

## Utilización de aguas residuales tratadas en cultivos hidropónicos de pimentón, *Capsicum annum* L.

Gustavo Morillo\*, Belkys Ortega, Ismenia Araujo, Daisy Isea, Nancy Angulo y Luis Vargas

Centro de Investigación del Agua, Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia.  
Maracaibo, Venezuela

Recibido: 14-06-07 Aceptado 27-02-09

### Resumen

Con la finalidad de evaluar la factibilidad de reutilización de aguas residuales tratadas en cultivos hidropónicos de pimentón (*Capsicum annum* L.), se dispuso un ensayo utilizando varias composiciones; Tratamiento 1: Agua Potable-Solución nutritiva (AP), Tratamiento 2: Agua Residual B2-Solución Nutritiva (B2), y Tratamiento 3: Agua Residual B3-Solución Nutritiva (B3). Los tratamientos fueron colocados en envases de plástico en un sistema de raíz flotante. Se obtuvieron porcentajes de germinación de 84, 94 y 90% respectivamente. Las plantas de los sistemas AP y B3 culminaron la etapa de fructificación con características fisicoquímicas y de producción similares; mientras que las plantas del tratamiento B2 presentaron menor desarrollo y los frutos fueron de menor calidad. En general, el cultivo hidropónico de pimentón con aguas residuales tratadas presentó características similares al cultivado con agua potable. Las plantas absorbieron los nutrientes necesarios para su crecimiento y disminuyó en más de un 60% la concentración de contaminantes en las aguas residuales, mejorando su calidad.

**Palabras clave:** hidroponía, aguas residuales, pimentón, solución nutritiva.

## Using treated wastewater in hydroponic cultivation of pepper, *Capsicum annum* L.

### Abstract

To evaluate the feasibility of reusing treated wastewater in hydroponic cultivation of sweet pepper (*Capsicum annum* L.), a test was arranged using the following compositions; Treatment 1: Water-nutrient solution (AP), Treatment 2: Water residual nutrient solution-B2 (B2) and Treatment 3: Wastewater nutrient solution-B3 (B3). The treatments were placed in plastic containers in a floating root system. Germination percentages were 84, 94 and 90% respectively. The plant systems B3 and AP resulted, in the fruiting stage and physicochemical characteristics, similar production, while plant B2 Treatment had lower development and the fruits were of lower quality. Overall, the hydroponic cultivation of sweet pepper with treated wastewater introduced similar characteristic cultivated with drinking water. Plants absorb nutrients for their growth and decreased by more than 60% concentration of pollutants in wastewater, improving its quality.

**Key words:** hydroponic, wastewater, sweet pepper, nutrient solution.

\* Autor para la correspondencia: gmorillo@luz.edu.ve

## Introducción

Las aguas residuales constituyen una fuente de contaminación ambiental, pues por lo general son vertidas a ríos, lagos y mares sin ningún tipo de tratamiento. Con el fin de mejorar la calidad de estas aguas se cuenta con plantas de tratamientos para remover los agentes contaminantes y mejorar la calidad del efluente. La disposición de este efluente se hace generalmente a fuentes receptoras y descarga sobre el suelo (1).

Ha surgido un gran interés por la reutilización agrícola de estas aguas; tanto para el riego localizado como para cultivos hidropónicos, empleando los mismos criterios que para aguas superficiales o subterráneas. La reutilización de las aguas residuales en cultivos hidropónicos suple parte de las sales inorgánicas que integran las soluciones nutritivas empleadas (2).

Dada la importancia del abastecimiento de alimentos a la población mundial, se han buscado alternativas agrícolas para incrementar la producción y calidad de los alimentos y satisfacer dicha demanda. La hidroponía permite obtener mayores rendimientos de los cultivos (principalmente hortalizas), mejorar la calidad de los frutos, ahorrar agua y fertilizantes (3).

Desde el año 1991, la Oficina Regional de FAO para América Latina y el Caribe (FAO/RLC), ha tenido una activa labor en el desarrollo y difusión sobre los usos de la Hidroponía Simplificada, como parte de una estrategia de seguridad alimentaria, para poblaciones de escasos recursos, en áreas peri-urbanas y rurales (4).

