



CALIDAD DE LAS AGUAS DE LA CUENCA DEL RÍO NARANJO, MUNICIPIO MAJIBACOA, PROVINCIA LAS TUNAS PARA EL RIEGO

Water quality for irrigation of the Naranjo river watershed, municipality Majibacoa, province Las Tunas

Carlos Balmaseda Espinosa[✉] y Yoandris García Hidalgo

ABSTRACT. The water quality is one of the studied elements when the watershed sustainability is valued. The objective of this research was to evaluate the water suitability for irrigation of the Naranjo river watershed. A sampling of six representative points of the watershed (three surfaces and three grounds) was carried out. The water quality was defined based on the guidelines of FAO and other specific indicators for irrigation. The ground waters are unsuitable for the irrigation of agricultural crops and the superficial ones have slight restrictions to moderate. Danger of alkalization of soils product of the bicarbonate concentrations exists in the waters. On the other hand the sodium of the waters can pass to the soil solution and to substitute to the calcium and the magnesium causing the degradation of the soils.

Key words: water, irrigation, water quality, watershed, rivers

RESUMEN. La calidad de las aguas es uno de los elementos estudiados cuando se valora la sostenibilidad de las cuencas. El objetivo de esta investigación fue evaluar la aptitud de las aguas de la cuenca del río Naranjo, en la provincia Las Tunas, con fines de riego. Para el estudio, se tomaron seis puntos representativos de la cuenca (tres superficiales y tres subterráneos). El muestreo se hizo en dos momentos, húmedo y seco. La calidad se definió en base a los criterios de FAO y otros indicadores específicos para el riego. Las aguas de las fuentes subterráneas son no aptas para el riego de los cultivos agrícolas y las superficiales tienen restricciones ligeras a moderadas. Existe peligro de alcalinización de los suelos producto de las concentraciones de bicarbonato en las aguas. Por otra parte el sodio de las aguas puede pasar a la solución del suelo y sustituir al calcio y el magnesio causando la degradación de los suelos.

Palabras clave: agua, riego, calidad del agua, cuenca hidrológica, ríos

INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento fundamental para la vida de los seres humanos, está presente en todas las actividades que realizan y hasta hoy no se conoce otra sustancia que pueda sustituirla, por esa razón, se considera que es el recurso que definirá el desarrollo sostenible.

La disponibilidad y calidad de las aguas son indicadores empleados para calcular el índice de sostenibilidad ambiental que considera la habilidad de los países para proteger el medio ambiente en las próximas décadas (1). Esos parámetros son identificados por las Naciones Unidas para definir el desarrollo sostenible. De ahí la importancia de su estudio en las cuencas hidrográficas.

Estudios sobre la aptitud de las aguas para diversos usos se pueden encontrar en la literatura. La aptitud de las aguas de lluvia cosechadas en viviendas del suroeste francés, fueron estudiadas por varios autores (2), las características físico-químicas son adecuadas; sin embargo, no cumplen los requerimientos para el consumo humano por los niveles de contaminación bacteriana que presentan.

La calidad de las aguas subterráneas con el fin de conocer la afectación que pudieran provocar actividades de minería en la Cuenca Carbonífera del Bierzo (León, España) fue evaluada por otros autores (3), cuya conclusión más relevante es que no encontraron contenidos anormalmente elevados de metales pesados.

La caracterización físico-química del agua del río Grande en Argentina con vistas a establecer la línea base ambiental y la vulnerabilidad del sistema hídrico estudiado, de manera que se pueda mejorar la gestión de la cuenca fue determinada por (4).

Las aguas usadas para el riego y las excedentes del drenaje en la cuenca Del Reguero, España, para conocer la dinámica del transporte de fósforo de los suelos y su contribución en la contaminación de las aguas

Dr.C. Carlos Balmaseda Espinosa, Profesor Titular del Departamento de Riego, Drenaje y Ciencias del Suelo de la Facultad de Agronomía, Universidad Agraria de La Habana. Autopista Nacional y carretera de Tapaste, San José de las Lajas, Mayabeque; M.Sc. Yoandris García Hidalgo, Profesor Asistente de la Facultad de Agronomía, Universidad de Las Tunas, Las Tunas, Cuba.

