

CALIDAD DEL AGUA CON FINES DE RIEGO.

QUALITY OF THE WATER WITH ENDS OF WATERING.

Autor: Dr.C.¹ Yoandris García Hidalgo .Centro universitario Manatí, Las Tunas Cuba. yoandrisgh@ult.edu.cu

SÍNTESIS

La calidad de las aguas es uno de los elementos estudiados cuando se valora la sostenibilidad de las cuencas. El objetivo de este artículo es valorar los diferentes métodos que se utilizan para determinar la calidad del agua con fines de riego. Para el estudio La calidad se definió en base a los criterios de FAO y otros indicadores específicos para el riego. La utilización de criterios e indicadores para evaluar la calidad del agua, permite a productores manejar de forma más eficiente este recurso y tomar medidas preventivas que permitan aumentar los rendimientos agrícolas y la conservación de los suelos.

Palabras claves: Calidad, agua, riego, FAO

SYNTHESIS

The quality of the waters is one of the studied elements when the sostenibilidad of the basins is valued. The objective of this article is to value the different methods that are used to determine the quality of the water with watering ends. For the study The quality was defined based on the approaches of FAO and other specific indicators for the watering. The use of approaches and indicators to evaluate the quality of the water, it allows to producers to manage in a more efficient way this resource and to take preventive measures that allow increasing the agricultural yields and the conservation of the floors.

Key words: Quality, dilutes, watering, FAO

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 calidad de las aguas, junto a la cantidad, es uno de los indicadores del componente sistemas ambientales para calcular el índice de sostenibilidad ambiental que considera la habilidad de los países para proteger el medio ambiente en las próximas décadas (Chaves y Alipaz, 2007) [1]. Esos indicadores 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. Vielle *et al.* (2011) [2] investigaron la aptitud de las aguas de lluvia cosechadas en viviendas del suroeste francés, encontrando que tenían características físico-químicas adecuadas, sin embargo, no poseen los requerimientos para el consumo humano por la contaminación bacterial.

De la Losa *et al.* (2010) [3] estudiaron la calidad de aguas subterráneas con el fin de conocer la afectación que pudieran provocar actividades de minería en la Cuenca Carbonífera del Bierzo (León, España). La conclusión más relevante es que “no encontraron contenidos anormalmente elevados de metales pesados”.

Garbagnati *et al.* (2005) [4] hicieron 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.

Skhiri y Dechmi (2011, 2012) [5, 6] estudiaron 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 superficiales por este elemento que facilita el aumento de la eutrofización. Un trabajo similar fue ejecutado por Krupa *et al.* (2011) [7] en sistemas de arroz en clima mediterráneo.

Brunet y Westbrook (2012) [8] determinaron la variación temporal del almacenamiento de solutos y su pérdida a través de las aguas de drenaje en praderas canadienses. La calidad de las aguas de drenaje fue un factor fundamental para predecir con exactitud la exportación de nutrientes, sales y bacterias de las tierras bajas.

Ruiseco (2009) determinó la aptitud de aguas para emplearlas en el riego de jardines y utilizó este indicador como uno de los criterios de sostenibilidad en el manejo del recurso hídrico en estos ecosistemas.

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

Fuentes (2003) [9] plantea que la calidad del agua para riego depende del contenido y tipo de sales. 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 de 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.

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. Medrano (2001) plantea que cada criterio puede ser valorado en función de diversos indicadores, como aparece a continuación:

- 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 siguiente, 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.

- 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 (CaCO_3) u otros minerales como los silicatos y la inexistencia de precipitación del magnesio (Ayers y Westcot, 1987).

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.

- 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.

Calidad de las aguas con fines de riego

El agua natural es un sistema de cierta complejidad, no homogéneo, que puede estar constituido por una fase acuosa, una gaseosa y una o más fases sólidas (Rajendra *et al.*, 2009).

La composición química de este sistema en función del uso que se le da, recibe el nombre de calidad del agua. Existe una serie de normas que regulan las

concentraciones permisibles que debe poseer cada elemento o indicador de calidad según los diferentes usos. Por ejemplo, las normas establecidas para que un agua pueda utilizarse en el abasto a la población exigen un contenido despreciable de los elementos relacionados con ciclos del nitrógeno y el fósforo (NC 827_2010); sin embargo para el riego de cultivos, las aguas deben poseer un alto contenido de los mismos.