En esta investigación se utilizaron las aguas residuales tratadas, provenientes de las lagunas de estabilización del Centro de Investigación del Agua (CIA). El cultivo utilizado fue seleccionado por ser un alimento de consumo masivo, resistente a altas temperaturas características de la región occidental de Venezuela.

## Materiales y métodos

El ensayo se realizó en el Centro de Investigación del Agua, adscrito a la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Zulia, donde se encuentran las lagunas de estabilización. El agua residual usada, fue tratada en la serie B del sistema de lagunas, pasando por una laguna facultativa (B1) y por dos de maduración (B2 y B3).

### Preparación de la solución nutritiva madre

La solución nutritiva utilizada para el desarrollo del sistema hidropónico fue la propuesta por Hoagland y Arnon (solución 2 reformulada en 1950) (5). Se escogió esta fórmula por ser la más utilizada en sistemas hidropónicos en el mundo, debido a la facilidad de preparación y contenido adecuado de nutrientes para una gran variedad de cultivos; su composición presenta concentraciones de 210 ppm de Nitrógeno, 31 ppm de Fósforo, 234 ppm de Potasio, 34 ppm de Magnesio, 160 ppm de Calcio; y contenidos variables de micronutrientes como Azufre, Hierro, Manganeso, Cobre y Zinc, entre otros (5).

Las soluciones madre se prepararon en un litro con una concentración 1 molar, manteniéndose almacenadas en botellas color ámbar y en un lugar fresco para evitar daños causados por la luz. Para la preparación de la solución nutritiva, por cada litro de solución, se agregó: 1 mL de fosfato monoamónico ( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ), 6 mL de nitrato de potasio ( $\text{KNO}_3$ ), 4 mL de nitrato de calcio ( $\text{Ca}[\text{NO}_3]_2$ ) y 2 mL de sulfato de magnesio ( $\text{MgSO}_4$ ), 1 mL de solución de microelementos y 1 mL de quelato de hierro. El pH se ajustó a un valor entre 6,5 y 7; utilizando ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) o hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ ) según el caso.

### Descripción de la técnica hidropónica

Luego de preparar la solución nutritiva, se seleccionaron semillas certificadas de pimentón con un porcentaje de germinación

de 80% y de pureza de 98%. En cápsulas de petri se colocaron 50 semillas de pimentón (por duplicado), seleccionando los mejores brotes a la tercera semana, colocando las plántulas en envases de 100 mL para luego ser transplantadas al sistema hidropónico definitivo.

Se aplicaron tres tratamientos, el tratamiento 1 fue denominado control, utilizando agua potable y agregando solución nutritiva (AP), en los tratamientos 2 y 3 se utilizó el agua residual de la salida de la laguna de maduración B2 y B3 respectivamente, agregando a cada una los requerimientos necesarios de la solución nutritiva, hasta igualar la concentración de nutrientes a las concentraciones referidas en la solución nutritiva de Hoagland y Arnon (Tratamientos B2 y B3).

### Sistema de cultivo hidropónico

Se instalaron nueve unidades experimentales, constituidas por envases plásticos (con capacidad de 4 litros cada uno) recubiertos con bolsas plásticas negras y luego blancas, a los cuales se les adicionó las soluciones nutritivas. Las plantas seleccionadas estuvieron sostenidas con goma espuma, con las raíces sumergidas. Se instalaron tres plantas para cada tratamiento, (una planta por envase) colocándoles aireación para oxigenar las raíces. El cultivo tuvo una duración de 140 días.

### Toma y análisis de las muestras

Se tomaron muestras de agua potable y de agua residual tratada de cada laguna de maduración para realizarle análisis de pH,

conductividad eléctrica, fósforo total, nitrógeno amoniacal y total khjeldal, nitritos, nitratos, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), oxígeno disuelto (OD) y cloruros, mediante los métodos descritos en el Standard Methods (6). Estas aguas se usaron como parte de la solución nutritiva en la cual crecieron las plantas de pimentón. La solución nutritiva se renovó cada 2 semanas y se le realizaron los análisis para verificar en que condiciones quedaba el agua después de su reutilización en el cultivo hidropónico.

