

Evaluación de la calidad del agua de riego usada en los cultivos de arroz de la zona alta de la meseta de la ciudad de Ibagué (Tolima, Colombia)

Evaluation of quality of irrigation water used in rice crops in the upper area of the plateau of the city of the Ibagué (Tolima, Colombia)

Méndez Delgado, F. ^I; González, Julio. ^{II}

Resumen. El objetivo de la investigación de la que da cuenta este artículo fue evaluar la calidad del agua usada en el riego de los cultivos de arroz de la parte alta de la meseta de Ibagué. Se usó la metodología propuesta por la FAO, que tiene como fin analizar el potencial riesgo de disminución en la velocidad de infiltración de las aguas de riego y el riesgo de salinidad en los suelos de la zona. Se analizaron las aguas de los canales Combeima, San Isidro y Ambafer, los cuales riegan la mayor parte de los cultivos del área de estudio. Los parámetros medidos fueron la conductividad eléctrica (CE) y la relación de adsorción de sodio verdadera (RASV). De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede afirmar que no hay riesgo de salinidad. No obstante, se recomienda un trabajo experimental para convalidar la metodología usada. Con respecto a la velocidad de infiltración, se concluyó que el uso del agua de los tres canales representa un riesgo que está entre ligero y moderado; sin embargo, el uso del agua de los canales Combeima y San Isidro tiene una tendencia a condiciones severas en su grado de restricción, porque para valores bajos de RASV, una salinidad baja es crítica.

Palabras clave: riego, salinización, sodicidad, RASV, suelos

Abstract. The objective of this research was to evaluate the quality of water used to irrigate rice crops in the upper plateau of the city of Ibagué. We applied the methodology as proposed by the FAO which aims at analyzing the potential risk of decline in the infiltration rate of irrigation water and the risk of salinity in the soils of the area. We analyzed water of the Combeima, San Isidro and Ambafer canals, which irrigate the majority of the crop of the study area. We measured the parameters of electrical conductivity (EC) and the real sodium adsorption ratio (RAST).

^I Ingeniero Químico, Universidad Nacional de Colombia. Especialización en Evaluación de Proyectos, Universidad de los Andes. Especialización en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, Universidad Politécnica de Valencia (España). Grupo de investigación GMAE, Universidad de Ibagué. Universidad de Ibagué.

^{II} Ph.D. Ciencias Biológicas, Universidad Politécnica de Valencia (España). Director del Instituto de Investigación de Aguas y Medio Ambiente (IIAMA). Correo electrónico; fernando.mendez@unibague.edu.co jgonzrío@hma.upv.es. Universidad Politécnica de Valencia.

According to the results obtained, we can affirm that there is no risk of salinity. However, an experimental work is recommended to validate the applied methodology. Regarding the infiltration rate, we concluded that the use of water from the three canals represents a light to moderate risk. Still, the use of water from the Combeima and San Isidro canals has a tendency to severe conditions in its degree of restriction, because low salinity is critical for low values

Key words: Irrigation, salinity, sidity, RASV, soils.

1. INTRODUCCIÓN

En décadas recientes, el crecimiento de la población urbana en América Latina ha sido acelerado. En la mayoría de las ciudades de la región se presentan tasas de crecimiento que están entre el 3 y 5%, y se espera que en los próximos años más de 30 de ellas excedan el millón de habitantes. En ese contexto, la generación de aguas residuales presenta el mismo comportamiento que el crecimiento demográfico (Moscoso, 1995).

Con la expansión urbanística, la ciudad prácticamente ha invadido las zonas agrícolas de la periferia y ha creado un ecosistema especial denominado *cultivos periurbanos*. Esos cultivos compiten por agua con las actividades antrópicas desarrolladas en la ciudad, lo que ha dado lugar al desarrollo de una lucha por ese recurso, y ha generado la necesidad de usar las aguas residuales para el riego (Vanegas, 2002).

El uso de aguas residuales en riego presenta ventajas comparativas frente a las aguas tradicionales. Algunas de ellas son la disponibilidad en cualquier época del año, bajo o nulo costo y aporte de nutrientes. Sin embargo, existen desventajas como el potencial riesgo de salinización y degradación de los suelos, además de problemas que se pueden ver reflejados en la contaminación de alimentos o riesgos de salubridad por la presencia de agentes patógenos en la población que interactúa de forma directa o indirecta con el entorno en mención (Rolín, 2002).

