

## Remoción de quistes de *Giardia* spp. de descargas residuales domésticas tratadas con jacintos de agua (*Eichhornia crassipes*)

Silvana Pertuz Belloso\* y Nairobi Jiménez Mendoza  
Laboratorio de Microbiología, Centro de Investigación del Agua  
Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela

Recibido: 14-07-97 Aceptado: 16-01-2000

### Resumen

Estudios previos han demostrado la remoción de indicadores bacterianos de contaminación, materia orgánica e inorgánica de las aguas residuales tratadas con *Eichhornia crassipes*. El presente estudio fue realizado para determinar la remoción de quistes de *Giardia* spp. en efluentes de una laguna de maduración primaria que contenía *Eichhornia crassipes*. El sistema experimental consistió de dos tanques de fibra de vidrio, uno con jacintos y el otro sin ellos. La detección de quistes de *Giardia* spp. y la determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), los Sólidos Suspendidos Totales (SST) y turbidez fueron realizadas sobre muestras colectadas en los influentes y en la salida de cada uno de los tanques. La DBO sólo fue medida en los influentes. Los quistes de *Giardia* spp. fueron detectados por floculación con  $\text{NaHCO}_3$  y  $\text{CaCl}_2$  ajustando el pH a 10,00 con  $\text{NaOH}$ . La pelotilla se disolvió con  $\text{HCl}$  (0,01 M), se centrifugó, se filtró y se sometió a la tinción tricrómica. Los quistes de *Giardia* spp. no fueron removidos significativamente ( $p \geq 0,05$ ) de los efluentes de maduración en un día de tratamiento con jacintos. Los quistes de *Giardia* spp. fueron eliminados significativamente ( $p \leq 0,08$ ) de las aguas residuales tratadas durante un mes con jacintos. El efecto de la extracción de plantas muertas, en cambio, sí ocasionó un menor porcentaje de remoción de quistes de *Giardia* spp. La DBO, los SST y la turbidez fueron reducidos en los efluentes tratados con jacintos. Se concluye que los efluentes de maduración tratados con jacintos de agua (*Eichhornia crassipes*) presentan un alto porcentaje de remoción de quistes de *Giardia* spp., SST y turbidez, lo cual garantiza una mayor protección del ambiente lacustre y de la población que está en contacto con la cuenca.

**Palabras clave:** Aguas residuales; *Giardia*; jacintos de agua; lagunas de estabilización; SST; tratamiento; turbidez.

## Removing *Giardia* spp. cysts from treatment wastewater using water hyacinth (*Eichhornia crassipes*)

### Abstract

Previous research has demonstrated removal of bacterial indicators of faecal contamination from wastewater using *Eichhornia crassipes* (water hyacinth). The present study was made to determine the reduction in *Giardia* spp cysts removal from effluents of a first maturation

\* Laboratorio de Microbiología Ambiental, UIICSE, UNAM campus-Iztacala, Av. De los Barrios S/N. Los reyes Iztacala, México. Tel. 5623-12-96. Fax: 5390-59-00. E-mail: spertuz@mail.ciens.luz.ve / spertuz@correoweb.com

pond containing *Eichhornia crassipes*. The experimental system had two fibreglass tanks, one with water hyacinth and other without. Wastewater samples were collected from influents and effluents for detection *Giardia* spp. cysts and determination of physicochemical parameters (Biochemical Oxygen Demand (BOD), Total Suspended Solids (TSS) and turbidity) in both tanks. DBO determined alone from influents of water hyacinth tank. *Giardia* cysts were detected in wastewater with precipitate agents ( $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{CaCl}_2$ ) and NaOH used to adjust pH to 10:00. Aliquots of HCl (0.01 M) were added to the pellet during centrifugation. The new pellet was filtered on polycarbonate membrane and dyed with trichrome dye for identification and quantification of cysts. All cysts were found in influents and effluents of both tanks in samples collected during one day. There were no significant differences in the number of cysts between wastewater were treated with water hyacinth that without. The *Giardia* spp. cysts removal was significantly different from wastewater treatment with water hyacinth in samples taken month. A reduction in removal of *Giardia* spp. cysts was observed during water hyacinth elimination of the tank. BOD, TSS and turbidity were reduced from wastewater treatment ponds with water hyacinth. We were conclude that wastewater from maturation ponds with water hyacinth showed a reduction in *Giardia* spp. cysts and to value of TSS and turbidity.

**Key words:** *Giardia*; TSS; turbidity; wastewater treatment ponds; water hyacinth.

## Introducción

La giardiasis ha sido relacionada con brotes diarreicos en todo el mundo (1-7).

En Estados Unidos de América un 50% de estos casos se debe al consumo de agua contaminada con quistes de *Giardia* spp. (1-4). La presencia de quistes ha sido reportada en aguas superficiales y en descargas cloacales (5, 6).

En Venezuela, no se han documentado casos de giardiasis por consumo de agua contaminada; sin embargo, se ha determinado la presencia del parásito en la población (8, 9). Estos hallazgos hacen suponer la presencia del patógeno en aguas residuales y por ende en aguas superficiales destinadas a consumo humano.

*Giardia* spp. y otros patógenos fueron detectados en aguas superficiales y aguas residuales sin tratamiento en investigaciones previas realizadas en el lago de Maracaibo (Venezuela) (10, 11).