Por tanto, en dependencia de la composición química de un agua esta podrá encontrar distintos usos, se hace necesario tener en cuenta algunos aspectos a la hora de la toma, conservación y análisis de la muestra, los cuales podrían alterar el resultado dado.

Estudios sobre la aptitud de las aguas para diversos usos se pueden encontrar en la literatura. Vielle *et al.* (2011) investigaron la aptitud de las aguas de lluvia cosechadas en viviendas del suroeste francés, encontrando que tenían características físico-químicas adecuadas, sin embargo, no poseen los requerimientos para el consumo humano por la contaminación bacterial.

De la Losa *et al.* (2010) estudiaron la calidad de aguas subterráneas con el fin de conocer la afectación que pudieran provocar actividades de minería en la Cuenca Carbonífera del Bierzo (León, España). La conclusión más relevante es que “no encontraron contenidos anormalmente elevados de metales pesados”.

Garbagnati *et al.* (2005) hicieron 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.

Skhiri y Dechmi (2011, 2012) estudiaron 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 superficiales por este elemento que facilita el aumento de la eutrofización. Un trabajo similar fue ejecutado por Krupa *et al.* (2011) en sistemas de arroz en clima mediterráneo.

Brunet y Westbrook (2012) determinaron la variación temporal del almacenamiento de solutos y su pérdida a través de las aguas de drenaje en praderas canadienses. La calidad de las aguas de drenaje fue un factor

fundamental para predecir con exactitud la exportación de nutrientes, sales y bacterias de las tierras bajas.

Ruiseco (2009) determinó la aptitud de aguas para emplearlas en el riego de jardines y utilizó este indicador como uno de los criterios de sostenibilidad en el manejo del recurso hídrico en estos ecosistemas.

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

Fuentes (2003) plantea que la calidad del agua para riego depende del contenido y tipo de sales. 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.
- 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. Medrano (2001) plantea que cada criterio puede ser valorado en función de diversos indicadores, como aparece a continuación:

- 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 siguiente, 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.

- 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 (CaCO_3) u otros minerales como los silicatos y la inexistencia de precipitación del magnesio (Ayers y Westcot, 1987).

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.

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.

El autor considera que la calidad del agua es la condición general que permite que ésta se emplee para usos concretos. La calidad del agua depende del uso a que esté destinada. Las cuencas cubanas están sometidas a impactos negativos como resultado de: no tomarse las medidas de tratamiento, por el reuso de las aguas residuales, la deforestación, el empleo de químicos en la

agricultura, acompañado del mal uso de los suelos, entre otros, que se generan como consecuencia del desarrollo económico y social.

Según Monteagudo (2008), el predominio de los fenómenos cársicos y en ausencia de fenómenos antrópicos que puedan causar impactos negativos en su calidad, las aguas tanto superficiales como subterráneas se clasifican, generalmente, como bicarbonatadas cálcicas o magnésicas en dependencia del contenido de calcio o de dolomitas presentes en dicha formación geológica. Las sales solubles totales de las aguas subterráneas pueden variar generalmente entre 500 y 1000 mg.l⁻¹.

La agricultura de riego en Cuba genera problemas ambientales similares a los de otros países de la región asociados a la utilización de aguas con alto contenido en sales. La utilización inadecuada de los sistemas de riego da lugar a suelos sobre humedecidos o con drenajes bloqueados, que generan escorrentía superficial, erosión, dispersión de partículas de agroquímicos, e incremento de la sedimentación en cursos de agua (Casanova, 2007).

Los efectos más notables de un mal uso del agua de riego son la salinización y sodificación de los suelos que pierden su estructura y la capacidad para soportar nuevos ciclos agrícolas.

El color y la turbiedad de las aguas superficiales varían dependiendo del periodo lluvioso, menos lluvioso y seco. Cuyo contenido salino se encuentra en general por debajo de 500 mg.l⁻¹, aunque en su desembocadura se eleva por efectos de la presencia del agua de mar. Las corrientes y cuerpos de agua superficiales por lo general poseen un contenido de oxígeno disuelto de saturación o cercano a la saturación, de acuerdo con la temperatura (De La Losa, 2010).

Las relaciones cualitativas del agua con el estado de conservación, manejo y uso de los suelos, así como con el tipo y la extensión de la cobertura boscosa existente en la cuenca, siempre ha sido un factor reconocido en el grado de su deterioro Garbagnati *et al.* (2005).