La mayor parte de las aguas residuales generadas en la ciudad de Ibagué se utiliza en los cultivos de la zona alta de la meseta del mismo nombre. De estas aguas, sólo una pequeña cantidad es tratada en una planta convencional (PTAR). La investigación de la que damos cuenta en este artículo estuvo relacionada con nuestra conciencia del problema que puede generar el uso de aguas residuales en el riego de los cultivos periurbanos.

2. ESTUDIOS RELACIONADOS

La mayor parte de las investigaciones realizadas sobre salinización en la zona de estudio están enfocadas a la salinización de los suelos y no hacia el tema de las aguas. Los estudios realizados sobre aguas están más orientados hacia contenidos de nutrientes o riesgos de enfermedades. Se tienen referentes como los trabajos de González (2000) y Madera y otros (2009), desarrollados en el alto valle del Magdalena e inmediaciones de Cali en el Valle del Cauca, respectivamente. Un trabajo desarrollado también fuera del área de nuestro interés, aunque más próximo al tema, es el de Suarez (2008), quien analiza la relación entre la conductividad, el RAS, y la lluvia, con la velocidad de infiltración.

3. DESARROLLO

3.1 Marco teórico

El uso de las aguas residuales en riego es tan antiguo como la misma agricultura. Sin embargo, su aprovechamiento a gran escala data del siglo pasado, cuando en algunos lugares de Europa, Australia, India y Estados Unidos se crearon los llamados “campos de aplicación”. El objetivo era eliminar las aguas residuales, y así evitar la contaminación de los ríos. En Sri Lanka, por ejemplo, las aguas residuales se usan para los cultivos periurbanos porque los canales pasan por la ciudad o porque se originan en ellos (Jayakody, 2007).

De acuerdo con la primera evaluación mundial sobre reuso de aguas residuales, cerca del 10% de los cultivos del mundo es regado con esas aguas que, en su gran mayoría, no son tratadas. Ésta es una práctica en buena medida oculta y sancionada en un gran número de países, a pesar de lo cual muchos agricultores, especialmente aquellos ubicados en áreas urbanas, utilizan aguas residuales domésticas porque no tienen ningún costo y/o son abundantes, aún en época de verano (Hyderabad, 2002).

En el siglo anterior, el reuso de aguas residuales para riego adquirió gran importancia como sistema alternativo de depuración. Esto las convirtió en una importante fuente de abastecimiento, compensando el creciente déficit de este importante recurso. En zonas de países como México, Jordania, Israel y Túnez, las aguas residuales son tratadas para remover patógenos, lo que las convierte en aguas seguras para ser utilizadas en riego. Sin embargo, en países como India, China y Pakistán, el tratamiento es poco frecuente, exponiendo los cultivos a agentes patógenos (Scott, 2004).

En contraposición con el posible aporte de nutrientes del agua residual en técnicas de reuso, está el riesgo de salinización. Este tipo de agua, por su origen, contiene sólidos, materia orgánica, sales y alta carga de patógenos. La salinización es el proceso de acumulación de sales disueltas en el agua que por diferentes mecanismos alcanzan valores elevados de concentración en el suelo. Este fenómeno puede presentarse de forma natural, ser originado por la actividad humana, generalmente asociada con sistemas de riego donde las aguas usadas tienen cantidades significativas de sodio, calcio y magnesio (Muñoz-Cobo, 2005).

El efecto de la salinidad es variado. La concentración de las sales solubles eleva la presión osmótica de la solución del suelo. Si se tiene en cuenta que el agua tiende a pasar de las soluciones de menor concentración a las más concentradas a fin de diluir éstas últimas e igualar las presiones osmóticas de ambas soluciones, se comprende que cuando la concentración salina de la solución del suelo es superior a la del “jugo” celular de las plantas, el agua tenderá a salir de éstas últimas hacia la solución del suelo. Este fenómeno se relaciona con el “principio de la sequedad fisiológica”, que postula que en medios salinos, aunque exista una humedad elevada, las plantas sufren estrés hídrico, se secan y acaban muriendo.

Las plantas, al aumentar la presión osmótica de la solución del suelo, deben ajustar la presión osmótica de sus células para poder seguir absorbiendo agua, desarrollando una respuesta adaptativa que genera un consumo de energía realizado a costa de un menor crecimiento. En el aspecto nutricional se produce una serie de importantes modificaciones, por un lado debido a las variaciones de pH que afectan la disponibilidad de los nutrientes y, por otro, a las interacciones ocasionadas por la presencia excesiva de determinados elementos como cloruros, nitratos y fosfatos. De igual manera, la presencia excesiva de ciertos iones puede provocar toxicidad debido a su acumulación en distintas partes de la planta como frutos, tallos y hojas (López, 2004).