### Análisis estadístico

El análisis estadístico fue realizado mediante el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System) (7) realizando un procedimiento de modelos lineales generales (G.L.M) y aplicando la prueba de Tukey, con un nivel de confianza de 95%.

## Resultados y discusión

### Caracterización del agua empleada en el cultivo hidropónico

En la Tabla 1 se observan las características fisicoquímicas determinadas al agua potable y aguas de las lagunas de estabilización B2 y B3.

En forma general, el agua residual tratada presentó características aceptables para ser usada como sustituto del agua potable en el cultivo hidropónico de pimentón, al presentar los parámetros de nitrógeno, fosfatos, DBO, DQO, cloruros, conductividad eléctrica y metales pesados con valores inferiores a los establecidos por la normati-

Tabla 1  
Valores promedio de la caracterización del agua empleada en el cultivo.

Agua	T (°C)	pH	CE mS/cm	Cloruro	Fósforo	NT	N-NH <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	OD	DQO	DBO
AP	26,14	6,93	0,21	16,47	0,54	3,43	3,07	0,00	0,18	7,30	24,23	0,00
B2	26,92	7,88	0,52	55,35	6,80	17,58	12,32	0,03	0,25	2,64	354,88	71,80
B3	26,94	7,81	0,49	54,19	6,36	17,76	10,12	0,11	0,09	2,50	297,25	33,60

va ambiental vigente (8). Las concentraciones de fósforo y nitrógeno presentes en estas aguas, no aportan el nivel requerido por la formulación de Hoagland y Arnon; sin embargo, su presencia generó una economía en el uso de estos elementos. El control del pH por debajo de la neutralidad impidió el incremento de las formas tóxicas de nitrógeno (amoníaco) favoreciendo la permanencia de las formas de nitratos y amonio. Las concentraciones de cloruro fueron mayores para el agua residual tratada (54,5 mg/L) que en el agua potable (16,47 mg/L); sin embargo, las primeras no sobrepasaron los niveles recomendables para ser usadas en cultivos, según lo reportado por Ramos (2), por ser inferiores a 140 mg/L. Las características físico-químicas de las aguas del sistema de lagunas del CIA concuerdan con las obtenidas por Yabroudi y col. (9); los valores obtenidos por ambas investigaciones se encuentran dentro de los límites establecidos por la normativa ambiental vigente (8).

### Germinación

Como se muestra en la Tabla 2, el porcentaje de germinación a la tercera semana en el agua residual tratada fue de 92%, mientras que en el agua potable fue de 84%; esto se debió a que el agua residual tratada contenía mayor cantidad de nutrientes que fueron utilizados por las plántulas. A la tercera semana se pudo observar mayor altura en las plantas que fueron regadas con aguas de las lagunas B2 y B3, que las regadas con agua potable; lo cual es atribuible a la presencia de nutrientes en las aguas servidas tratadas. Morillo y Col. (2009) (10), traba-

jando con *Cucumis sativus*, obtuvieron mayor porcentaje de germinación con agua potable que con agua residual tratada debido a que las plántulas de pepino son más susceptibles a las concentraciones de sales presentes en el agua residual que las de pimentón (11).

### Caracterización del agua proveniente del cultivo hidropónico

De acuerdo con las aseveraciones de Bravo en 1995 (5), Furlani en 2003 (11) y lo reportado por Rodríguez en 1989 (12), los valores de temperatura (25 a 28°C), pH (5,5 a 7) y conductividad eléctrica (2,5 a 4 mS/cm) garantizan el buen desarrollo de los cultivos. En esta investigación los valores de esos parámetros se encontraron dentro de dichos rangos. Para el caso del pH, los valores concuerdan con los reportados por Capulín y Núñez (13) para aguas residuales provenientes de producción bovina en el desarrollo de soluciones nutritivas a ser utilizadas en hidroponía. Es importante destacar que el pH se controló para mantener disponible los elementos nutritivos en la solución, el cual estuvo entre 5,5 y 7 (5, 14).

