

## Caracterización parasitológica de aguas residuales

Karelis C. Barboza Pérez<sup>1</sup>, Marisela J. Chirinos Pino<sup>1</sup>, Maudalina del V. Mieres<sup>1</sup>,  
Ninibet C. Pérez Mata<sup>1</sup>, Walter Quintero Betancourt<sup>2</sup> y Ligia Botero de Ledesma<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Escuela de Bioanálisis, Facultad de Medicina, La Universidad del Zulia.

<sup>2</sup>Programa de Maestría en Microbiología, Unidad de Investigaciones  
en Microbiología Ambiental, Facultad Experimental de Ciencias

Apartado 526. Maracaibo 4001-A, Venezuela

Recibido: 17-02-98 Aceptado: 05-10-98

### Resumen

La caracterización parasitológica de las aguas residuales del sistema de lagunas de estabilización del Centro de Investigaciones del Agua de La Universidad del Zulia (CIA-LUZ) fue llevada a cabo en dos fases. En la primera fase se evaluó la eficiencia de recuperación de parásitos mediante tres técnicas: la técnica de sedimentación con solución tampon acetoacético (SBAA), la de flotación con sulfato de zinc (FSZ) y la de sedimentación con formol-éter (F-E), con la finalidad de determinar cual de estas técnicas presentaba mejores resultados para su posterior aplicación en la caracterización parasitológica de estas aguas. Se llevaron a cabo 11 pruebas de eficiencia con las aguas residuales crudas previamente esterilizadas e inoculadas con mezclas de parásitos de concentración conocida, las cuales fueron procesadas mediante las tres técnicas. La técnica F-E arrojó porcentajes de recuperación de helmintos de  $78 \pm 23\%$  y para los protozoarios de  $52 \pm 26\%$ . Con ésta técnica se observó menor variabilidad que con las técnicas SBAA y FSZ. La técnica SBAA presentó porcentajes de recuperación de  $29 \pm 25\%$  para los helmintos y  $17 \pm 18\%$  para los protozoarios. Con la técnica FSZ los porcentajes de recuperación fueron  $20 \pm 18\%$  y  $6,5 \pm 4,5\%$  para helmintos y protozoarios, respectivamente. La caracterización parasitológica de las aguas residuales se realizó mediante la técnica F-E. Para ello, se analizaron 20 muestras de agua residual cruda y 10 muestras de la laguna facultativa, de maduración y el efluente del sistema A del sistema piloto del CIA-LUZ. Los parásitos encontrados en las aguas residuales crudas, las concentraciones promedio y el porcentaje de positividad fueron: *Ascaris lumbricoides*, *Hymenolepis nana* e *Hymenolepis diminuta*  $2,7 \times 10^3$  huevos/L, 5%; *Ancylostomideos*  $2,7 \times 10^3$  huevos/L, 10%; *Giardia lamblia*  $2,3 \times 10^4$  quistes/L, 100%; *Entamoeba coli*  $1,4 \times 10^4$  quistes/L, 90%; *Entamoeba histolytica*  $3,2 \times 10^3$  quistes/L, 20%. En la laguna facultativa fueron encontrados: *Giardia lamblia*  $5,5 \times 10^3$  quistes/L, 10%, *Entamoeba coli*  $3,8 \times 10^3$  quistes/L, 20% y *Entamoeba histolytica*  $2,7 \times 10^3$  quistes/L, 10%. En la laguna de maduración sólo se encontraron quistes de *Entamoeba coli* a una concentración de  $2,7 \times 10^3$  quistes/L, 10%. A la salida del sistema no se detectaron parásitos.

**Palabras clave:** Aguas residuales; enteroparásitos; recuperación.

\* Autor para la correspondencia. Telefax: 58-61-428184. E-mail: lbotero@solidos.ciens.luz.ve

