



Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias

ISSN: 1010-2760

paneque@isch.edu.cu

Universidad Agraria de La Habana Fructuoso

Rodríguez Pérez

Cuba

Méndez F., Marcial A.; Ricardo C., Martha P.; Pérez P., Jeny; Hernández C., Geisy; Campos, Osvaldo

Uso de las aguas residuales para el riego de cultivos agrícolas, en la agricultura urbana

Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, vol. 15, núm. 3, 2006, pp. 17-21

Universidad Agraria de La Habana Fructuoso Rodríguez Pérez

La Habana, Cuba

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93215304>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# Uso de las aguas residuales para el riego de cultivos agrícolas, en la agricultura urbana

## The use of waste waters for the irrigation of crops in urban agriculture

Marcial A. Méndez F.<sup>1</sup>, Martha P. Ricardo C.<sup>2</sup>, Jeny Pérez P.<sup>2</sup>, Geisy Hernández C.<sup>2</sup>  
y Osvaldo Campos<sup>3</sup>

**RESUMEN.** El uso de las aguas residuales se presenta como una de las fuentes alternativas para el riego en la agricultura urbana. Esto entraña un conjunto de interrogantes en cuanto a su manejo y las posibles afectaciones que ellas puedan ocasionar a los frutos cosechados, al suelo y al medio ambiente. Las informaciones que se presentan, son solo los primeros resultados de los estudios introductorios hasta ahora realizados. Las aguas residuales del afluente Luyanó en el municipio Arroyo Naranjo, de acuerdo con los análisis realizados, se clasifican como aguas de baja contaminación (según los valores DBO<sub>5</sub> y DQO obtenidos). Estas aguas, además, toxicológicamente no constituyen un riesgo de contaminación ni para el suelo ni para el medio ambiente, aunque no deben utilizarse sin tratamiento previo en cultivos de consumo directo, dada la carga microbiana que presentan. Las parcelas experimentales que se establecieron con cultivos de zanahoria, rábano y flor del Marigold, mostraron en las primeras cosechas que es posible alcanzar en ellas altos rendimientos agrícolas, dado el valor fertilizante de estas aguas residuales. Los resultados de la cosecha del rábano, según análisis bacteriológicos realizados, no mostraron ningún tipo de contaminación. El suelo y el entorno agrícola, tampoco presentaron afectaciones.

**Palabras clave:** afectaciones, tratamiento, polución, microbiana, rendimiento.

**ABSTRACT.** The use of waste waters is presented, as one of the alternatives sources for irrigation in the urban agriculture. This keep in mind, a group of questions around its management and the posible affectations that they can cause to what is yielded; to the soil and to the environment. The informations that are presented, are only the first results of the introductory studies accomplished up today. The waste waters that are available in the Luyanó Affluent, in the Arroyo Naranjo municipium, according with the laboratory analysis that has been carried out, are classify as waters of low pollution (according with the BOD<sub>5</sub> y QOD that has been obtained). From the toxicological point of view, these waters, additionally, do not represent a risk of pollution not for the soil, neither for the environment, although it is better not to use these waters, without previous treatment, in the case of crops that are used without cooking because of its microbial charge. The experimental parcels that were established, with carrot, radish and Marigold flower, showed in the first harvests, that it was possible to achieve in them, high agricole yields, because of the fertilizer content of this water. The results of the radish harvest, according with the bacteriological analysis that was carried out, do not show any type of contamination. The soil and the agricole environment, do not presented any affectation at all.

**Key words:** affectations, treatment, pollution, microbial, yield.

**Recibido** 18/07/05, trabajo 73/06, investigación.

<sup>1</sup> Dr., Inv., Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje (IIRD). Ciudad de la Habana, Cuba. E-\*: [marcial@iird.cu](mailto:marcial@iird.cu)

<sup>2</sup> M.Sc., Inv., IIRD.

<sup>3</sup> Tec., IIRD.