Durante el cultivo de pimentón, la conductividad eléctrica (0,21 a 0,49 mS/cm) se encontró en el rango requerido para un adecuado crecimiento del cultivo, el cual tolera una conductividad eléctrica de 2,5 a 4,0 mS/cm; así mismo, estos valores facilitaron la absorción de agua y nutrientes, según lo reportado por Furlani (11) y Lara (15) en tomate, que al pertenecer como el pimentón a la familia Solanaceae, presentan comportamientos similares.

Tabla 2  
Rendimiento y altura de las plantas en los sistemas de tratamiento.

Sistema	% Germinación	*Altura (cm)
Ap	84%	2-3 cm
B2	94%	3,5-4 cm
B3	90%	3,5-4 cm

\* Altura a la tercera semana de edad. Ap = Agua potable. B2 = Laguna B2. B3 = Laguna B3.

El análisis estadístico determinó que no existió diferencia significativa del agua con respecto al tiempo para las variables temperatura y conductividad eléctrica, en los diferentes tratamientos, demostrando iguales condiciones a lo largo de la experimentación; mientras que el pH se observó influenciado por la calidad del agua empleada, existiendo diferencias significativas  $P < 0,05$ . El análisis realizado mediante la prueba de comparación de medias muestra un resultado similar, existiendo diferencias significativas sólo en cuanto a pH. La temperatura y la conductividad eléctrica presentaron valores que permiten la utilización de las aguas de B2 y B3 para cultivos hidropónicos; mientras que el pH debe ser controlado para lograr un buen desarrollo de los cultivos hidropónicos, en concordancia con lo estipulado por Bravo (5) y Furlani (11).

En la figura 1 se presenta el promedio de las concentraciones de cloruro determinado durante el ensayo en el agua proveniente del cultivo luego de 15 días, estas concentraciones encontradas en el agua residual tratada (B2 y B3) fueron mayores que las del agua potable (AP), debido a que el agua de las lagunas de estabilización, con la cual se preparó la solución nutritiva, contenía concentraciones entre 40 y 70 mg/L. Al realizar el análisis estadístico se encontró diferencia significativa entre los diversos tratamientos, demostrando que el agua residual tratada contenía mayor concentración de cloruros que el agua potable; sin embargo, como lo reporta Ramos (2), estas concen-

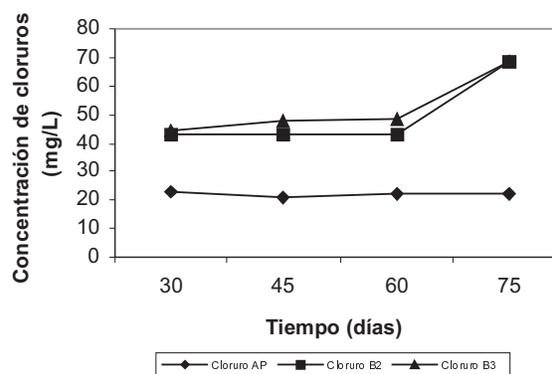


Figura 1. Concentración de Cloruros en las aguas de recambio.

traciones no ocasionaron problemas de toxicidad en el cultivo (2, 16). Al realizar la prueba de comparación de medias se muestra un análisis similar encontrando sólo diferencias significativas en el agua potable en los diferentes muestreos con respecto al agua de las lagunas (B2 y B3) en el transcurso del tiempo.