✉ cbalma@unah.edu.cu; yoandrisgh@ult.edu.cu

superficiales por este elemento que facilita el aumento de la eutrofización fueron caracterizadas por (5, 6). Un trabajo similar fue ejecutado en sistemas de arroz, en clima mediterráneo (7).

La variación temporal del almacenamiento de solutos y su pérdida a través de las aguas de drenaje en praderas canadienses, fueron determinadas por autores que llegaron a la conclusión de que la calidad de esas aguas fue un factor fundamental para predecir con exactitud la exportación de nutrientes, sales y bacterias de las tierras bajas (8).

La aptitud de aguas para emplearlas en el riego de jardines también ha sido estudiada¹. Este autor propuso la calidad de las aguas como uno de los criterios de sostenibilidad en el manejo del recurso hídrico en áreas con sistemas de plantas ornamentales.

Investigaciones relacionadas sobre la calidad de las aguas para cultivos agrícolas fueron realizadas por Herrera (2011)² y Orozco (2011)³ al evaluar las aguas subterráneas de diversas cuencas en Guatemala.

La calidad del agua para riego depende del contenido y tipo de sales (9). Según este autor los problemas más comunes derivados de la calidad del agua se deben a los siguientes efectos:

- ◆ **Salinidad:** a medida que aumenta el contenido de sales en la solución del suelo, se incrementa la tensión osmótica y, por tanto, la planta tiene que hacer mayor esfuerzo para absorber el agua por las raíces, o sea, disminuye la cantidad de agua disponible para las plantas.
- ◆ **Infiltración del agua en el suelo:** contenidos relativamente altos de sodio y bajos de calcio provocan que las partículas de suelo tiendan a disgregarse, ocasionando una reducción en la velocidad de infiltración del agua, que puede implicar poca disponibilidad de agua en el suelo.
- ◆ **Toxicidad:** algunos iones, tales como sodio, cloro y boro, se pueden acumular en los cultivos en concentraciones suficientemente altas como para reducir el rendimiento de las cosechas, además facilitan la obstrucción de algunos sistemas de riego.
- ◆ **Otros efectos:** en ocasiones hay que considerar los nutrientes contenidos en el agua de riego, con el fin de restringir la fertilización o porque produzcan excesos contraproducentes. Otras veces pueden producir corrosión excesiva en el equipo de riego, aumentando costos de mantenimiento.

¹Ruiseco, D. Aplicación de criterios sostenibles en el riego de jardines del campus universitario de Alcalá de Henares. [Tesis de Maestría]. Universidades Alcalá de Henares y Rey Juan Carlos. Alcalá de Henares, España. 2009. 74 p.

²Herrera, I. R. Estrategia para el aprovechamiento sostenible del recurso hídrico subterráneo en la subcuenca de los ríos Pansigüís y Cushapa en el departamento de Jalapa, Guatemala. [Tesis de Doctorado]. Universidad de Ciego de Ávila; Ciego de Ávila, Cuba. 2011. 108 p.

³Orozco, E. O. Programa de acciones de gestión integral del uso del agua subterránea del valle de Chimaltenango, Guatemala. [Tesis de Doctorado]. Universidad de Ciego de Ávila; Ciego de Ávila, Cuba. 2011. 102 p.

Son tres los criterios generales que se emplean para evaluar la aptitud del agua para el riego agrícola, en correspondencia con los efectos mencionados en el párrafo anterior. Se plantea que cada criterio puede ser valorado en función de diversos indicadores⁴, como aparece a continuación:

1. Contenidos de sales solubles: Sales Solubles Totales (SST), Conductividad Eléctrica (CE), Salinidad Efectiva (SE) y Salinidad Potencial (SP).