## INTRODUCCIÓN

La provincia Ciudad de La Habana, ha incrementado su desarrollo agrícola en los últimos años, lo cual ha requerido del apoyo del riego (DELEGACIÓN AGRICULTURA, 1996). Sin embargo, el volumen de agua que se ha solicitado para estos fines no ha podido ser aportado totalmente por el sistema del acueducto de la ciudad (KALAF, 1997). Esta situación ha obligado a ir a la búsqueda de alternativas, el empleo de las aguas residuales disponibles en la ciudad, cuando tienen baja carga contaminante, o una vez depuradas, constituye una de esas alternativas.

Se pretende pues hacer un mayor uso de las aguas de desecho (AYERS y WESTCOT, 1987), beneficiando fundamentalmente a cultivos que no se consuman frescos; dando los riegos necesarios, solamente, con la técnica del goteo, establecer si esas aguas pueden o no ser aplicadas a través del sistema y determinar si las afectaciones que se le ocasionen al mismo y a los productos cosechados, son o no admisibles.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los trabajos de campo se llevaron a cabo en diferentes parcelas ubicadas dentro del área de investigaciones situadas al noroeste del Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje (IIRD). Estas parcelas presentan pendientes de hasta de 112 000 y están ocupados por un suelo hidromórfico, con algún material transportado (TORRES, 1998). Como fuente de abasto se tomó el afluente Luyanó, que en el período de estiaje tiene caudales que varían entre 50 y 65 litros por segundo. (RICARDO *et al.*, 2000)

Como cultivos indicadores se utilizaron el rábano, la zanahoria y la flor del Marigold. A estos se les realizaron

todas las atenciones culturales propias de ellos, y solo fueron fertilizados con materia orgánica. En la protección de estas plantas, no fueron utilizados productos químicos.

Se montaron dos áreas de investigaciones:

a) **Investigaciones controladas en tanques o plazoletas, con el Marigold (*Tagetes erecta*)**. Para esto, se adoptaron tres tratamientos que fueron:

$T_1$ : Regado solo con aguas residuales crudas.

$T_2$ : Regado con una mezcla del 50 % de agua residual cruda y 50 % de agua pura del acueducto.

$T_3$ : Regado solo con agua pura del acueducto.

De esta flor se realizaron 4 siembras, que se identifican como ensayos:

– *Ensayo # 1*, época lluviosa ( del 12 de julio al 1<sup>ro</sup> de octubre de 1999).

– *Ensayo #2*, en la época seca (del 15 de febrero al 22 de mayo del 2000).

– *Ensayo #3*, en la época de lluvia ( del 11 de julio al 30 de octubre del 2000).

– *Ensayo #4*, en la época seca ( del 26 de diciembre del 2000 al 2 de abril de 2001).

Dichas siembras se realizaron en tanques de zinc galvanizado.

b) **Investigaciones realizadas en suelo**. Se realizaron en un conjunto de parcelas, situadas al noreste del Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje (IIRD), próximas al afluente Luyanó, en las mismas se utilizaron los cultivos zanahoria y rábano. Los análisis de esta agua se realizaron en el laboratorio del Instituto de Investigaciones de Ciencias Agrícolas (INCA), en 1998.

Las parcelas poseían un suelo hidromórfico, cuyas principales características, para los fines de riego, se presentan en la Tabla 1.

**TABLA 1.** Propiedades físicas del suelo

$Pe$ (g/cm <sup>3</sup> )	$H\theta$ (%)	$Pt$ (%)	pH	$CE$ (mmhos/cm)	$Da$ (g/cm <sup>3</sup> )
2,09	12,15	53,0	7,7	0,30	0,914

$Pe$ : Peso específico

$Pt$ : Porosidad total

$CE$ : Conductividad eléctrica

$H\theta$ : Humedad higroscópica

pH: índice de ácidos

$Da$ : Densidad aparente

Para esta fase de exploración se utilizó un diseño formado por dos tratamientos sin réplicas.