Las concentraciones de fósforo (figura 2) mostraron un comportamiento similar para todos los tratamientos. En el análisis estadístico, las pruebas de Tukey no mostraron diferencias significativas en lo referente a este elemento para las aguas de recambio; esto indica que el fósforo presente en el agua fue igualmente utilizado independientemente del origen del mismo. Durante la aplicación de los tres tipos de agua a los cultivos, el tratamiento B2 presentó valores ligeramente superiores a los tratamientos AP y B3; sin embargo, a los 60 días del ensa-

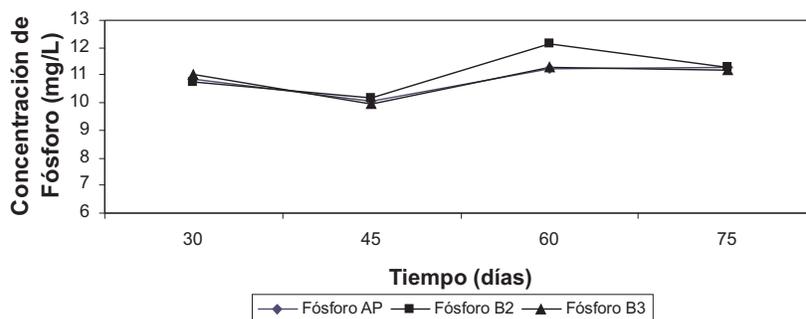


Figura 2. Concentración de Fósforo en las aguas de recambio.

yo el agua del tratamiento B2 evidenció un incremento notorio en la concentración de fósforo, el cual no se reflejó en el desarrollo de las plantas ni de frutos del cultivo de pimentón (16).

Las formas nitrogenadas presentan un comportamiento particular en el agua de recambio, existiendo variaciones a lo largo del ensayo, y evidenciándose que no todos los tratamientos se comportaron de manera similar, se observó que en aquellos tratamientos donde existió un mayor crecimiento de las plantas, las concentraciones de nitrógeno tendían a ser menores, por la utilización de este elemento en los procesos de crecimiento. Estando todos los tratamientos a las mismas concentraciones iniciales, unas plantas absorbieron más nitrógeno que otras, alcanzando las primeras una mayor altura. Las plantas redujeron las concentraciones de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NH}_4^+$  presentes en las aguas residuales. En la figura 3 se muestra el com-

portamiento del nitrógeno total y amoniacal, observándose las concentraciones más altas a los 30 días; sin embargo, estas concentraciones fueron disminuyendo a medida que la planta aumentaba su crecimiento. Muchas especies de plantas crecen mejor cuando son suplementadas con nitrógeno como nitrato que como amonio (1, 17, 18).

El análisis estadístico reflejó que existió diferencia significativa entre los tratamientos usando el agua residual tratada. La prueba de comparación de medias mostró un resultado similar, encontrando que existieron diferencias entre los tres tratamientos. Este resultado permite inferir que estas formas de nitrógeno favorecen el desarrollo de cultivos de pimentón.

En la figura 4 se muestra las concentraciones de nitritos y nitratos presentes en los diferentes tratamientos del cultivo de pimentón con respecto al tiempo, donde el au-

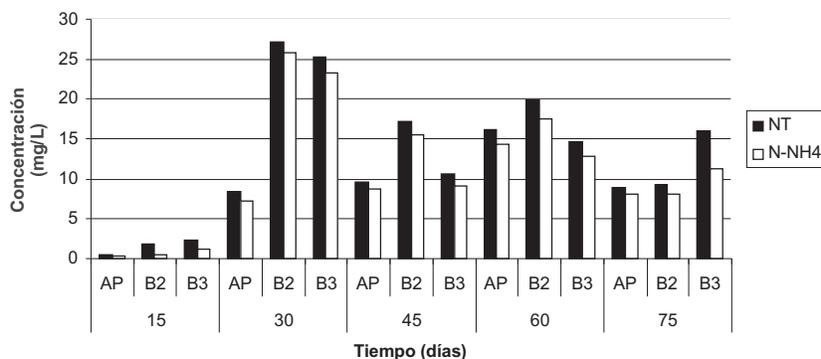


Figura 3. Concentración de Nitrógeno Total Kjeldahl y Amoniacal en las aguas de recambio.