La presencia de *Giardia* spp. en los principales suministros de agua es debida probablemente a su contaminación con descargas residuales domésticas provenientes

de los principales centros poblados. El deterioro generado por las aguas residuales ha originado problemas de salud pública. La propuesta de sistemas de tratamiento de aguas residuales económicos que puedan ser implementados como alternativa para el mejoramiento ambiental ha surgido como una necesidad para responder a la problemática. En nuestra ciudad (Maracaibo) se ha instalado un sistema experimental de lagunas de estabilización para el tratamiento de aguas residuales domésticas, localizado en el Centro de Investigación del Agua de la Universidad del Zulia (CIA-LUZ).

Los estudios preliminares realizados sobre los efluentes de este sistema experimental de lagunas de estabilización mostraron la disminución de materia orgánica e inorgánica, coliformes totales y fecales, *Salmonella* y virus entéricos (datos no publicados). No obstante, los quistes de *Giardia* spp. no son removidos totalmente de las aguas tratadas (11).

La presencia de quistes de *Giardia* spp. en los efluentes del sistema no garantiza la calidad de los mismos por lo que se propuso el uso de *Eichhornia crassipes* (jacintos de

agua, lirios de agua, bora de agua) para el tratamiento biológico avanzado de los efluentes provenientes de las lagunas de estabilización.

Los estudios preliminares encontraron una mayor disminución de la carga orgánica (DBO) y de bacterias coliformes de los efluentes tratados en estaques experimentales sembrados con la macrófita (12-15).

Es posible que el tratamiento de efluentes provenientes de lagunas de estabilización en estaques con *Eichhornia crassipes* actúe disminuyendo los quistes de *Giardia* spp. presentes en los efluentes.

La idea del estudio fue determinar si el tratamiento con *Eichhornia crassipes* de los efluentes de lagunas de estabilización eliminaba los quistes de *Giardia* spp. de tal manera que estos efluentes cumplan con las normas mínimas para su disposición en el ambiente (lacustre).

## Materiales y Métodos

### Sitio de muestreo

Esta investigación fue desarrollada sobre los efluentes de una laguna de pulimento perteneciente a un sistema experimental de tres lagunas de estabilización (Facultativa, Maduración primaria y Maduración secundaria) (Figura 1) para el tratamiento de aguas residuales domésticas del norte de la ciudad de Maracaibo (Venezuela), ubicado en el CIA-LUZ. Los efluentes provenientes de la laguna de maduración primaria con