Con respecto al suelo, se ha comprobado que altos contenidos de sodio en las aguas de riego afectan su permeabilidad y causan problemas de infiltración. Lo anterior se debe a que el sodio, cuando está presente en el suelo, es intercambiable por otros cationes como calcio y magnesio, los cuales forman parte de los complejos estructurales que generan una materia granular apropiada para los cultivos. El exceso de iones de sodio desplaza el calcio y el magnesio, y provoca la dispersión y desagregación del suelo. Éste se vuelve duro y compacto en condiciones secas y reduce la infiltración del agua y del aire a través de los poros que lo conforman (González, 2000).

3.2 Área de estudio y población objetivo

la ciudad de Ibagué tiene básicamente tres fuentes hídricas de importancia con las cuales se suministra el agua necesaria para el consumo doméstico y gran parte de las actividades económicas de la región. Se trata de los ríos Combeima, Alvarado y Chipalo, los cuales dan origen a los canales de riego utilizados en los cultivos de arroz de la periferia urbana. Del agua que se utiliza para los cultivos, la presente investigación analizó la suministrada por los canales Ambafer, Combeima y San Isidro, con los cuales se riega cerca del 90% de los suelos de la parte alta de la meseta de Ibagué (López, 2004).

3.3 Metodología

La calidad del agua de riego se puede evaluar mediante el uso de dos parámetros: la salinidad y el contenido de sodio. Con estos parámetros se pretende predecir el efecto que ésta puede tener sobre suelos y plantas. Para la evaluación de la salinidad se utiliza la conductividad eléctrica medida a 25°C (CE) mientras que la proporción de sodio se analiza mediante la relación de adsorción de sodio (RAS).

La relación de adsorción de sodio es la relación que existe entre la concentración de sodio (Na^+) y la raíz cuadrada de la semisuma de las concentraciones de calcio (Ca^{+2}) y de magnesio (Mg^{+2}), expresadas las concentraciones en meq/L (Ec-1). El RAS así calculado se denomina relación de adsorción de sodio de laboratorio (RASL).

$$RASL = \frac{[Na]}{\sqrt{\frac{[Ca] + [Mg]}{2}}} = \frac{0,333}{\sqrt{\frac{[1,235] + [0,633]}{2}}} = 0,344 \quad (Ec - 1)$$

Un cálculo de mayor precisión para el RAS es el propuesto por Spósito y Mattigod, que involucra una corrección por la actividad de iones participantes en el intercambio (Ec-2). El RAS así calculado se conoce como RAS verdadero (RASV) (García, 1995).

$$RASV = 0,08 + 1,115 RASL \quad (Ec-2)$$

En la metodología propuesta por la FAO (Ayers y Westcot, 1985), se establece la relación entre la CE y el RASV, lo que permite determinar el riesgo de disminución en la velocidad de infiltración del agua en el terreno, mientras que con la CE se esti-

ma el riesgo de salinidad de los suelos. Este análisis permite determinar el grado de restricción en el uso del agua para riego, y presenta un carácter más cualitativo que cuantitativo, lo que evita el uso de las clasificaciones rígidas de metodologías anteriormente propuestas (tabla 1) (García, 1995).

Tabla 1. Criterios en evaluación de la calidad del agua de riego.

Problema potencial		Grado de restricción en el uso		
		Ninguno	Ligero amoderado	Severo
SALINIDAD				
Conductividad	($\mu\text{S}/\text{cm}$)	700	700 - 3.000	> 3.000
INFILTRACIÓN	RAS			
	0-3	700	700 - 200	< 200
	3-6	1.200	1.200 - 300	< 300
	6-12	1.900	1.900 - 500	< 500
	12-20	2.900	2.900 - 1.300	< 1.300
	20-40	5.000	5.000 - 2.900	< 2.900
		Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)		

Fuente: García (1995)

3.4 Parámetros medidos

Teniendo como referente la relación que existe entre el RAS y la conductividad eléctrica como indicadores conjuntos del riesgo de salinidad y de pérdida de infiltración en los suelos, los parámetros a determinar en el agua de riego fueron: conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), concentración de sodio (Na^+ , mg/L), calcio (Ca^{++} , mg/L) y magnesio (Mg^{++} , mg/L). Además, se midieron la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y el pH (Unidades).