La salinidad efectiva es la estimación del peligro que representan las sales solubles del agua de riego al pasar a formar parte del agua del suelo, pues toma en cuenta la precipitación ulterior en forma de sales menos solubles. Por consiguiente, dejan de participar en la elevación de la presión osmótica de la solución del suelo.

La salinidad potencial sigue una secuencia con respecto al anterior, ya que una vez precipitadas las sales menos solubles, quedarán en solución, cloruros y sulfatos. Estas aumentan considerablemente la presión osmótica y actúan a bajos niveles de humedad. La salinidad potencial nos da una medida del peligro de estas últimas sales.

2. Efecto probable del sodio sobre las características físicas de los suelos: Relación de adsorción de sodio (RAS) y Porcentaje de Sodio Posible (PSP).

Relación de Adsorción de Sodio: en este caso es preferible ajustar la concentración de calcio (Cax) en el agua al valor de equilibrio esperado después del riego. Este procedimiento denominado RAS corregida (RASx) supone la existencia de una fuente de calcio en el suelo, como la caliza (CaCO₃) u otros minerales como los silicatos y la inexistencia de precipitación del magnesio (10).

Porcentaje de sodio posible: este indicador valora el peligro de sustitución del calcio y el magnesio del complejo de cambio por el sodio, comienza cuando el contenido de sodio en solución representa más del 50 % de los cationes disueltos.

3. Contenidos de elementos tóxicos para la planta: Contenido de cloruros, sodio y bicarbonatos.

Las concentraciones de estos iones son importantes en función del método de riego empleado.

La cuenca del río Naranjo es una de las más importantes de la provincia Las Tunas, cubre la casi totalidad del municipio Majibacoa (95 %), por tanto abastece a una población superior a los 42000 habitantes y a diversas entidades agropecuarias. En muchas de ellas se emplea el riego para suplir las necesidades hídricas de los cultivos sin haber evaluado la calidad de las aguas, o sea, no se conoce si cumplen los requisitos establecidos para ser utilizadas en la irrigación. Esta investigación tiene como objetivo realizar un análisis físico-químico de las aguas de la cuenca del río Naranjo para evaluar su aptitud con fines de riego.

⁴Medrano, W. Evaluación de la calidad de aguas residuales de la planta de tratamiento de Alba Rancho (SEMAPA) con fines de riego. [Tesis Maestría Profesional]. ITC. Holanda. 2001. 42 p.

MATERIALES Y MÉTODOS

La zona de estudio se localiza entre las coordenadas: 20°39' 00"-21°01' 00" latitud norte y 76°36' 30"-76°52' 30" longitud oeste, en el municipio Majibacoa, provincia Las Tunas. Su superficie es de 412,8 km², por lo que representa el 7,8 % de la cuenca del río Cauto de la cual es tributaria.

TOMA DE MUESTRAS

Se seleccionaron seis puntos de muestreo representativos de la cuenca, tres superficiales y tres subterráneos (Tabla I y Figura 1). Los puntos se encuentran en la zona central de la cuenca y no pertenecen a la red de calidad del Instituto de Recursos Hidráulicos.

Tabla I. Puntos de muestreo de las aguas

| Código de la muestra | Muestras |
|----------------------|---------------------------------|
| 1 | Pozo UBPC Waldemar Díaz |
| 2 | Pozo Semiprotegido |
| 3 | Pozo Las Parras |
| 4 | Río Naranjo (Pto de muestreo 1) |
| 5 | Río Naranjo (Pto de muestreo 2) |
| 6 | Presa Blanca Rosa |

El muestreo se hizo en dos momentos, vinculados a los períodos húmedos y secos (20/09/2011 y 9/01/2012, respectivamente), según la NC-93-02 (1985)⁵. El volumen tomado por cada fuente fue de 2,5 litros, para facilitar la realización del análisis, según el Manual de Técnicas Analíticas elaborado por Paneque *et al.* (2005)⁶.