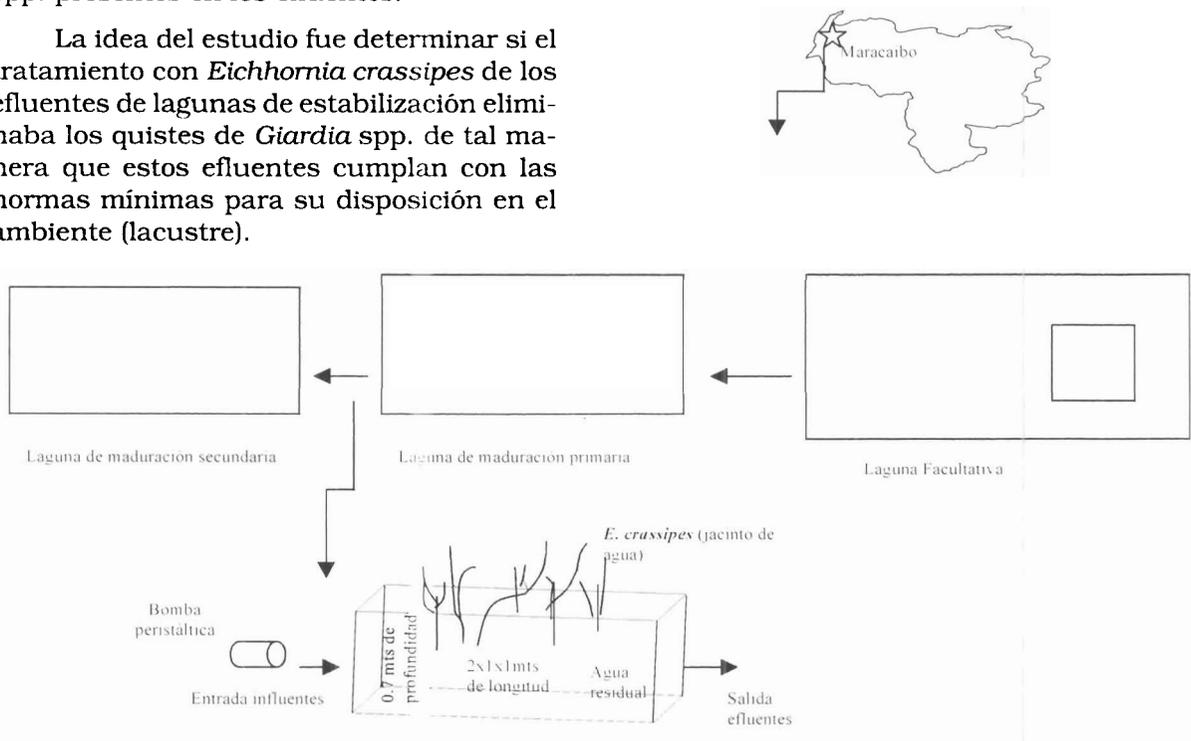


Figura 1. Diagrama de las tres lagunas de estabilización para el tratamiento de aguas residuales mostrando el tanque con jacintos (*E. crassipes*). En la parte superior del diagrama se muestra el sistema experimental de lagunas de estabilización ubicado en la ciudad de Maracaibo (Venezuela). En la parte baja del diagrama se observa el tanque plantado con *E. crassipes* que recibe aguas residuales provenientes de la laguna de maduración primaria. El tanque tiene 2x1x1 de longitud y 0,7 m de profundidad efectiva. Las aguas residuales entran al tanque con ayuda de una bomba peristáltica conectada a dos mangueras que conducen las aguas desde la laguna de maduración primaria al tanque. Como se observa en el diagrama las macrófitas seleccionadas para este estudio flotan sobre el agua. Las muestras de agua fueron tomadas de la manguera de entrada y de un tubo de salida ubicado al otro extremo del tanque

una carga orgánica (DBO) de  $49,5 \text{ mg L}^{-1}$  en promedio (13) alimentan a dos tanques de fibra de vidrio. Cada tanque usó una bomba peristáltica conectada a través de mangueras de plástico que impulsó el agua hasta ellos con un flujo modulado de  $32 \text{ mL s}^{-1}$  y un tiempo de residencia de 5 días (Figura 1).

*E. crassipes* fue sembrada en uno de los tanques ocupando sólo la mitad del largo del mismo. El otro tanque se dejó sin *E. crassipes* de tal manera que simulara el tratamiento en lagunas de estabilización (tanque control). Las plantas macrófitas muertas fueron extraídas del tanque una vez cada 15 días o siempre que hubiese plantas muertas.

### Muestreo

Las muestras fueron tomadas en el influente (aguas residuales domésticas provenientes de la laguna de maduración primaria) y en los tanques (Figura 1) de la siguiente manera: una en la mañana (10:00 a.m.) y la otra en la tarde (4:00 p.m.) durante tres días y con sus respectivos duplicados para un total de 12, con el objetivo de percibir las fluctuaciones en la concentración de quistes de *Giardia* spp. y en la eficiencia del tratamiento con jacintos durante un día.

Paralelamente, un total de 24 muestras fueron colectadas para determinar el efecto que causa la extracción de plantas muertas del tanque con *E. crassipes* sobre la remoción de quistes de *Giardia* spp. de las aguas residuales tratadas. Tal efecto fue medido al tomar muestras (1 L) antes y después de la extracción de las macrófitas maltratadas por duplicado durante dos meses.

De igual manera, fueron colectadas un total de 28 muestras (1 L cada una) con su respectivo duplicado una cada mes durante siete meses en un período de Mayo- Diciembre de 1995 y un segundo período que va de Febrero-Mayo de 1996 con el objetivo de conocer la variación en la concentración de quistes de *Giardia* spp. en el tanque con *E. crassipes* y sin ellas.

### Procesamiento de las muestras para la detección y cuantificación de quistes de *Giardia* spp.

Las muestras colectadas fueron sedimentadas con 10 mL de  $\text{CaCl}_2$  (1M), 10 mL de  $\text{NaHCO}_3$  (1 M) ajustadas a pH a 10,00 con NaOH (14). Las muestras tratadas de esta manera se dejan reposar a temperatura ambiente durante 24 h. El sobrenadante fue descartado y la pelotilla fue tratada con 1 mL de HCl (0,01 M) para disolver el floculo. La pelotilla (1-2 mL) fue lavada con PBS-Tween 80 y luego resuspendida en una solución de formol salino y etil acetato y centrifugada. La pelotilla obtenida fue colocada sobre un gradiente de sacarosa para recuperar los quistes del sobrenadante luego de la centrifugación. Luego de varios lavados con PBS-Tween 80, la pelotilla con los quistes de *Giardia* spp. (14) fue filtrada a través de una membrana de policarbonato y sometida a la tinción tricrómica. La identificación de quistes de *Giardia* spp. fue realizada por microscopía de luz al observar los quistes coloreados de verde claro y con el núcleo de color fucsia brillante y cuantificados en la membrana (14).

### Procesamiento de las muestras para los análisis fisicoquímicos

En un estudio previo a este se determinó la calidad fisicoquímica de los efluentes tratados en el tanque con jacintos (15). No obstante, para este estudio fueron determinados los parámetros relacionados con las partículas o materiales suspendidos como lo fueron la medición de los sólidos suspendidos totales (SST) y la turbidez tanto en el influente como en el tanque con jacintos. Los SST fueron realizados según APHA (16) sobre 500 mL de muestra colectadas una vez al mes. Al mismo tiempo se determinó la turbidez con el uso de un turbidímetro.

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) que entra al sistema fue analizada una vez al mes durante el período de muestreo en el influente sobre 500 mL de muestra procesadas según APHA (16).

### Análisis estadístico

Los contajes de quistes de *Giardia* spp. obtenidos, los valores de SST y turbidez fueron procesados por T Student no apareada.