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)¹:

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

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

(2.2)

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

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

(2.3)

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

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

(2.4)

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

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

(2.5)

3. Salinidad potencial (SP):

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

(2.6)

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

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

(2.7)

5. Porcentaje de Sodio Posible (PSP):

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

(2.8)

6. Coeficiente de irrigación (Ka):

a) $Na < Cl^-$; el coeficiente viene dado por la expresión: $Ka = \frac{288}{5Cl^-}$

(2.9)

b) $Cl^- + SO_4^{2-} > Na^+ > Cl^-$ el coeficiente vendrá expresado por: $Ka = \frac{288}{Na^+ + 4Cl^-}$

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

(2.10)

c) $rNa^+ > rCl^- + rSO_4^{2-}$ el coeficiente viene dado por: $Ka = \frac{288}{10Na^+ - 5Cl^- + 9SO_4^{2-}}$

(2.11)

7. Índice de saturación de Langelier (IL): $IL = pH_{real} - pH_c$

(2.12)

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.

Conclusiones.

La gestión sostenible de los recursos hídricos con fines de riego, exige un manejo participativo de los diferentes actores y sectores presentes en las cuencas y además que se tomen en cuenta los ecosistemas como usuarios de los mismos, implementando planes de manejo como instrumentos de planificación y ordenamientos concebidos para poder integrar el desarrollo y, a la vez, generar un instrumento de gestión que permita a las comunidades hacer un mejor uso de los recursos naturales.

Referencias Bibliográficas

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. *La calidad del agua en la agricultura*. Roma: Estudio FAO Riego y Drenaje, 29 Rev. 1; 1987.

BUENO DE MESQUITA, M. *Presentación sobre la Gestión del Agua y Ambiente en Cuencas en el Perú. Situación, problemática y nuevas iniciativas*.

Febrero de 2004. Disponible

en: <http://www.condesan.org/cuencasandinas/Documentos/MBuenodeMezqui.pdf>.

Consultado el 15 de diciembre de 2011. GSAAC/IICA.

CATALÁN LAFUENTE, J.: *Química del Agua*. Fuente labrada, Madrid, España:

Talleres Gráficos Alonso S. A.; 1981.

CHAPAGAIN, A. K. & HOEKSTRA, A. Y. *The global component of freshwater demand and supply: an assessment of virtual water flows between nations as a result of trade in agricultural and industrial products. Water International*, 33, 19-32. 2008.45pp

CHAVES, H.; ALIPAZ, S. *An Integrated Indicator Based on Basin Hydrology, Environment, Life, and Policy: The Watershed Sustainability Index. Water Resources Management*. 2007; 21:883-895.

el diagnóstico. Ciencia y Técnica de la Agricultura. Estrategias de la Agricultura. 2000. 23 pp.

FMA, a. Foro Mundial del Agua .Marruecos. 1997

FMA, b. Foro Mundial del Agua .Holanda. 2000

FMA, c. Foro Mundial del Agua .Japón. 2003

FMA, d. Foro Mundial del Agua .México. 2006

FMA, e. Foro Mundial del Agua .Turquía. 2009

GARBAGNATI, M. A.; GONZÁLEZ, P. S.; ANTÓN, R. I.; MALLEA, M. A. *Características físico-químicas, capacidad buffer y establecimiento de la línea base ambiental del Río Grande, San Luis, Argentina. Ecología Austral*. 2005 Junio 2005; 15:59-71.

HOEKSTRA, A. Y. *The Global Dimension of Water Governance: Why the River Basin Approach Is No Longer Sufficient and Why Cooperative Action at Global Level Is Needed. Water*, 3, 21-46. 2011.65pp

SOSA, T. *Algunas consideraciones Metodológicas e instrumentos empleados para realizar*

UICN. *La aplicación del enfoque ecosistémico en la gestión de los recursos hídricos: un análisis de estudios de caso en América Latina*. Ed. por Eduardo Guerrero, Otto de Keizer y Rocío Córdoba. PNUMA, UICN. 2006. 44pp

UNESCO. "Agua para todos, Agua para la Vida". *Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo*. Resumén.

UNESCO, Paris, 2003.17 pp

Vázquez, E.: **Easy_Quim.4**. Consultado el 2 de enero de 2012. Disponible en:

http://www.oocities.org/es/carles_fernandez/descarregues/EASY_QUIM4xls:GH

S-UPC,