3.5 Técnicas de muestreo

Se realizó un muestreo piloto aleatorio con el fin de calcular el tamaño de la muestra (tamaño de muestra $n=12$). Se estimó que los puntos de muestreo estarían ubicados, para cada uno de los tres canales, cerca de la entrada de los lotes donde se cultiva el arroz. El muestreo piloto se realizó del 7 al 14 de enero de 2008, efectuando tres mediciones por día, a las 8:00 am, 12:00 m y 4:00 pm, en días consecutivos, para un total de 24 muestras por canal. Los parámetros escogidos para el análisis fueron: conductividad eléctrica, pH, temperatura y oxígeno disuelto.

En cada campaña, para cada canal se tomaron cuatro muestras a lo largo del día, en intervalos de tiempo regulares: dos en la mañana y dos en la tarde. Las dos muestras de la mañana se integraron para obtener una muestra compuesta, y lo mismo se hizo con las dos muestras de la tarde, de tal forma que la muestra final es el resultado de la mezcla de las muestras parciales. Las campañas de muestreo se llevaron a cabo entre marzo y julio de 2008, y se repartieron de tal forma que fueron realizadas en diferentes días de la semana para recoger la posible incidencia de las actividades humanas en la calidad de las aguas. Igualmente, el horario programado se estableció de tal forma que se dieran intervalos regulares entre las muestras de los diferentes canales.

3.6 Técnicas de análisis

Los resultados de laboratorio se sometieron a un análisis estadístico, a través del cual se determinaron parámetros descriptivos, prueba de Shapiro Wills y análisis de componentes principales (ACP).

Tabla 3. Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
(pH) Comb.	12	7,63	7,92	7,7583	,07872
(T) Comb.	12	20,00	24,00	21,5833	1,16450
(Na) Comb.	12	6,80	8,70	7,6783	,49972
(Ca) Comb.	12	21,50	28,30	24,7067	2,00336
(Mg) Comb.	12	5,70	9,93	7,7075	1,33925
(CE) Comb.	12	293,75	333,75	314,1875	12,37259
(pH) SI	12	7,55	7,83	7,7050	,08185
(T) SI	12	20,00	25,00	22,4167	1,72986
(Na) SI	12	6,20	9,20	7,6833	,87744
(Ca) SI	12	15,80	22,01	18,8992	1,86997
(Mg) SI	12	4,10	6,30	5,1583	,58729
(CE) SI	12	291,25	340,00	315,8958	15,71098
(pH) Amb	12	7,57	7,77	7,6942	,05900
(T) Amb	12	20,00	25,00	22,3333	1,61433
(Na) Amb	12	8,30	11,40	9,6750	,96590
(Ca) Amb	12	23,94	28,92	26,4950	1,45818
(Mg) Amb	12	7,00	8,43	7,7417	,44725
(CE) Amb	12	557,00	669,75	613,3125	29,00649
N válido (según lista)	12				

Tabla 4. Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
(pH) Comb.	,142	12	,200*	,977	12	,966
(T) Comb.	,194	12	,200*	,920	12	,282
(Na) Comb.	,127	12	,200*	,972	12	,930
(Ca) Comb.	,143	12	,200*	,975	12	,956
(Mg) Comb.	,148	12	,200*	,962	12	,819
(CE) Comb.	,097	12	,200*	,974	12	,950
(pH) SI	,156	12	,200*	,968	12	,888
(T) SI	,215	12	,130	,897	12	,143
(Na) SI	,115	12	,200*	,980	12	,982
(Ca) SI	,126	12	,200*	,976	12	,964
(Mg) SI	,157	12	,200*	,978	12	,977
(CE) SI	,139	12	,200*	,961	12	,799
(pH) Amb.	,198	12	,200*	,936	12	,454
(T) Amb.	,160	12	,200*	,947	12	,600
(Na) Amb.	,112	12	,200*	,971	12	,921
(Ca) Amb.	,122	12	,200*	,977	12	,967
(Mg) Amb.	,122	12	,200*	,974	12	,944
(CE) Amb.	,109	12	,200*	,985	12	,996