### Resultados

#### Variación de la remoción de quistes de *Giardia* spp. en muestras de aguas residuales tomadas en horas de la mañana (10:00 a.m.) y en la tarde (4:00 p.m.)

En esta parte del estudio se encontró que la cantidad de quistes de *Giardia* spp. detectada fue mayor en la mañana ( $10^3$  quistes  $L^{-1}$ ) que en la tarde ( $10^2$  quistes  $L^{-1}$ ). Este comportamiento fue observado tanto en el influente como los efluentes de los tanques (Tabla 1). No obstante, no hubo una

fluctuación significativa ( $p \geq 0,05$ ) entre la concentración de quistes de *Giardia* spp. detectados tanto en el influente como en los efluentes del tanque con jacintos y del tanque control (Tabla 2). El rango en el cual el tratamiento con jacintos elimina quistes de *Giardia* spp. de la columna de agua fue de 60-70% muy similar al del tanque control en el que estuvo ocurriendo un tratamiento de las aguas residuales mediante estabilización (datos no mostrados). No se pudieron apreciar porcentajes adecuados de remoción en el tratamiento con jacintos en los muestreos ejecutados en un día. Es posible que la técnica de detección no tenga la sensibilidad para detectar pequeños cambios en la concentración de quistes y en el porcentaje de remoción.

Estos resultados corroboran además que la eliminación de quistes *Giardia* spp. se

Tabla 1  
Quistes de *Giardia* spp.  $L^{-1}$  en aguas residuales tomadas a diferentes horas del día

Sitio de Muestreo	10:00 a.m.	4:00 p.m.
Influente	$9,6 \times 10^3$	$4,1 \times 10^2$
T. Jacintos	$2,6 \times 10^3$	$1,6 \times 10^2$
T. Control	$5 \times 10^3$	$1,3 \times 10^2$

Las muestras fueron tomadas en el influente (aguas residuales provenientes de la primera laguna de pulimento) que entra a los dos tanques, uno de los cuales tienen los jacintos (*E. crassipes*) y el otro se dejó como control sin jacintos en el que se simula el tratamiento en una laguna de estabilización. Cada muestra de agua residual (1 L) fue tomada una a las 10:00 a.m. y la otra a las 4:00 p.m. durante tres días y con sus respectivos duplicados. Estos muestreos fueron realizados con la idea de observar la variación en el porcentaje de remoción de quistes de *Giardia* spp. que pudiera ocurrir a lo largo de un día en el tanque con jacintos.

Tabla 2  
Análisis estadístico de la reducción de quistes de *Giardia* spp. de los efluentes con o sin tratamiento con *E. crassipes* (jacintos de agua)

Reducción de <i>Giardia</i> spp.	T	P	GL <sup>1</sup>
A la Hora (10:00 a.m. y 4:00 p.m.)	1,54	$P \geq 0,05$	4
Con y sin extracción de plantas	2,10	$P \leq 0,08$	6
Al Mes	1,88	$P \leq 0,08$	12

Las muestras fueron tomadas por duplicados en los influentes a los tanques y en los efluentes de cada uno. La eficiencia del sistema para reducir quistes de *Giardia* spp. fue medida durante un día, al mes y cuando se realizaba la extracción de plantas cada 15 días (ver Materiales y Métodos). <sup>1</sup>T (Valor de T de Student); P (valor de la probabilidad); GL (grados de libertad).

dio después de 5 días, tiempo en el cual se completa la permanencia de las aguas residuales en los tanques.

**Variaciones en la remoción de quistes de *Giardia spp.* medidas mensualmente en los tanques con jacintos (*E. crassipes*) y sin ellos**

Los quistes de *Giardia spp.* fueron detectados en el influente sin mucha fluctuación durante el período de muestreo permaneciendo en el orden de  $10^3$  quistes  $L^{-1}$  (Tabla 3). Aunque fue notoria la alta concentración de quistes encontrada en el mes de diciembre (orden de  $10^4$  quistes  $L^{-1}$ ).

Una diferencia muy marcada y significativa ( $p \leq 0.08$ ) (Tabla 2) fue notada cuando al procesar las muestras provenientes de los efluentes del tanque con jacintos no fueron detectados quistes de *Giardia spp.* (Tabla 3).

En los efluentes del tanque control al igual que en los influentes los quistes fueron detectados en un rango de  $3 \times 10^3$  a  $5 \times 10^3$  quistes  $L^{-1}$  (Tabla 3).

En los efluentes del tanque con jacintos se encontró un 90% de remoción de quistes de *Giardia spp.* de las aguas residuales

de maduración, mientras que en los efluentes del tanque control el porcentaje de remoción de estas estructuras fue de un 60% (Tabla 3). No obstante, en los efluentes del tanque control puede llegar a alcanzar valores del 100% y el tratamiento de aguas residuales con jacintos puede bajar su porcentaje de eliminación hasta un 40% (Tabla 3). Lo que hace suponer que el tratamiento de aguas residuales con jacintos puede llegar a perder eficiencia en la remoción de quistes de *Giardia spp.* al ocurrir perturbaciones que hagan resuspender partículas y los quistes del fondo del tanque. Así mismo, el sistema de estabilización puede llegar a ser óptimo para remover quistes de *Giardia spp.*, si las condiciones de diseño permiten que no ocurran perturbaciones que resuspendan las partículas del fondo.

