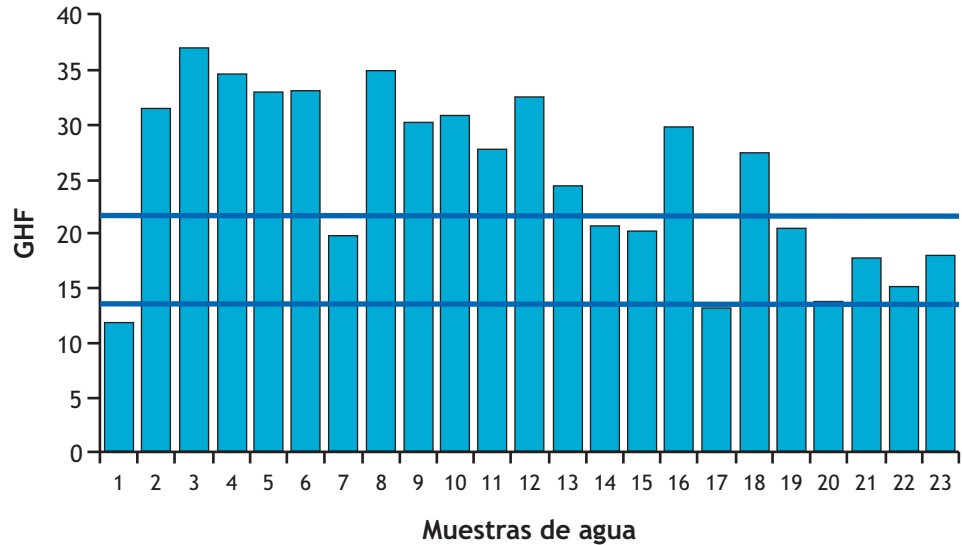


Figura 7. Valores de dureza de las muestras analizadas, en Grados Hidrotimétricos Franceses.

de cultivos hortícolas; siempre hay que seguir las recomendaciones de pH del agua de riego y del sustrato dependiendo del tipo de plantación.

En cuanto a los valores de conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales, las aguas analizadas pueden ser utilizadas para el riego de la mayoría de los cultivos hortícolas, salvo las correspondientes a las muestras 15, 17 y 19, cuyo uso estaría condicionado al manejo del cultivo y con utilización de cultivos tolerantes a la salinidad.

Según la alcalinidad y el índice RAS, las aguas analizadas en este trabajo no serían una limitante para el riego, pero en cuanto a la dureza, sus valores indican que no hay que despreciar este parámetro a la hora de planificar el mismo (sistema, periodicidad, efectos sobre el cultivo, etc.), ya que en el riego a presión por goteros no es conveniente utilizar aguas que superen los 50 GHF, pues aumenta significativamente el riesgo de obturaciones en las tuberías y emisores.

Las concentraciones de cationes y aniones de las aguas analizadas nos indican que no hay riesgo de toxicidad. En todas las muestras, a excepción de la muestra 1, se recomienda repetir el análisis de nitratos de la misma y controlar estos parámetros a corto plazo; ya que la concentración encontrada supera el óptimo, lo que podría deberse a un uso inadecuado de

Tabla 8. El potasio y su eficiencia por gramo de remolacha producida. (García, 2012).

Dosis de potasio (meq·L <sup>-1</sup> )	Peso por planta (g)	Agua consumida por planta (L)	Gramos de agua por gramos de remolacha producida
0,2	392	27,8	71
1,0	602	27,7	46
5,0	647	27,2	42



fertilizantes nitrogenados o abonos. No obstante en todos los casos el análisis de agua se debe realizar a corto, medio y largo plazo para asegurarnos la validez de dicha agua para fines de riego.