DETERMINACIONES FÍSICO-QUÍMICAS

Las determinaciones de pH, temperatura y conductividad eléctrica se realizaron *in situ*, mediante un potenciómetro (pH metro manual de lectura digital marca Pocket-Sized chino⁷), un medidor de temperatura y un conductímetro modelo HI-8424, marca HANNA, con su escala calibrada para leer directamente conductancias. Los resultados se expresan en unidades de pH a la temperatura de 25°C, con una precisión de ± 0,05 unidades.

⁵ Oficina Nacional de Normalización. Norma cubana de agua potable. NC 93-02. La Habana, Cuba; 1985. p. 8.

⁶ Paneque, V. M.; Calderón, M.; Calaña, J. M.; Borges, Y. y Caruncho, M. Manual de técnicas analíticas para el análisis de las aguas residuales. Laboratorio de Análisis Químico. La Habana, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas; 2005. p. 50.

⁷ La mención de marcas comerciales de los equipos e instrumentos obedece únicamente a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con sus fabricantes

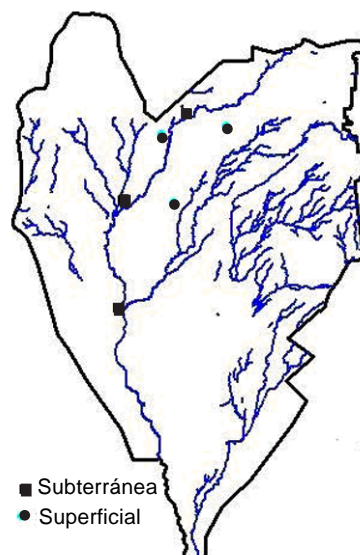


Figura 1. Ubicación espacial de los puntos de muestreo

Las determinaciones de elementos mayoritarios (bicarbonatos, carbonatos, sulfatos, cloruros, sodio, potasio, calcio y magnesio) se hicieron según métodos estandarizados para el análisis físico-químico en el laboratorio de la Delegación Provincial de Recursos Hidráulicos de la provincia Las Tunas.

INDICADORES DE CALIDAD DE LAS AGUAS PARA EL RIEGO

Para determinar la aptitud del agua para el riego se utilizaron los siguientes criterios:

1. Diagrama de Wilcox: para determinar la clasificación de las aguas de acuerdo a sus contenidos de sales solubles totales y de sodio.
2. Salinidad efectiva (SE)*.

- a) Si el $Ca^{2+} > CO_3^{2-} + HCO_3^- + SO_4^{2-}$ entonces:

$$SE = \sum (CO_3^{2-} + HCO_3^- + SO_4^{2-})$$

- b) Si el $Ca^{2+} < CO_3^{2-} + HCO_3^- + SO_4^{2-}$ pero $Ca^{2+} > (CO_3^{2-} + HCO_3^-)$ entonces:

$$SE = \sum Ca^{2+}$$

- c) Si el $Ca^{2+} < CO_3^{2-} + HCO_3^-$ pero $Ca^{2+} + Mg^{2+} > CO_3^{2-} + HCO_3^-$ entonces:

$$SE = \sum (CO_3^{2-} + HCO_3^-)$$

- d) Si el $Ca^{2+} + Mg^{2+} < CO_3^{2-} + HCO_3^-$ entonces:

$$SE = \sum (Ca^{2+} + Mg^{2+})$$

3. Salinidad potencial (SP):

$$SP = Cl^- + \frac{SO_4^{2-}}{2}$$

*En todos los casos las concentraciones de los iones se expresan en me.L⁻¹.