## Parasitological characterization of wastewater

### Abstract

Parasitological characterization of wastewater samples collected at the waste stabilization pond system at the Water Research Center of La Universidad del Zulia (CIA-LUZ) was carried out in two phases. In the first phase the recovery efficiency of three techniques was assessed in order to determine which of the three techniques gave better results in the detection of different parasites in wastewater. These techniques were sedimentation with an acetoacetic buffer (SAAB), zinc sulfate flotation (ZSF) and the ether-formaldehyde sedimentation technique (EF). The technique that gave higher recovery efficiencies would then be applied for the parasitological characterization of wastewater samples. Eleven recovery efficiency tests were performed with the three techniques using sterilized wastewater samples seeded with a known concentration of parasites. The EF technique gave higher percentages of recovery than the others did and, it was then applied throughout the study to characterize the parasites present in the system of lagoons. Recoveries of  $78 \pm 23\%$  for helminths and  $52 \pm 26\%$  for protozoa were obtained with the EF technique, which also presented less variability than the ZSF and SAAB. Percentages of recovery for helminths and protozoa using SAAB and ZSF were respectively  $29 \pm 25\%$ ,  $17 \pm 18\%$  and  $20 \pm 18\%$ ,  $6.5 \pm 4.5\%$ . For the parasitological characterization twenty raw wastewater samples and ten samples from the facultative pond, the maturation pond and the effluent of the system were collected and analyzed. The parasites found in raw wastewater samples, the mean concentration and, the number of sample positive were as follows: *Ascaris lumbricoides*, *Hymenolepis nana* e *Hymenolepis diminuta*  $2.7 \times 10^3$  ova/L, 5%; Hookworm (*Ancylostoma* spp.)  $2.7 \times 10^3$  ova/L, 10%; *Giardia lamblia*  $2.3 \times 10^4$  cysts/L, 100%; *Entamoeba coli*,  $1.4 \times 10^4$  cysts/L, 90%; *Entamoeba histolytica*  $3.2 \times 10^3$  cysts/L, 20%. At the facultative pond were found: *Giardia lamblia*,  $5.5 \times 10^3$  cysts/L, 10%; *Entamoeba coli*,  $3.8 \times 10^3$  cysts/L, 20%; *Entamoeba histolytica*  $2.7 \times 10^3$  cysts/L, 10%. At the maturation pond only cysts of *Entamoeba coli* were found with a concentration of  $27 \times 10^3$  cysts/L, 10%. No parasites were detected at the effluent of the pilot system.

**Key words:** Enteroparasites; recovery; wastewater.

### Introducción

Uno de los principales problemas de Salud Pública, que afecta frecuentemente a la población en los países en vías de desarrollo, son las parasitosis (1,2). A pesar de que en líneas generales se conocen bien las características biológicas de los parásitos, los mecanismos de invasión, su localización en el organismo, la patología, el tratamiento y las medidas de prevención y control, un alto porcentaje de la población suele ser víctima de ellas (2,3). Las razones de tal situación se derivan de la complejidad de los factores que

la condicionan y la dificultad para controlarlos o eliminarlos (4-6).

En los países industrializados, la notoria disminución de las parasitosis se ha debido, no tanto a la aplicación de medidas preventivas y terapéuticas, sino al mejoramiento de la calidad de vida de sus poblaciones expresada como cambios radicales en el abastecimiento de agua y en la disposición de las excretas, en el mejoramiento educativo, nutricional y en la mayor cobertura médica (1).

Estudios realizados para determinar la prevalencia de parasitosis intestinales en nuestra región, coinciden en que las helmintiasis más frecuentes son: Ascariasis, Tricocefalosis, Ancilostomiasis y Estrongiloidiasis, y las protozoosis: Blastocistosis, Giardiasis, Amibiasis y Criptosporidiosis (7-9).

Jakubowski y cols (10) han sugerido como un importante indicador de la presencia de parásitos en la comunidad, el estudio de las aguas residuales. De acuerdo con estos investigadores, es inadecuado desde un punto de vista logístico, el examen coprológico para determinar la incidencia de parasitosis en la población, ya que este tipo de análisis requiere del procesamiento de un gran número de muestras para poder discernir las tendencias temporales y geográficas de estas enfermedades. Sin embargo, la caracterización parasitológica de las aguas residuales suministra de manera práctica, información acerca del tipo y grado de infestación que padecen las comunidades servidas.

En la actualidad debido a la escasez del recurso agua, en muchas regiones, se está prestando gran atención a la reutilización de las aguas residuales con fines agrícolas e industriales (11). De ahí también la importancia de determinar los microorganismos patógenos, entre ellos los parásitos, que están presentes en las aguas servidas, para implementar los procesos de tratamiento que permitan su remoción e inactivación de manera eficiente y adaptada a las condiciones socio-culturales, económicas y epidemiológicas de cada país.

En este trabajo se llevó a cabo la caracterización parasitológica de las aguas residuales de las lagunas de estabilización del Centro de Investigaciones del Agua de La Universidad del Zulia (CIA-LUZ). Para ello, se evaluaron tres técnicas para la detección de parásitos de aguas residuales, y se empleó durante todo el estudio la técnica que arrojó mayores porcentajes de recuperación.