**Influencia de la extracción de los jacintos maltratados o muertos del tanque sobre la remoción de quistes de *Giardia spp.* de las aguas residuales tratadas**

La eliminación de los jacintos maltratados se realizó cada 15 días, ya que los antecedentes (17) mencionan que éstos aportan material vegetal al sistema aumentando las

Tabla 3  
Quistes de *Giardia spp.*  $L^{-1}$  en aguas residuales tomadas en períodos mensuales de tiempo

Meses	Influente	T. Jacintos	% Remoción	T. Control	% Remoción
May	$5,3 \times 10^3$	$3,0 \times 10^3$	43,39	$3,0 \times 10^3$	43,39
Agt	$6,3 \times 10^3$	0	100	$5,0 \times 10^3$	20,63
Oct	$5,0 \times 10^3$	0	100	$3,0 \times 10^3$	40
Dic	$1,4 \times 10^4$	0	100	0	100
Feb	$5,0 \times 10^3$	0	100	$4,0 \times 10^3$	20
Abr	$3,0 \times 10^3$	0	100	0	100
May	$3,0 \times 10^3$	0	100	0	100
Promedio	$5,9 \times 10^2$	$4,2 \times 10^2$	91,9	$2,0 \times 10^3$	60,5

Las muestras fueron tomadas como se mencionó en la leyenda de la Tabla 1 una vez al mes durante 7 meses para observar las diferencias en los porcentajes de remoción de quistes de *Giardia spp.* en los efluentes del tanque con jacintos.

partículas suspendidas en la columna de agua. Según Hauser (17), estas partículas cambian el porcentaje de remoción de bacterias. Por lo que se probó el efecto de este proceso en el porcentaje de remoción de los quistes de *Giardia* spp.

En las muestras tomadas durante la eliminación de las plantas se encontró que los contajes de quistes de *Giardia* spp. aumentaron debido a la resuspensión de los quistes a la columna de agua ( $1,2 \times 10^3 - 4 \times 10^3$  quistes  $L^{-1}$ ) como se observa en la Tabla 4. En las muestras tomadas antes de la eliminación de plantas maltratadas los

quistes de *Giardia* spp. no fueron detectados (Tabla 4). La extracción de plantas maltratadas aumenta la concentración de quistes en la columna de agua y este evento al compararlo con los resultados obtenidos de las muestras donde no hubo extracción de plantas, fue estadísticamente significativo ( $p \leq 0,08$ ) (Tabla 2).

#### **Comportamiento de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), los sólidos suspendidos totales (SST) y la turbidez durante los muestreos mensuales de las aguas residuales del influente y las tratadas con jacintos**

La DBO fue medida en los influentes para conocer la fluctuación de la carga orgánica que recibe el sistema experimental de tanques, ya que este parámetro determina el funcionamiento del mismo. Los valores de la DBO alcanzados por los influentes de los tanques oscilaron entre 30-80  $mg L^{-1}$ . La DBO presentó fluctuaciones durante los meses de muestreo (Tabla 5). Estas fluctuaciones posiblemente influyeron en el tratamiento de las aguas residuales de maduración con jacintos, ya que en muchas ocasiones la carga orgánica que recibe el tanque es mayor que la carga para la que fue diseñado el tanque (Ver materiales y métodos) (Tabla 5) (15)

Las partículas suspendidas que entraban en los influentes al sistema de trata-

Tabla 4  
Quistes de *Giardia* spp.  $L^{-1}$  en aguas residuales tomadas al efectuarse la extracción de los jacintos (*E. crassipes*) muertos o maltratados

Muestreo	Con eliminación de plantas	Sin eliminación de plantas
I	0	0
II	$1,2 \times 10^3$	0
III	$5 \times 10^3$	0
IV	$4 \times 10^3$	0

Las muestras fueron tomadas en los puntos mencionados en la leyenda de la Tabla 1. Las muestras (1 L) fueron tomadas antes y después de la eliminación de jacintos maltratados por duplicados en cuatro muestreos realizados generalmente en horas de la mañana.

Tabla 5  
Valores ( $mg L^{-1}$ ) de los sólidos suspendidos totales (SST) y la demanda bioquímica de oxígeno ( $mg L^{-1}$ ) y la turbidez (UNT) medidos en los influentes del tanque con jacintos (*E. crassipes*)

Meses	Octubre	Diciembre	Febrero	Abril	Mayo
DBO <sup>1</sup>	80	30	70	80	30
SST	160	150	150	300	150
T	60	172	33	44	42

Las mediciones de SST y T fueron realizadas sobre los influentes y los efluentes del tanque con jacintos. La DBO sólo fue medida en el influente para conocer la carga orgánica que entra a los tanques. Las muestras fueron tomadas por duplicados. Los SST y la turbidez fueron medidos simultáneamente con la detección de quistes de *Giardia* spp. <sup>1</sup>SST (Sólidos suspendidos totales); T (Turbidez en UNT [unidades nefelométricas de Turbidez]); DBO (demanda bioquímica de oxígeno).