4. Relación de Adsorción de Sodio corregida (SARx):

$$SARx = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}$$

5. Porcentaje de Sodio Posible (PSP):

$$PSP = \frac{Na^+}{SE} * 100$$

6. Coeficiente de irrigación (Ka):

a) $Na < Cl^-$; el coeficiente viene dado por la expresión:

$$Ka = \frac{288}{SCI^-}$$

b) $Cl^- + SO_4^{2-} > Na^+ > Cl^-$ el coeficiente vendrá expresado por:

$$Ka = \frac{288}{Na^+ + 4Cl^-}$$

c) $Na^+ > Cl^- + SO_4^{2-}$ el coeficiente viene dado por:

$$Ka = \frac{288}{10Na^+ - 5Cl^- + 95SO_4^{2-}}$$

7. Índice de saturación de Langelier (IL):

$$IL = pH_{real} - pH_c$$

pH_c : es un valor teórico calculado del pH del agua de riego en contacto con calcio y en equilibrio con el CO_2 de suelo. Se halla en función de los cationes calcio, magnesio y sodio, y los aniones carbonato y bicarbonato según (9).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla II se puede apreciar la composición físico-química de las aguas de las fuentes estudiadas en la cuenca del río Naranjo. Las filas Húmedo y Seco identifican las fechas de muestreo.

CRITERIOS GENERALES DE FAO

Los valores de cada variable de la Tabla II fueron analizados según las directrices para interpretar la calidad de las aguas para riego (10).

El pH de las fuentes superficiales es superior al de las subterráneas en ambas fechas de muestreo. Sin embargo, en todos los casos se obtuvo valores inferiores al umbral (8,4) para aguas de regadío. En el período seco se incrementó el pH, debido al aumento de las concentraciones de todos los iones, a excepción de magnesio y potasio. La tendencia a la alcalinidad de las aguas debe estar relacionada con la elevación de las concentraciones de los iones bicarbonato y sodio, coincidiendo con (4) que plantean que si el bicarbonato es el ión predominante implicará un aumento de pH. Es necesario llamar la atención de la posible degradación de los suelos por alcalinidad debido al riego con aguas de esas características.

Tabla II. Composición físico-química de las aguas en seis de las fuentes de abasto para uso agrícola en la cuenca del río Naranjo

| Variables | Unidades | Período | Muestras | | | | | |
|-------------------------|--------------------|---------|----------|-------|-------|-------|------|-------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| pH | U | Húmedo | 7,52 | 7,54 | 7,32 | 7,85 | 8,03 | 7,99 |
| | | Seco | 8,11 | 8,25 | 7,79 | 8,33 | 8,32 | 8,05 |
| Conductividad Eléctrica | dS/m ⁻¹ | Húmedo | 2,96 | 2,98 | 5,51 | 0,71 | 0,92 | 0,92 |
| | | Seco | 3,81 | 2,96 | 1,84 | 1,35 | 1,15 | 1,14 |
| Calcio | me.L ⁻¹ | Húmedo | 5,80 | 5,90 | 28,60 | 1,85 | 1,75 | 1,75 |
| | | Seco | 4,45 | 7,05 | 3,65 | 2,00 | 2,30 | 2,00 |
| Magnesio | me.L ⁻¹ | Húmedo | 8,43 | 8,35 | 19,09 | 0,91 | 1,82 | 1,82 |
| | | Seco | 4,38 | 8,51 | 6,03 | 1,49 | 1,57 | 1,32 |
| Sodio | me.L ⁻¹ | Húmedo | 18,09 | 18,61 | 10,17 | 4,39 | 5,35 | 5,35 |
| | | Seco | 32,26 | 12,43 | 8,57 | 10,22 | 8,57 | 11,87 |
| Potasio | me.L ⁻¹ | Húmedo | 0,03 | 0,03 | 0,15 | 0,20 | 0,13 | 0,13 |
| | | Seco | 0,03 | 0,10 | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,10 |
| Carbonatos | me.L ⁻¹ | Húmedo | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | Seco | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Bicarbonato | me.L ⁻¹ | Húmedo | 12,38 | 12,43 | 4,87 | 4,59 | 4,30 | 4,30 |
| | | Seco | 16,18 | 8,46 | 6,82 | 8,30 | 5,21 | 8,43 |
| Sulfato | me.L ⁻¹ | Húmedo | 3,88 | 3,98 | 4,63 | 0,58 | 1,29 | 1,29 |
| | | Seco | 7,54 | 3,15 | 2,00 | 1,40 | 1,63 | 1,42 |
| Cloruro | me.L ⁻¹ | Húmedo | 8,90 | 12,20 | 34,87 | 1,94 | 3,38 | 3,49 |
| | | Seco | 15,10 | 16,45 | 9,30 | 4,17 | 4,73 | 4,17 |