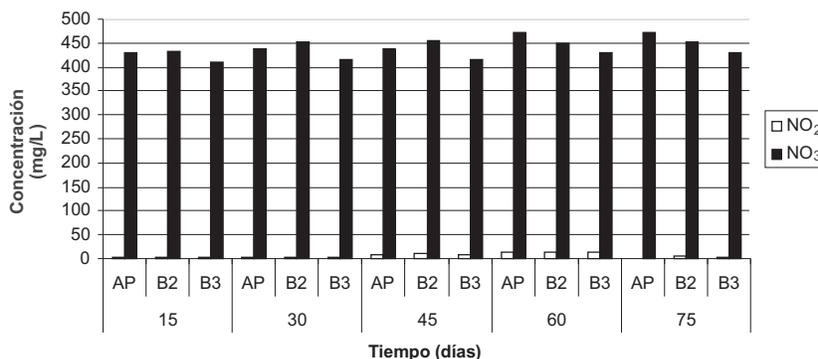


Figura 4. Nitritos y Nitratos en aguas de recambio.

mento de las concentraciones de nitrito reflejan las transformaciones de nitrógeno asociado a los procesos de las bacterias, en presencia de oxígeno para oxidar el amonio, y que la disminución de esta concentración evidencia la subsiguiente oxidación del nitrito a nitrato. La molécula de nitrito es químicamente inestable y tiende a convertirse rápidamente en nitrato en presencia de oxígeno (18, 19), lo cual se vio facilitado en esta investigación por la aireación suministrada a los tratamientos.

El análisis estadístico reflejó diferencia significativa en las concentraciones de nitrito, indicando que existió gran variabilidad en los diversos tratamientos con respecto al tiempo. La prueba de comparación de medias reflejó un resultado similar para ambas formas nitrogenadas.

En la figura 5, se observa el comportamiento del oxígeno disuelto de la solución nutritiva en el cultivo, existiendo mayor concentración en el tratamiento con agua potable que en los tratamientos B2 y B3. El agua potable sin nutrientes contiene alrededor de 9-10 ppm de oxígeno disuelto a 20°C, mientras que el agua residual tratada contiene alrededor de 2-2,5 ppm. En los tratamientos AP y B3 se observaron concentraciones similares a los valores de oxígeno disuelto obtenidos en el agua potable sin nutrientes; lo cual califica las aguas servidas

tratadas para su aplicación en hidroponía o riego superficial.

En el análisis estadístico se encontró que las concentraciones de OD en el cultivo, presentaron diferencia significativa, indicando que existía variabilidad en los tipos de agua en el sistema hidropónico, con respecto al tiempo entre los tratamientos AP y B3 con respecto a B2. La prueba de comparación de medias indicó resultado similar.

En la figura 5 se muestra el comportamiento de las concentraciones encontradas durante el cultivo en cuanto a la demanda química de oxígeno y demanda bioquímica de oxígeno, observándose que en ambos tratamientos la DBO disminuyó a los 60 días de cultivo indicando una reducción notable de la materia orgánica en el agua de recambio; concentraciones similares se observaron en los tratamientos B2 y B3 mientras que el tratamiento AP presentó concentraciones bajas con respecto a los otros dos tratamientos. El agua residual tratada en la cual crecieron las plantas, contenía gran cantidad de materia orgánica (DQO de B2: 354,88 mg/L y DQO de B3: 297,35 mg/L). En los cultivos hidropónicos disminuyó la materia orgánica en un 50% aproximadamente gracias a la actividad metabólica de los microorganismos, los cuales, estimulados por la aireación, utilizaron la materia orgánica como sustrato; este proceso convierte la hi-