## 5. Bibliografía

- Aldana, J.M. 2011. Agua de Riego A71, Laboratorios A-L de México, S.A. de C.V. Guadalajara, México. Disponible en: <http://www.allabsmexico.com.mx> Consultado: 20/05/14
- American Society for testing and Materials. 1994. Annual book of Standards. Determinación de Sulfatos por turbidimetría en agua. Método ASTM D 516-90.
- American Public Health Association (APHA). 2005. American Water Works Association and Water Pollution Control Federation. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 17<sup>th</sup> ed., Washington, D.C. USA. Parte 9000.
- Ayers, R.S. & Westcot, D.W. 1985. Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper N° 29, Roma, Italia.
- Canovas Cuenca, J. 1986. Calidad Agronómica de las aguas de riego. Publicaciones de extensión agraria. Madrid (España). 55 páginas.
- Casas, A.; Tapis, J.; Bustamante Gutiérrez, I.; Iglesias Martín, J.A.; De Miguel, A.; Lillo Ramos, J.; Leal Meca, M.; Candela Lledo, L.; Cabrera Santana, M.C.; Palacios, M.P.; Salas, J.J. & Martín, I. 2010. Guía metodológica para el uso de las aguas regeneradas en riego y recarga de acuíferos.
- Di Benedetto, A. 2009. "Manejo de cultivos hortícolas". Bases ecofisiológicas y tecnológicas. Buenos Aires: Orientación Gráfica, pág. 373 ISBN 987-9260-30-9.
- Dickson, T.R. 2008. Química: un enfoque ecológico. México. Ed. Limusa. p. 80-102.
- García, A.G. 2010. Planificación de cultivos hortícolas. Información técnica. Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural del Cabildo Insular de Tenerife.
- García, A.O. 2012. Criterios modernos para evaluación de la calidad del agua para riego. Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica (IAH-6). Primera parte. International Plant Nutrition Institute (IPNI). Páginas 27-36.
- González, M.J. 2012. La importancia de conocer el agua para el riego de superficies de césped natural. Blog Waterandturf Group. Disponible en: <http://www.waterandturf.com/la-importancia-de-conocer-el-agua-para-el-riego-de-superficies-de-césped-natural-parte-1> Consultado: 15/04/14
- Levy, G.J. 2000. Sodicity. p. G-27:G-55. En: Sumner M.E. (Ed.). Handbook of Soil Science, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Molina, N.; Altamirano, J. & Pacheco, R. 2010. Proyecto Regional Hortícola Campaña Hortícola 2009. Seguimiento económico, Bella Vista, 27/05/2010. (INTA EEA Bella Vista).
- Molina, N.; Verón, R. & Altamirano, J. 2011. Producción Hortícola Correntina. Análisis técnico y económico del pimiento en la campaña 2010. INTA - Estación Experimental Agropecuaria Bella Vista - Centro Regional Corrientes. ISSN 1515-9299 Publicación Técnica N° 41.
- Moya Talens, J.A. 2009. Riego localizado y fertirrigación. 4<sup>a</sup> ed Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. 534 páginas.
- Mujeriego, R. 1990. Manual Práctico de Riego con Agua Residual Municipal Regenerada. Ediciones de la Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona.
- Rodríguez, S.C.; Fernández, J.A. & Martínez, G. 2005. Validación Interna de un método para la Determinación de Nitratos en Agua - XX Congreso Nacional del Agua. III Simposio de Recursos Hídricos del Cono Sur. Provincia de Mendoza. República Argentina. Libro de resúmenes, trabajo 139.
- Rodríguez; S.C.; Acevedo, H.; De Asmundis, C. & Martínez, G. 2012. "Clasificación salina y sódico de agua de zonas hortícolas". En fuentes de agua subterráneas, de la Provincia de Corrientes, República Argentina. Editorial Académica Española (eae). ISBN: 978-3-8473-6073-5. p.15-16.
- Sancha, A.M.; Castillo, G.; Espinoza, C.; Mena, M.P.; Cornejo, J.; Rivas, H.; Molina, M.E.L. 2005. Criterios de calidad de aguas o efluentes tratados para uso en riego. Informe final marzo 2005. División de Recursos Hídricos y Medio Ambiente Departamento de Ingeniería Civil Universidad de Chile.
- Soria, C.B. & Oloverti, J.M. 2002. "Cultivo sin Suelo de Hortalizas". Aspectos Prácticos y Experiencias. Serie de divulgación técnica Ed Generalitat Valenciana. Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación. Valencia. ISBN: 84-482-3145-7; 110 pág.
- Suárez, D.L. & Lebron, I. 1993. Water quality criteria for irrigation with highly saline water. In: Towards the rational of high salinity tolerant plants. Vol.: 389-397.
- Thompson, L.M. & Troeh, R.F. 2004. Los suelos y su

*Fogar, C.G.; Rodríguez, S.C. y Schroeder, M.A. - Características del agua para riego hortícola del cinturón verde de Corrientes*

fertilidad. Editorial Reverté. Madrid. España. p. 250.

Torres, A.; Lopez, R. & Mickelbart, M.V. 2011. Manejo de Alcalinidad en sustratos hidropónicos. Departamento de Horticultura y Arquitectura de Áreas

Verdes, Purdue University. P 34-38.

Usón, M.A.; Boixadera, L.N.; Bosch, S.A. & Martín, E.A. 2010. Tecnología de suelos: estudio de casos. Editorial Universidad de Zaragoza. Zaragoza, España. p.187.