$T_1$ : Riego con agua potable

$T_2$ : Riego con agua residual.

Los aspectos estudiados y evaluados durante el desarrollo de la tarea, fueron los siguientes:

1. La calidad de las aguas de desecho empleados.
2. La características de los suelos antes y después del riego.
3. La respuesta agrícola de los cultivos plantados. Observaciones sobre las posibles afectaciones a los frutos cosechados.
4. Afectaciones al sistema de riego por goteo utilizado. (Regando flor de Marigold).

Las determinaciones de agua, suelo y cultivo se realizaron en varios institutos de investigaciones; de la Universidad Agraria de La Habana, Universidad de La Habana, Ministerio de Salud Pública y Ministerio de la Agricultura. En todas las determinaciones se utilizaron las normas y procedimientos vigentes en sus laboratorios.

La evaluación integral del sistema de riego por goteo se realizó directamente en el campo, conforme a las normas y procedimientos aprobados por el IIRD para estas actividades.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los principales resultados alcanzados fueron los siguientes:

1. Análisis físicos, químicos y biológicos realizados al afluyente Luyanó.

Los análisis realizados a las aguas de la fuente (CINC, 1995), mostraron que el comportamiento de los indicadores seleccionados (Tabla 2 y 3), sigue estando a favor de su posible uso en la agricultura de regadío, sin olvidar que los cultivos que se benefician no pueden consumirse directamente, a menos que se le haga un tratamiento terciario a esta agua (KUTERA, 1985; FEIJIN *et al.*, 1991; MORENO *et al.*, 1991; MORENO y col., 1996).

En los resultados del bioensayo toxicológico de elongación de la raíz, realizado a semillas (de diferentes hortalizas), que fueron humedecidas con agua residual, (Tabla 3), no se encontró toxicidad a ningún nivel de significación, según la prueba de Duncan usada como método evaluativo (INHA, 2000).

**TABLA 2.** Resultados de los análisis físicos. Año 2000 (Agua residual)

Características físicas	mg/L
Sólidos totales	395,0
Sólidos volátiles	31,0
Sólidos fijos	85,0

**TABLA 3.** Resultados de los análisis químicos y biológicos del agua. Año 2000

No. de muestras	Química					Biología		
	Inorgánica		Orgánica			Indicadores microbiológicos		Bioensayo toxicológico
	Nitrito	Sulfato	OD	DBO	DQO	Coliformes totales	Coliformes fecales	Bioens. de inh. elong. de un vegetal
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NMP/100 mL	NPM/100 mL	
1	0,86	37,66	0	30	41,60	35, 10 <sup>5</sup>	240, 10 <sup>4</sup>	La muestra no resultó
2	0,52	21,50	0	40	110,00	54,10 <sup>5</sup>	350,10 <sup>4</sup>	Iden
3	0,39	33,36	0	48	53,76	35,10 <sup>5</sup>	22, 10 <sup>4</sup>	Iden
4	0,39	16,14	0	40	20,80	11,10 <sup>5</sup>	79,10 <sup>4</sup>	Iden
5	0,06	37,60	0	160	114,40	17,10 <sup>5</sup>	79,10 <sup>4</sup>	Iden

2. Investigaciones de suelos en las áreas de trabajo.

En las tablas 4 y 5 se presentan los análisis de laboratorio realizados a los suelos, antes y después del riego, así como las características biológicas del suelo virgen.

Obsérvese en la Tabla 4 como se alteran los parámetros medidos, cuando se aplica el agua residual, lo cual se reflejará en el funcionamiento posterior del suelo, así como en el nivel de contaminación del futuro fruto que se coseche.

En el proceso de montaje de los sitios experimentales, se determinaron algunas características químicas del suelo y se compararon sus magnitudes con las determinadas después de aplicar el agua contaminada. Los resultados se presentan en la Tabla 5, donde se observa que los valores de fósforo se incrementan, mientras que los de sodio no se alteran. Los valores de pH disminuyen por el aumento del contenido de materia orgánica.