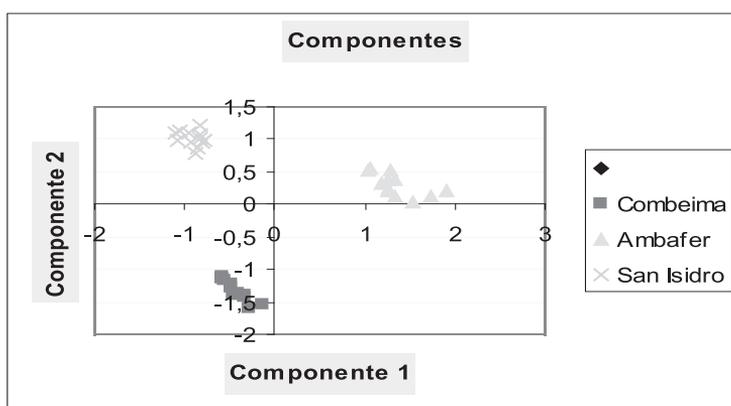


Figura 1. Componentes principales.

3.7 Cálculos, resultados y análisis

A manera de ilustración se realizan los cálculos para el canal Combeima. De manera semejante se hicieron las determinaciones para los canales Ambafer y San Isidro.

- Determinación de meq/L para sodio, calcio y magnesio

$$\frac{\text{meq de Na}}{L} = \frac{7,67 \text{ mg}}{L} \cdot \frac{1 \text{ meq}}{23 \text{ mg}} = 0,333 \text{ meq de Na} \quad (\text{Ec} - 3)$$

$$\frac{\text{meq de Ca}}{L} = \frac{24,70 \text{ mg}}{L} \cdot \frac{1 \text{ meq}}{20 \text{ mg}} = 1,235 \text{ meq de Ca} \quad (\text{Ec} - 4)$$

$$\frac{\text{meq de Mg}}{L} = \frac{7,70 \text{ mg}}{L} \cdot \frac{1 \text{ meq}}{12,15 \text{ mg}} = 0,633 \text{ meq de Mg} \quad (\text{Ec} - 5)$$

- Determinación del RASL

$$\text{RASL} = \frac{[\text{Na}]}{\sqrt{\frac{[\text{Ca}] + [\text{Mg}]}{2}}} = \frac{0,333}{\sqrt{\frac{[1,235] + [0,633]}{2}}} = 0,344 \quad (\text{Ec} - 6)$$

- Determinación del RASV

$$\text{RASV} = 0,08 + 1,115 \times \text{RASL} = 0,08 + 1,115 \times 0,344 = 0,463 \quad (\text{Ec} - 7)$$

Tabla 2. Parámetros para la estimación de la calidad de agua de riego.

PARÁMETRO	CANAL		
	COMBEIMA	SAN ISIDRO	AMBAFER
RASL	0,344	0,404	0,425
RASV	0,463	0,530	0,554
C.E. (µS/cm)	314,18	315,90	613,31

Según los resultados obtenidos de RASV, y con el valor medio de la conductividad y los parámetros usados en esta investigación como criterio de análisis, y de acuerdo a la metodología propuesta por la FAO, se puede observar que:

Desde el punto de vista del riesgo potencial de salinización en suelos que sean regados con aguas del canal Combeima, no existe ningún grado de restricción en su uso (CE menor de 700 µS/cm). Igual sucede con el agua de los canales San Isidro y Ambafer.

Desde el punto de vista de problemas potenciales de infiltración, la relación entre el

RASV y la CE permiten afirmar que hay un grado de restricción entre ligero y moderado en el uso del agua de los tres canales en estudio.

4. CONCLUSIONES

De acuerdo con los valores de los parámetros descriptivos, se puede advertir que las aguas del canal Ambafer tienen mayor presencia de sales disueltas, como lo permite visualizar su mayor valor medio de CE. Esto es causado, muy probablemente, por la mayor cantidad de descargas de aguas residuales domésticas realizadas en su cauce y donde el grado de dilución es bajo.

El agua de ninguno de los tres canales presenta grado de restricción en su uso para riego con respecto a potenciales problemas de salinización. Se debe tener en cuenta que los resultados aquí obtenidos pretenden predecir los posibles efectos sobre el suelo y, por consiguiente, las plantas. Sin embargo, la metodología de riego, las condiciones ambientales y el tipo de suelo influyen en los procesos de salinización propios del suelo. Por esto, se recomienda la evaluación experimental para convalidar esta metodología con las condiciones de cultivo existentes en la zona de estudio.