Tabla 6  
Valores ( $\text{mg L}^{-1}$ ) de los sólidos suspendidos totales (SST) y la turbidez (UNT) medidos en los efluentes del tanque con jacintos (*E. crassipes*)

Meses	Octubre	Diciembre	Febrero	Abril	Mayo
SST	90	60	50	150	150
T	77	90	84	10	35

Las muestras fueron tomadas y procesadas como está en la leyenda de la Tabla 5.

Tabla 7  
Análisis estadístico de los valores de los sólidos suspendidos totales (SST) y la turbidez obtenido y su relación con los quistes de *Giardia* spp.

Parámetro estadístico	SST	Turbidez
Valor T	0,42	0,29
Valor P	$P \geq 0,05$	$P \geq 0,05$
Grados de libertad	13	12
Relación con <i>Giardia</i> spp.	$P \leq 0,01$	$P \leq 0,01$

Las muestras fueron tomadas según leyenda Tabla 5. La relación de estos parámetros con los quistes de *Giardia* spp fue determinada con los contajes de quistes en los influentes.

miento y las que salían luego de tratarlos con jacintos fueron medidas por medio de los SST. En el influente los SST tuvieron valores entre  $150\text{-}300 \text{ mg L}^{-1}$  (Tabla 5). En los efluentes del tanque con jacintos los valores de SST estuvieron entre  $50\text{-}150 \text{ mg L}^{-1}$  (Tabla 6) estos bajaron con respecto a los valores del influente. Aunque, las observaciones muestran que el tanque con jacintos fue capaz de reducir las partículas suspendidas de la columna de agua con respecto a los influentes, tal diferencia no fue estadísticamente significativa ( $p \geq 0,05$ ) (Tabla 7) siendo los SST una medida de reducción de partículas, los valores obtenidos indican que la presencia de jacintos contribuye a la reducción de quistes de *Giardia* spp.

La turbidez del agua fue medida (ver Materiales y Métodos) en el influente y en los efluentes del tanque con jacintos. La turbidez presentó un rango entre  $33\text{-}70$  UNT (unidades nefelométricas de turbidez) en los influentes (Tabla 5). En los efluentes del tanque con jacintos la turbidez presentó valores

más bajos que los del influente con un rango de  $10\text{-}85$  UNT (Tabla 6). No obstante, en el mes de Octubre de 1995 las lecturas obtenidas fueron levemente mayores en los efluentes del tanque con jacintos ( $77$  UNT) que en los influentes ( $60$  UNT). En el mes de Febrero de 1996 la turbidez fue también más alta en los efluentes del tanque con jacintos ( $84$  UNT). Probablemente sea la presencia de material vegetal de las macrófitas lo que esté interfiriendo con las lecturas (Tablas 5 y 6). Como puede observarse en las Tablas 5 y 6 con excepción de los meses mencionados los valores de turbidez fueron más bajos en los efluentes del tanque con jacintos que en los influentes. Sin embargo, este decrecimiento de la turbidez en las aguas residuales de maduración que fueron tratadas en el tanque con jacintos no fue significativo ( $p \geq 0,05$ ) (Tabla 7).

## Discusión

Una alta concentración de quistes de *Giardia* spp. fue detectada en las muestras

tomadas en la mañana (10:00 a.m.) mientras que en la tarde (4:00 p.m.) la concentración fue menor. Esta diferencia no fue significativa ( $p \geq 0,05$ ) (Tabla 2) ya que, el tratamiento de aguas residuales con jacintos (*Eichhornia crassipes*) ocurre luego de 5 días (ver Materiales y Métodos). Los resultados obtenidos corroboran que no hay variaciones apreciables en la concentración de quistes durante un día de muestreo por lo que no se observaron cambios en la remoción de quistes durante un día de tratamiento en el tanque con jacintos (Tabla 1).

Estos hallazgos nos llevan a suponer que se necesitan al menos 5 días para apreciar cambios en la remoción de quistes. Sin embargo, es posible que la técnica no tenga la sensibilidad para detectar pequeños cambios en la concentración de quistes, de allí que no sea posible captar cambios en la remoción de quistes de *Giardia* spp. en las aguas residuales tratadas con jacintos en muestras tomadas durante un día.

La remoción de quistes fue medida entonces una vez al mes para tener un patrón de eliminación de quistes de *Giardia* spp. que nos permitiera apreciar las diferencias de remoción entre el tratamiento con jacintos y el tratamiento de estabilización (control). Las diferencias entre ambos tratamientos fueron significativas ( $p \leq 0,08$ ), siendo el tratamiento con jacintos el que muestra mayor remoción de quistes de *Giardia* spp. (Tabla 2). Esta remoción fue estable durante los 7 meses de muestreo para este estudio, mientras que en los efluentes del tanque control los quistes permanecieron a la misma concentración de los influentes (Tabla 3) no se encontró un decrecimiento apreciable en la cantidad de quistes.