**TABLA 4.** Análisis químicos y microbiológicos en suelo

Antes del riego				Después del riego			
No. de muestras	Química		Microbiología	No. de muestras	Química		Microbiología
	Sulfato mg/kg	Nitrito mg/kg	Coli. fecales NMP/gps		Sulfato mg/kg	Nitrito mg/kg	Coli. fecales NMP/gps
1	116,21	1,81	a) 121,20	2	578,10	10,21	a) 334,70
			b) 245,90				b) <,20
			c) 5,66				c) 3 313,40
			d) 60,71				d) < 0,20
			e) 0,83				e) 55,10

**TABLA 5.** Algunas características químicas del suelo del área de investigaciones, antes y después de ser regadas con el agua contaminada

Suelo	P (meq/100g)	Na (meq/100g)	pH	MO %
Antes del riego	0,28	0,39	8,2	1,29
Después del riego	24,00	0,39	7,9	3,58

3. Respuesta agrícola de los cultivos plantados.

a) Investigaciones controladas en tanques o plazoletas

Los ensayos 2 y 4 que fueron realizados en la época de seca, tuvieron comportamientos similares. El tratamiento de mayor rendimiento fue el T<sub>1</sub>, seguido del T<sub>2</sub> y luego el T<sub>3</sub>.

- En el período seco, en el que la lixiviación producida por la lluvia es menor, el mejor tratamiento resultó ser el T<sub>1</sub>, regado con aguas residuales crudas, mientras que en el período lluvioso, los mejores tratamientos resultaron ser el T<sub>2</sub> y el T<sub>3</sub>, en los que hay más agua potable. Es evidente que la lluvia atenúa la posible acción negativa de las aguas residuales.
- Los ensayos 1 y 3 realizados en el período lluvioso, muestran mayores rendimientos que los ensayos 2 y 4 que se desarrollaron en la época seca.
- Dado que no se observan diferencias significativas entre los tratamientos regados con aguas residuales y los regados con agua potable, es evidente que debe proponerse sustituir, allí donde sea viable, al agua potable por la residual.

b) Investigaciones de campo realizadas en suelo.

En ninguno de los cultivos ensayados se encontraron diferencias significativas en su comportamiento, tanto usando agua residual como potable. Sin embargo hubo un ligero incremento de los rendimientos agrícolas, tanto en el rábano como en la zanahoria, cuando fue utilizada el agua residual. Se estima en primera instancia, que esto puede deberse al valor fertilizante del agua residual en los contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio.

Los resultados del laboratorio del Instituto Nacional de Higiene de los Alimentos no mostraron ningún tipo de contaminación en el rábano, lo cual puede haber sido provocado por la forma en que fue regado usando una vasija con perforaciones y no por surcos.

4. Afectaciones al sistema de goteo utilizado

- El filtrado es imprescindible. Los filtros de malla simple o dobles, tienen que ser limpiados después de cada riego.
- Las válvulas de pie, deben revisarse durante el bombeo o el rebombeo, pues se tupen y paralizan el riego.

- Tienen que construirse desazolvadores, desarenadores y rejillas para captar los elementos flotantes mayores y proteger así, tanto a los filtros de arena como a los de malla. Como no se procedió exactamente de esta forma, resultó que los costos de operación de los sistemas, se elevaron de manera significativa.
- Las características físico-químicas de las aguas bombeadas, no afectaron de ninguna forma a las tuberías conductoras, distribuidoras y laterales de PVC de los sistemas. Estos componentes, así como los emisores, deben ser revisados por este concepto, cada 6 meses por lo menos;
- Los laterales que se limpiaron por lo menos una vez cada semana, no presentaron problemas de tupición;
- Los problemas que existieron con el filtrado del agua, trajeron como consecuencia que se tupieran muchos goteros. La limpieza de un gotero demora entre 45 y 60 seg.
- Los problemas de tupición llegaron a paralizar el riego, por lo menos cinco veces durante el período de riego.