Con respecto a la velocidad relativa de infiltración del agua en el suelo, los resultados indican que existe un riesgo entre ligero y moderado. Sin embargo, las aguas de los canales San Isidro y Combeima tienen mayor tendencia hacia condiciones de severidad, ya que para valores bajos de RASV, son más críticas las condiciones de baja salinidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Ayers, R.S. and D.W. Westcot. (1985). Water quality for agriculture. Fao Irrigation and Drainage Paper 29 (Rev. 1), Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations. Rome, Italy.
- Bouman, B., Humphreys, E., Tuong, T. *et al.* (2007). Rice and water. *Advances in Agronomy*. V. 92, pp.187-237.
- Castilla Lozano, A. J. (2002). Manejo sostenible del suelo para la producción de arroz. *Manejo integrado del cultivo de arroz en Colombia* (FEDEARROZ). pp. 35-78.
- García, A. (1995). Parámetros para la evaluación de la calidad de agua para riego. *Fundamentos para la Interpretación de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas para Riego*. Segunda Edición. Santa Fe de Bogotá, D.C. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. pp. 257-272.

- González, R. (2000). Fertilidad de los suelos del Valle Cálido del Alto Magdalena. *Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo*. pp. 80-99.
- Gupta, R. y Seth, A. (2007). A review of resource conserving technologies for sustainable management of the rice-wheat cropping systems of the Indo-Gangetic plains (IGP). *Crop Protection* V.26, pp. 436-447.
- Hyderabad. (2002). Declaración de Hyderabad sobre reuso de aguas residuales en la agricultura. Hyderabad, India.
- Jayakody, P. (2007). Wastewater agriculture in Kurunegala City. Sri Lanka. WASPA. Report 8.
- Kijnd, J. (2006). Abiotic stress and water scarcity: Identifying and resolving conflicts from plant level to global level. *Field Crops Research*. V. 97, pp. 3-18.
- Kitamura, Y., Yano, T., Honna, T. *et al.* (2006). Causes of farmland salinization and remedial measures in the Aral Sea basin - Research on water management to prevent secondary salinization in rice-based cropping system in and land. *Agricultural Water Management*. V. 85, pp.1-14.
- López, C. (2004). Origen y caracterización de las aguas usadas en las actividades agropecuarias de la meseta de la ciudad de Ibagué. Tesis para optar al título de Ingeniero Industrial. Ibagué (Colombia), Corporación Universitaria de Ibagué. Facultad de Ingeniería. p. 141.
- Losinno, B., Sainato, C. y Giuffre, L. (2005). Propiedades edáficas y del agua subterránea. Riesgos de salinización y sodificación de los suelos en la zona de Pergamino-Arrecifes. Tesis Doctoral, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- Madera, C., Pena, M. y Mara, D. (2002). Microbiological Quality of a waste stabilization pond effluent used for restricted irrigation in Valle del Cauca, Colombia. *Water Science and Technology*. V. 45, pp.139-143.
- Madera, C., Silva, J. y Mara, D. (2009). Wastewater use in agriculture: Irrigation of sugar cane with effluents from the Canaveralejo wastewater treatment plant in Cali, Colombia. *Environmental Technology*. V. 30, pp.1011-1015.
- Moscoso, J. (1995). Reuso de aguas residuales en el Perú. *Taller Regional para América sobre Salud, Agricultura y Ambiente*. CEPIS/OPS. Morelos, México.
- Rolín, S. (2002). Sistemas integrados de tratamiento y uso de aguas residuales en América Latina: Realidad y Potencial. *Guía para la Formulación de Proyectos*. OPS/OMS. Lima, Perú.
- Singh, R., Dam, J. y Feddes, R. (2006). Water productivity analysis of irrigated crops in Sirsa district, India. *Agricultural Water Management*. V. 82, pp. 253-278.

- Suarez, D., Wood, J. y Lesch, S. (2008). Infiltration into cropped soils: Effect of rain and sodium adsorption ratio-Impacted irrigation water. *J. Environ. Qual.* 37, pp.169-179.
- Vanegas, M. (2002). Sistemas integrados de tratamiento y uso de aguas residuales en América Latina. Convenio IDCR-OPS/CEPIS. p. 88. 

Referencia	Recepción	Aprobación
Mendez D.; F. y Gonzalez R.; J. Evaluación de la calidad del agua de riego usada en los cultivos de arroz de la zona alta de la meseta de la ciudad de Ibagué (Tolima, Colombia). Revista <i>Tumbaga</i> (2009).	Día/mes/año 14/08/2009	Día/mes/año 1/09/2009