La eficiencia de la remoción de quistes de *Giardia* spp. de las aguas residuales con jacintos fue en general del 100% (Tabla 3) mientras que en los efluentes del tanque control fue de un 40% de eliminación de estas estructuras. No obstante, durante

los meses de Diciembre de 1995, Abril y Mayo de 1996 el tanque control eliminó quistes con un 100% de eficiencia debido al tratamiento de estabilización que están sufriendo las aguas residuales en este tanque. El tratamiento que ocurre en lagunas de estabilización presentó un rango de eliminación de quistes *Giardia* spp. del 60-80% como se determinó en estudios previos realizados sobre el sistema de lagunas (11). En lagunas de estabilización la remoción de quistes de *Giardia* spp. ocurre principalmente por sedimentación y degradación bacteriana (18, 19) por lo que es posible que en estos tres meses ambos mecanismos estén eliminando quistes de las aguas residuales tratadas en el tanque control.

La remoción de quistes de *Giardia* spp. de las aguas residuales tratadas en el tanque jacintos (*Eichhornia crassipes*) se debió principalmente a la captura de quistes en las raíces de las macrófitas aunado a la sedimentación y a la degradación bacteriana (15) como fue mencionado por Kumar y Garde (19) para la reducción de bacterias presentes en el influente. Lo cual mejora la calidad de los efluentes de la laguna de maduración en donde la concentración de quistes es muy alta debida a la resuspensión de estas estructuras en algún punto de la laguna (11).

Sin embargo, el tratamiento de aguas residuales con jacintos de agua (*Eichhornia crassipes*) al igual que el tratamiento en lagunas de estabilización puede llegar a presentar perturbaciones que aumenten la cantidad de quistes en la columna de agua este es el caso de la actividad que se realizaba al extraer las macrófitas muertas o maltratadas. En este estudio se encontró que la eliminación de las plantas causa el aumento de quistes en los efluentes. Así, fue demostrado en muestras tomadas antes y después de la eliminación de macrófitas (Tabla 4) siendo las diferencias arrojadas significativas ( $p \leq 0,08$ ) (Tabla 2).

Cambios en las partículas suspendidas en las aguas residuales tratadas en el tanque con jacintos dan explicación a la reducción en el porcentaje de eliminación de quistes de *Giardia spp.* de los efluentes. Así, en el caso de la extracción de plantas maltratadas ocurre resuspensión de partículas con un aumento en la turbidez ocasionando la resuspensión de los quistes de *Giardia spp.* en la columna de agua disminuyendo el porcentaje de remoción de quistes.

Nosotros encontramos un aumento de quistes de *Giardia spp.* en los influentes del mes de diciembre de 1995 ( $1,4 \times 10^4$  quistes  $L^{-1}$ ) que a su vez presentaron un cambio en la presencia de partículas suspendidas medidas a través de SST ( $150 \text{ mg } L^{-1}$ ) y de turbidez (172 UNT). Ambos parámetros presentaron altos valores con respecto al promedio general en este mes. Los quistes de *Giardia spp.* estuvieron relacionados significativamente ( $p \leq 0,01$ ) (Tabla 7) con los SST y la turbidez como lo fue reportado por otros trabajos realizados sobre aguas superficiales (20). Al mismo tiempo que los SST y la turbidez disminuyeron sus valores en los efluentes del tanque con jacintos con respecto a los valores de los influentes que entraban al mismo es posible que los quistes de *Giardia spp.* disminuyeran también (Tabla 6).

Los SST y la turbidez disminuyeron sus valores en los efluentes del tanque con jacintos con respecto a los influentes. Sin embargo, en el tanque control ocurre también la reducción de ambos parámetros. La disminución de los SST y la turbidez en los efluentes provenientes del tanque con jacintos fue previamente reportada por otras investigaciones realizadas sobre el sistema probado (12, 13, 15).

En este estudio los efluentes del tanque con jacintos presentaron (Octubre de 1995 y Febrero de 1996) mayor turbidez que los influentes. Es probable que la cantidad del material que aportaron las plantas macrófitas a la columna de agua fue alta ocasionan-

do la interferencia de la lectura de la turbidez (17, 19).

Durante la ejecución de este estudio la carga orgánica que recibieron ambos tanques fue más alta que la que debieron recibir según los datos originales del diseño de los tanques ( $49,5 \text{ mg } L^{-1}$ ) (Tabla 5). No obstante, no se encontraron cambios en la remoción de quistes de *Giardia spp.* en las aguas residuales tratadas en el tanque con jacintos. Al igual que con los otros dos parámetros tampoco un cambio en la cantidad de partículas suspendidas significa una alteración en la remoción de quistes de *Giardia spp.*

Hay pocos trabajos en los cuales basarse para establecer diferencias o similitudes en cuanto a la remoción de quistes de *Giardia spp.* de aguas provenientes de lagunas de maduración que reciben un tratamiento posterior con jacintos de agua (*E. crassipes*) empero, los estudios realizados por Mandi y col (21, 22) demuestran la reducción de huevos de helmintos en las aguas residuales tratadas con jacintos de agua (*E. crassipes*). En el sistema experimental probado trabajos previos a este encontraron también la disminución de bacterias coliformes, patógenas y enterococos (12, 13).

Al parecer los jacintos de agua (*E. crassipes*) sirven como soporte para que las bacterias se desarrollen. El metabolismo bacteriano ejecuta los cambios en las aguas residuales necesarios para que éstas se descontaminen (23, 24). Lo que sí parece básico para el tratamiento biológico de las descargas residuales es la presencia de un soporte mecánico a las bacterias, este lo puede ofrecer los lechos de arena, esferas de plástico en biopercoladores y las raíces en el caso de los jacintos (11).