Las tres fuentes subsuperficiales (muestras 1, 2 y 3) tienen conductividad eléctrica cercana o mayor que $3,0 \text{ dS.m}^{-1}$, lo cual las hace no aptas para el riego, por ello poseen restricciones severas para su uso. Las limitaciones de las fuentes superficiales son ligeras a moderadas.

El magnesio cuyo umbral es 5 meq.L^{-1} también es alto en las fuentes subterráneas. El bicarbonato es alto ($> 10 \text{ meq.L}^{-1}$) en los dos primeros pozos. En el tercer pozo (muestra 3) el calcio y los cloruros sobrepasan los límites permisibles (20 y 30 meq.L^{-1} , respectivamente). Las fuentes superficiales no presentan problemas según los umbrales de estos iones.

INDICADORES DE APTITUD DE LAS AGUAS PARA EL RIEGO

Los criterios analizados en el punto anterior restringen el uso de estas aguas para el riego; sin embargo, se hizo un análisis más detallado con el empleo de otros indicadores y criterios más específicos para ver cuán perjudicial puede ser el uso agrícola de este recurso, los resultados se muestran en la Tabla III.

SALINIDAD

Los valores de SST y RAS son incluidos en el diagrama de Wilcox para clasificar las aguas con fines de riego. En la Figura 2 se puede observar que las fuentes superficiales son altamente salinas (C3) y las subterráneas son extremadamente salinas (C4), por tanto el peligro de salinización de los suelos al regar con estas aguas es alto o muy alto. En cuanto al sodio, las fuentes superficiales en el período húmedo tienen baja sodicidad (S1), en el resto la sodicidad es media (S2) e incluso hay un caso de muy alta sodicidad (S4). Esto indica que los peligros de alcalinización de los suelos provocados por el sodio son medios.

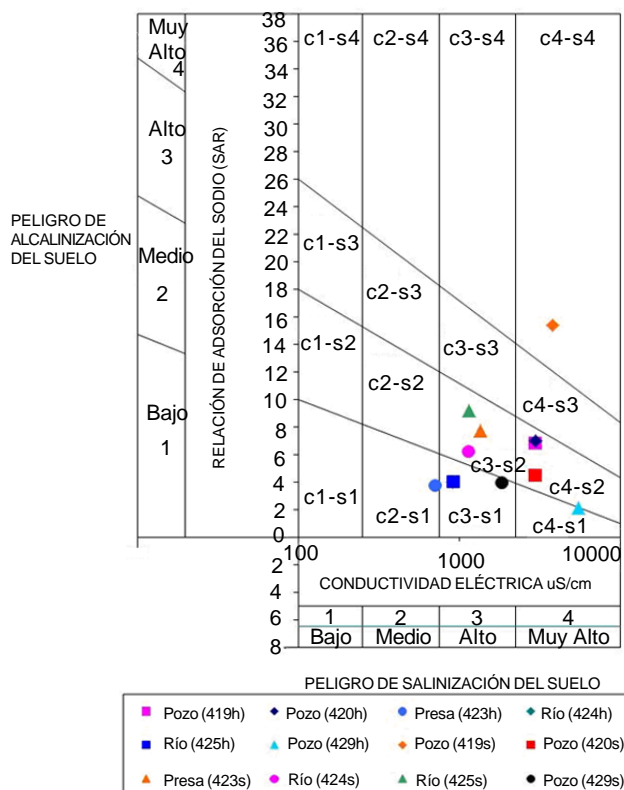


Figura 2. Clasificación de las aguas de riego de la cuenca del río Naranjo según el diagrama de Wilcox

Según la salinidad efectiva (SE) estas aguas se clasifican como condicionadas para su empleo en el riego ($3-10 \text{ me.L}^{-1}$), ya que pueden pasar a formar parte del agua del suelo en forma de sales menos solubles como carbonato de calcio y magnesio o sulfato de calcio.