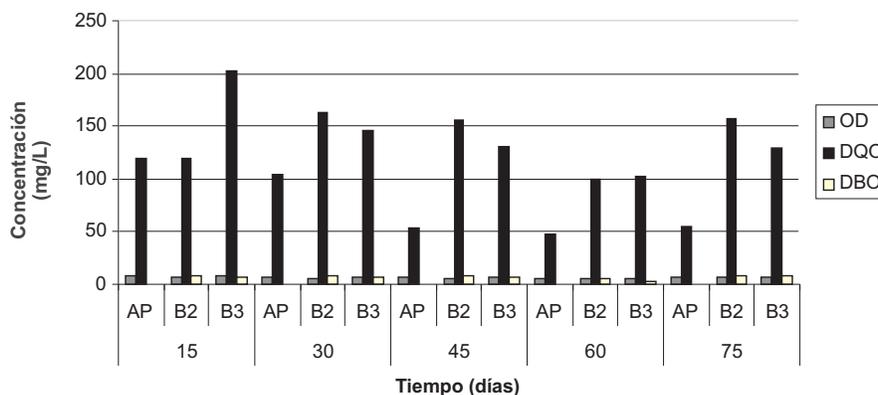


Figura 5. Concentración de OD, DQO y DBO en aguas de recambio.

droponía en un sistema de pulimento para las aguas servidas tratadas (18-19).

Al comparar las concentraciones de DQO y DBO del agua residual tratada de las lagunas de estabilización (tabla 1), se nota una diferencia en comparación con los valores reflejados en las aguas de recambio. En cuanto a las concentraciones de DQO los valores se redujeron en 48 y 53% para B2 y B3 respectivamente, mientras que para DBO la reducción fue de 88,28 y 66,72%; convirtiendo esta agua en un recurso utilizable para el riego de cultivos.

En el análisis estadístico se encontró que las concentraciones de DQO y DBO en los cultivos, presentaron diferencias significativas, indicando que existió variabilidad para estos parámetros en el agua del sistema hidropónico, con respecto al tiempo.

#### **Variables de desarrollo de las plantas de pimentón y valor nutricional del pimentón**

Las plantas de los tratamientos AP y B3 demostraron similitud en cuanto a las variables de desarrollo. En ambos sistemas de tratamiento las plantas se encontraron saludables y en buen estado. Las plantas que crecieron en el agua proveniente de la laguna B2 presentaron variables de desarrollo con valores inferiores; debido a que el agua del tratamiento B2 contenía mayor cantidad de materia orgánica, observándose disminución en cuanto al tamaño y peso. Díaz y col. (20) reportaron alturas promedio de plantas de pimentón cultivadas en suelo de 22,98 a 48,70 cm, estos resultados son si-

milares a los obtenidos en esta investigación para los tratamientos AP y B3.

En la tabla 3, se muestran concentraciones de nitrógeno total y fósforo total presentes en las plantas y frutos de pimentón. En el caso de los dos tratamientos con producción de fruto (AP y B3) estas concentraciones fueron similares, evidenciándose que las plantas absorbieron igual en los dos tratamientos. Similares resultados son reportados por Morillo y col. (10), en plantas y frutos de un cultivo hidropónico de pepino empleando agua residual tratada de las lagunas de estabilización del centro de investigación.

### **Conclusiones**

Las aguas residuales tratadas de las lagunas de estabilización del Centro de Investigación del Agua (CIA) pueden sustituir el agua potable en cultivos hidropónicos, por presentar características fisicoquímicas adecuadas para el desarrollo de estas plantas.

Las concentraciones de cloruros, fósforo y diferentes formas de nitrógeno demostraron que los contenidos en las aguas residuales tratadas son aprovechados por las plantas de pimentón en cultivos hidropónicos.

Los niveles de DBO y DQO en las aguas de recambio demuestran que los cultivos hidropónicos pueden ser utilizados como tratamientos de pulimento de aguas residuales tratadas.

Las plantas cultivadas con agua potable y agua residual tratada de la laguna de maduración B3, presentaron características similares en cuanto a contenido de ni-

Tabla 3  
Promedio de las variables de desarrollo de las plantas de pimentón.