## CONCLUSIONES

- Los resultados de los análisis físicos, químicos, biológicos y bacteriológicos indican que esta agua puede usarse para regar cultivos que no se consuman directamente.
- El uso de la flor del Marigold como vegetal para iniciar los trabajos, resultó bueno para los fines de la investigación, por cuanto dio la posibilidad de adquirir mucha información durante todo el año.
- No se observan diferencias significativas entre los tratamientos regados con aguas residuales y los regados con agua potable, en el caso de la flor de Marigold.
- Cuando se dispone de un buen sistema de filtrado y se limpian los emisores sistemáticamente, las aguas residuales pueden aplicarse sin ningún inconveniente a través de los sistemas de riego por goteo, en cultivos que no se consuman frescos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYERS, R.S. y D.W. Westcot: *La calidad del agua en la agricultura*, FAO, Roma, 1987.
- CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS (CNIC): *Resultados de los análisis microbiológicos realizados*, 1995.
- DELEGACIÓN DE LA AGRICULTURA: Informe Técnico, «Taller para jefes de riego de los Consejos Populares de la Ciudad de La Habana», 1996.
- FEIJIN, A.; I. RAVINA and J. WHALHEVET: «Irrigation with treated sewage effluent. Management for environmental protection», *Advanced Series in Agricultural Sciences*, no. 17, p. 6, 1991.
- INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIA AGRÍCOLA (INCA): *Resultados de análisis químicos realizados*, 1998.
- INSTITUTO DE NUTRICIÓN E HIGIENE DE LOS ALIMENTOS (INHA): Informe de ensayos, 2000.
- KALAF, M.J.: Proyecto GEF, Bahía de La Habana, 1997.
- KUTERA, J.: «Utilización de aguas residuales en la agricultura de Polonia», *Voluntad Hidráulica* 22 (66): 59-64, Ciudad de La Habana., 198.

MORENO, M. D. y J.L. MORENO: «Depuración por lagunajes de aguas residuales», *Manual de operadores*, Ministerio de Obras Públicas y Transporte, Madrid, 1991

MORENO, C. J.; MARÍA DOLORES PÉREZ y H.R. MORAL: *Análisis y calidad del agua de riego*, 220 pp., Servicio de Publicaciones, Valencia, 1996.

RICARDO, MARTA *et al.*: «Características físicas, químicas y biológicas del afluente Luyanó», Etapa AU-6.2, Proyecto de Investigaciones Territoriales, C.de La Habana, 2000.

TORRES, L.: «Caracterización y clasificación del suelo del proyecto», Informe Técnico, Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje, Ciudad de La Habana, 2001.

# **Programa de Investigación en Ingeniería Agrícola**

**Se realizan investigaciones en áreas de la Ingeniería Agrícola y Agroindustrial que plantean soluciones a problemas sectoriales o regionales de impacto nacional.**

## **Líneas de investigación:**

- Geohidrología
- Mantenimiento y reparación de la maquinaria agrícola
- Sistemas y tecnologías para la mecanización
- Ingeniería y tecnología de alimentos

**Se cuenta actualmente con máquinas para la cosecha del maíz, frijol, transplantadoras de piña, reventadora de amaranto, cosechadora de jamaica, cosechadora de cacahuete, sembradoras de precisión de diferentes tipos y capacidades.**

## **Coordinar con:**

**MI. Martín Soto Escobar**

## **Director del**

**Dpto. de Ing. Mecánica Agrícola**

**Tel.: (595) 2 1500 ext. 5719**

**E-mail: rlobato@taurus 1.chapingo.mx**

## **Dpto. de Irrigación**

**Tel.: (595) 2 1500 ext. 5690**

**"Marcando el rumbo  
de la Ingeniería  
Agrícola en México,  
en el Tercer Milenio"**

**Universidad  
Autónoma  
Chapingo**