Por el criterio de salinidad potencial (SP), que mide el peligro de los cloruros y sulfatos al actuar a bajos niveles de humedad y aumentar la presión osmótica, las fuentes subterráneas son no recomendables ($>15 \text{ me.L}^{-1}$), mientras las superficiales están condicionadas para el riego.

Tabla III. Indicadores de la aptitud de las aguas para utilizarlas en el riego

| Variables | Unidades | Período | Muestras | | | | | |
|-----------------------------|--------------------|---------|----------|-------|-------|------|------|------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Salinidad efectiva | me.L^{-1} | Húmedo | 12,38 | 12,43 | 9,50 | 5,30 | 7,17 | 7,17 |
| | | Seco | 8,83 | 8,46 | 6,82 | 3,49 | 3,87 | 3,32 |
| Salinidad potencial | me.L^{-1} | Húmedo | 10,84 | 14,19 | 37,19 | 2,23 | 4,03 | 4,14 |
| | | Seco | 18,87 | 18,02 | 10,30 | 4,87 | 5,54 | 4,88 |
| RASx | U | Húmedo | 8,2 | 8,4 | 2,7 | 4,4 | 4,4 | 4,4 |
| | | Seco | 19,7 | 5,4 | 4,4 | 9,6 | 7,3 | 11,5 |
| Por ciento de sodio posible | % | Húmedo | 146 | 150 | 107 | 83 | 75 | 75 |
| | | Seco | 79 | 45 | 47 | 75 | 69 | 78 |
| Por ciento de sodio soluble | % | Húmedo | 56 | 57 | 18 | 62 | 61 | 61 |
| | | Seco | 79 | 45 | 47 | 75 | 69 | 78 |
| Índice de Langellier | U | Húmedo | 1,1 | 1,1 | 0,9 | 0,4 | 0,6 | 0,6 |
| | | Seco | 1,5 | 1,6 | 1,0 | 1,1 | 1,0 | 0,9 |

EFFECTOS SOBRE LA INFILTRACIÓN

Según el por ciento de sodio posible (PSP) las aguas están condicionadas, pues en todos los casos el valor es superior al 50 %, existiendo peligro de sustitución del calcio y el magnesio del complejo de cambio por el sodio.

El por ciento de sodio soluble (PSS) expresa la proporción de sodio y potasio respecto al total de cationes adsorbidos. Si ese porcentaje es muy alto el sodio puede alcanzar concentraciones elevadas en el complejo de cambio y provocar el deterioro físico de los suelos. Las aguas de fuentes superficiales son clasificadas como dudosas (60–80 %), mientras las subterráneas son permisibles (40–60 %).

TOXICIDAD

La magnitud de la toxicidad por la presencia de cloruros en las aguas es valorada en función del método de riego. Debido a que en las técnicas de riego por gravedad prácticamente no hay contacto del agua con zonas de transpiración más intensa (bordes y puntas de las hojas) los tenores asimilados son mayores, aun así las restricciones de uso son severas para las fuentes subterráneas y ligeras a moderadas para las superficiales. Si el riego es por aspersión en riesgo es mayor (severo) pues el agua se deposita en las hojas y puede provocar necrosis.

La toxicidad por sodio tiene un comportamiento similar a los cloruros. Los valores de RASx son en todos los casos superiores a 3,0 me.L⁻¹, a partir del cual se consideran ligeras a moderadas, si son superiores a 9,0 me.L⁻¹ pasan a la categoría de severas.