Sistema	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	% Humedad	Altura final (cm)	NT (mg/kg) (Planta)	PT (mg/kg) (Planta)	NT (mg/kg) (Fruto)	PT (mg/kg) (Fruto)
Ap	21,95±1,87	2,19±0,13	93,24±1,42	23,5±2,30	37972±1594	10500±515	40825	17640
B2	10,32±0,33	1,46±0,50	85,83±4,92	14,50±0,5	55108±5806	11146±2166	-	-
B3	14,28±0,28	2,12±0,02	92,08±0,16	18,25±2,30	47245±993	9024±1682	30718	21552

NT = Nitrógeno Total. PT = Fósforo Total.

trógeno y fósforo, indicando que las aguas residuales tratadas pueden ser utilizadas para el desarrollo de cultivos hidropónicos de pimentón.

### Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento al Consejo de Desarrollo Científico y humanístico de la Universidad del Zulia CONDES por el apoyo financiero para la realización de la investigación; igualmente al Centro de Investigación del Agua de la Universidad del Zulia en cuyas instalaciones fue posible llevar a cabo el ensayo.

### Referencias bibliográficas

1. ROMERO J.A. **Acuitratamiento por lagunas de estabilización**. 2a Ed. Escuela Colombiana de Ingeniería. Santa Fè de Bogotá (Colombia). 23-91. 1995.
2. <http://www.ediho.es/horticom/fitech3/ponencia/text/cramos.html>. Consultado 24/ 09/2006.
3. VAILLANT N., MONNET F., SALLANON H., COUDRET A. HITMI A. **J Environ Qual** 33: 695-702. 2004.
4. CALDEYRO STAJANO M. **La huerta hidropónica familiar, como estrategia de seguridad alimentaria y nutricional, para población urbana de escasos recursos. Un estudio de caso en el Uruguay**. FAO. 2003.
5. BRAVO F. **El cultivo hidropónico en el trópico**. Instituto de Botánica Agrícola. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Caracas (Venezuela). 126-132. 1995.
6. GREENBERG A., CRESCERI L., EATON A. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 18 Ed. APHA; AWWA, WE. Washington (USA). 1992.
7. SAS. **Statistical Analysis Systems**. 8<sup>th</sup> Version. SAS Institute INC. Cary NC. E.E.U.U. 2002.
8. Gaceta Oficial N° 5.021 Extraordinaria. República de Venezuela de 1995. Decreto N° 883 de la presidencia de la República. Normas para la clasificación y el control de calidad de los cuerpos de agua y vertidos a efluentes líquidos.
9. YABROUDI S., CARMEN C., ARAUJO I. **Rev Téc Ing Univ Zulia** 26(2): 93-100. 2003.
10. MORILLO G., MENDOZA R., MONSALVE J., ISEA D., ARAUJO I., VARGAS L., ANGULO N. **Rev Téc Ing Univ Zulia** 35(1):72-80. 2009.
11. FURLANI P. **Nutrición mineral de las plantas en sistemas hidropónicos**. Boletín informativo N° 21. Red Hidroponía. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición mineral. Departamento de Biología, Universidad Nacional Agraria. La Molina. Lima, Peru. 2003.
12. RODRÍGUEZ E. **ICA-Infoma**. Instituto Colombiano Agropecuario. 23(2): 7 -14. 1989.
13. CAPULÍN J., NUÑES R. **Agrociencia** 35:287-299. 2001.
14. OJEDA R., HERNÁNDEZ O. **Hidroponía Tropical**. Valencia, Venezuela. Editores Hermanos Vadell. 11. 1989.
15. LARA A. **Terra**, 17 (3): 221-229. 1999.
16. SCHWARZ D., GROSCHE R., GROSS W., HOFFMANN S. **Agr Water Manag** 71: 145 -166. 2005.
17. GALLEGOS C., OLIVARES E., VAZQUEZ R. **Terra**. 18 (2): 133-139. 2000.
18. <http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/boletin9.htm#articuloscientificos>. 24/09/2006.
19. GHALY A.E., KAMAL M., MAHMOUD, N.S. **Environ Int** (1): 1-13. 2005.
20. DÍAZ L., VILORIA A., ARTEAGA L. **Bioagr** 11(2): 69-73. 1999.
21. JIANG Z., XINYUAN Z. **Ecol Eng** 11: 101-110. 1998.