Todas estas observaciones nos llevan a concluir que es posible utilizar jacintos de agua (*Eichhornia crassipes*) para el tratamiento avanzado de efluentes provenientes de lagunas de maduración bajo condiciones tropicales. El tratamiento con jacintos resultó ser eficiente para la reducción de quis-

tes de *Giardia* spp. y partículas suspendidas. Los efluentes provenientes del tratamiento con jacintos no presentan quistes alcanzando la propuesta de la EPA (agencia de protección ambiental) para su disposición en el ambiente lacustre.

### Agradecimientos

Las autoras agradecen a Alberto Trujillo, Luisa Saules y Carmen Cárdenas por la asesoría brindada para la ejecución de este estudio. A Patricia Molleda y Gladys Toro por su auxilio técnico en la realización de los muestreos y análisis de las muestras. A Jenny Morán de La Rotta e Ismenia Araujo Vilchez por su orientación en la redacción del manuscrito. A Octavio César García González por su gran apoyo moral y material que hizo posible los arreglos finales del manuscrito. A Lenin Herrera, al convenio LUZ-FUNDACION POLAR y al Centro de Investigación del Agua, por el aporte económico y logístico brindado para la realización del estudio. Finalmente las autoras nos sentimos profundamente agradecidas con el revisor del trabajo quien nos ayudó a darle un nuevo enfoque al artículo.

### Referencias Bibliográficas

1. CRAUN G. *Journal AWWA* 80: 40-52, 1988.
2. Mc. FERTERS G. *Drinking water microbiology*, Brocks/Spriges- verlang, USA, p.p. 271-293, 1990.
3. WOLFE M. *Clinical Microbiology Reviews*. 5: 93-100, 1992.
4. HERWALDT B., CRAUN G., STOKES S., JURANEK D. *Journal AWWA* 84: 129-135, 1992.
5. MEYER E., JARROL E. *American Journal of Epidemiology* 111: 1-12, 1980.
6. ROSE J., GERBA CH., JAKUBOSWKI W. *Environ Sci Tech* 25: 1393-1400, 1991.
7. JAKUBOWSKI W., SYKORA J., SORBER C., CASSON L., GAVAGHAN P. *Wat Sci Tech* 24: 173-178, 1991.
8. CHACÍN-BONILLA L., ZEA A., SÁNCHEZ Y., FUENMAYOR N. *Investigación Clínica* 28: 117-131, 1987.
9. CHANGO Y., IRIARTE H. Enteroparasitosis en alumnos de la Escuela Básica "Dr. Jesús Ma. Portillo" del Municipio Maracaibo, Estado Zulia (Tesis de pregrado), Universidad del Zulia, Maracaibo (Venezuela), pp. 24, 1996.
10. BOTERO L., MONTIEL M., LEDO H., ROMERO M., QUINTERO W., GARCIA M.C. *Rev Tec Ing Univ Zulia* 18: 369-366, 1995.
11. PERTUZ S., JIMÉNEZ N., HERRERA L. y ARAUJO I. *Rev Tec Ing Univ Zulia* 21: 101-106, 1998.
12. CALMEN R. Efecto de la *Eichhornia crassipes* (lirio de agua) sobre la eficiencia en la remoción de bacterias en lagunas de maduración (Tesis de Pregrado), La Universidad del Zulia, Maracaibo (Venezuela), pp. 76, 1994.
13. SAULES L. Tratamiento de aguas residuales mediante el uso de *Eichhornia crassipes* (Tesis de Maestría). La Universidad del Zulia, Maracaibo (Venezuela) pp. 1-50, 1993.
14. PERTUZ S., JIMÉNEZ N., ARAUJO I., DE LA ROTA J., HERRERA L., MOLLEDA P., TORO G. *Ciencia* 6: 157-162, 1998.
15. PERTUZ S., DE LA ROTA J., JIMÉNEZ N., ARAUJO I., HERRERA L., CHACÍN DE BONILLA L., DEL VILLAR A., MOLLEDA P., TORO G. *Interciencias* 24: 120-124, 1999.
16. APHA. *Standard Methods for the examination of water and wastewater*, American Public Health Assotiation, AWWA, WPCF, Washington (USA), 1992.
17. HAUSER J. *Journal WPCF* 56: 219-225, 1984.
18. GRIMASON AM., SMITH HV., THITIAI WN., SMITH PG., JACKSON MH., GIRDWOOD WA. *Wat Sci Tech* 27:97-104, 1993.

19. KUMAR P., GARDE R. **Wat Sci Tech** 22: 153-160, 1990
20. LeCHEVALLIER MW., NORTON WD., LEE RG. **Appl Environ Microbiol** 57: 2617-2621, 1991
21. MANDI L., OUZZANI N., BOUHOUM K., BOUSSAID A. **Wat Sci Tech** 28: 177-181, 1993.
22. MANDI L. **Wat Sci Tech** 29: 283-287, 1994.
23. WU Z., XIA Y., DENG J., KUANG Q., ZHAN F., CHEN X. **Wat Sci Tech** 27: 97-105, 1993.
24. XU H., WANG B., YANG Q., LIU R. **Wat Sci Tech** 26: 1639- 1649, 1992.