El riesgo de obstrucción de los sistemas de riego presurizados es alto (0,5–1,0) o muy alto (>1,0) según el Índice de Langellier. Este parámetro valora la posibilidad de precipitación del calcio en forma de carbonato cuando alcanza la saturación en presencia de bicarbonato (9).

CONCLUSIONES

- ◆ Las aguas subterráneas tienen alta conductividad eléctrica que las hace extremadamente salinas, mientras que las superficiales son altamente salinas, ambas son no aptas para el riego.
- ◆ El incremento de las concentraciones de bicarbonato en el período seco incide en la tendencia a la elevación del pH del agua, lo cual puede provocar la alcalinización de los suelos regados con esas aguas.
- ◆ Las sales disueltas en las aguas pueden ser un peligro al pasar a formar parte del agua del suelo.

- ◆ Existe peligro de que el sodio sustituya al calcio y al magnesio del complejo de cambio del suelo.
- ◆ Las concentraciones de sodio y cloruro pueden ser tóxicas para los cultivos, especialmente cuando se riegan con sistemas por aspersión.
- ◆ La presencia de bicarbonato puede causar la precipitación del calcio y facilitar la obstrucción de sistemas de riego presurizados.

REFERENCIAS

1. Chaves, H. y Alipaz, S. An Integrated Indicator Based on Basin Hydrology, Environment, Life, and Policy: The Watershed Sustainability Index. *Water Resources Management*, 2007, vol. 21, p. 883-895.
2. Vialle, C.; Sablayrolles, C.; Lovera, M.; Jacob, S.; Huaue, M. C. y Montrejaud-Vignolesa, M. Monitoring of water quality from roof runoff: Interpretation using multivariate analysis. *Water Research*, 2011, vol. 45, no. 12, p. 3765-3775.
3. De la Losa, A.; Moreno, L. y Núñez, I. Calidad química de las aguas subterráneas en una zona de actividad minera (Cuenca del Bierzo- León). *Boletín Geológico y Minero*, 2010, vol. 121, no. 1, p. 103-122.
4. Garbagnati, M. A.; González, P. S.; Antón, R. I. y Mallea, M. A. Características físico-químicas, capacidad buffer y establecimiento de la línea base ambiental del Río Grande, San Luis, Argentina. *Ecología Austral*, 2005, vol. 15, p. 59-71.
5. Skhiri, A. y Dechmi, F. Irrigation return flows and phosphorus transport in the Middle Ebro River Valley (Spain). *Spanish Journal of Agricultural Research*, 2011, vol. 9, no. 3, p. 938-949. doi: 10.5424/sjar/20110903-360-10.
6. Skhiri, A. y Dechmi, F. Impact of sprinkler irrigation management on the Del Reguero river (Spain) II: Phosphorus mass balance. *Agricultural Water Management*, 2012, vol. 103, p. 130-139.
7. Krupa, M.; Tate, K. W.; Van Kessel, C.; Sarwar, N. y Linqvist, B. A. Water quality in rice-growing watersheds in a Mediterranean climate. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2011, vol. 144, no. 1, p. 290-301.
8. Brunet, N. N. y Westbrook, C. J. Wetland drainage in the Canadian prairies: Nutrient, salt and bacteria characteristics. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2012, vol. 146, p. 1- 12.
9. Fuentes, J. L. Técnicas de riego. 4a edición revisada y ampliada ed. Madrid: Coedición Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación - Ediciones Mundi-Prensa; 2003, p. 483.
10. Ayers, R. S. y Westcot, D. W. La calidad del agua en la agricultura. Roma: Estudio FAO. *Riego y Drenaje*, 1987, vol. 29 Rev. 1.

Recibido: 20 de febrero de 2012

Aceptado: 18 enero de 2013

¿Cómo citar?

Balmaseda Espinosa, Carlos y García Hidalgo, Yoandris. Calidad de las aguas de la cuenca del río Naranjo, municipio Majibacoa, provincia Las Tunas para el riego. *Cultivos Tropicales*, 2013, vol. 34, no. 4, p. 68-73.