## Materiales y Métodos

La caracterización parasitológica de las aguas residuales, se llevó a cabo en dos fases. En la primera fase se realizó la prueba de eficiencia de tres técnicas: una técnica de sedimentación que emplea solución tampon acetoacético, SBAA, (12), la técnica de flotación por centrifugación con sulfato de zinc, FSZ, (13) y la técnica de sedimentación por centrifugación formol-éter, F-E, (14) para determinar cual de ellas era más efectiva para la recuperación de parásitos en muestras de aguas residuales.

Se realizaron once pruebas de eficiencia para cada una de las tres técnicas, para ello se prepararon cuatro mezclas de diferentes parásitos empleando la técnica F-E ampliamente usada para análisis clínico (15). Las estructuras parasitarias fueron cuantificadas de acuerdo con procedimientos previamente descritos (12). La concentración de cada uno de los parásitos en las mezclas se muestra en la Tabla 1. Una vez obtenidas las mezclas, se captaron muestras de agua residual del colector C de HIDROLAGO que surte al sistema de lagunas de estabilización del Centro de Investigaciones del Agua de La Universidad del Zulia (CIA-LUZ). Las muestras se esterilizaron en autoclave y se sembraron con las mezclas previamente preparadas. Las muestras sembradas fueron procesadas siguiendo las técnicas de recuperación mencionadas anteriormente. Finalmente, se cuantificaron los quistes y huevos recuperados y estos se relacionaron con los que fueron sembrados, para determinar el porcentaje de eficiencia de recuperación mediante cada una de las técnicas empleadas.

En la segunda fase de este trabajo se analizaron muestras de agua residual a la entrada y en cada una de las lagunas que conforman el sistema A del CIA-LUZ. Las muestras fueron procesadas empleando la técnica F-E, ya que en las pruebas de eficiencia previamente realizadas, fue la que

Tabla 1  
Concentración obtenida para cada especie Organismos/L en cada una de las mezclas

Especie	m <sup>1</sup>	m 2	m 3	m 4
<i>A. lumbricoides</i>	6,2 x 10 <sup>3</sup>	1,1 x 10 <sup>4</sup>	-	-
<i>T. trichiura</i>	1,6 x 10 <sup>3</sup>	-	-	-
<i>E. coli</i>	-	2,5 x 10 <sup>3</sup>	6,0 x 10 <sup>4</sup>	-
<i>G. lamblia</i>	-	-	2,1 x 10 <sup>4</sup>	6,4x10 <sup>4</sup>

<sup>f</sup> mezcla.

arrojó mayores porcentajes de recuperación de las estructuras parasitarias.

### Resultados y Discusión

Los resultados de las pruebas de eficiencia de las tres técnicas empleadas en la primera fase del estudio, se muestran en la Tabla 2. Todas las técnicas presentaron variabilidad en los porcentajes de eficiencia de recuperación tanto de huevos de helmintos como de quistes de protozoarios. Para el estudio de helmintos, la técnica SBAA presentó porcentajes de recuperación que oscilaron entre 8% y 69%, la técnica FSZ entre 8% y 34% y la técnica F-E entre 56% y 100%. Los porcentajes de recuperación de los quistes de protozoarios fueron de 3% a 64%, entre 2% a 15% y 14% a 100% para cada una de las técnicas respectivamente. Variaciones similares han sido informadas por otros investigadores (5). Al comparar los resultados de este estudio, se observó que la recuperación tanto de huevos de helmintos como de quistes de protozoarios fue superior por la técnica F-E. A pesar de no haberse llevado a cabo un análisis estadístico, por el limitado número de muestras procesadas, los porcentajes de recuperación de las estructuras parasitarias siempre fueron superiores con la técnica F-E que con las otras dos técnicas. Por esta razón, la técnica F-E, fue utilizada durante la segunda fase del estudio para la caracterización parasitológica de las aguas residuales.

Diversos investigadores (8,15,16) han llevado a cabo estudios de comparación de

eficiencia de recuperación de parásitos, a partir de heces utilizando diferentes técnicas. En las heces, los parásitos están más concentrados, por lo que se requiere menor cantidad de muestra para su procesamiento. En las aguas residuales la concentración de parásitos es menor debido a que están diluidos, por lo que se requiere del procesamiento de un mayor volumen de muestra para mejorar las probabilidades de detección de estos organismos.

Estudios realizados por Truant y cols. (17), comparando la eficiencia de recuperación de parásitos en heces mediante tres técnicas: formol acetato de etilo, formol-éter y sulfato de zinc en 50 muestras fecales, determinaron que la detección de estructuras parasitarias por las técnicas de sedimentación (formol acetato de etilo y formol-éter) eran superiores que con la técnica de flotación con sulfato de zinc en el diagnóstico de huevos de *A. lumbricoides* y *T. Trichiura*. Si bien la técnica de flotación fue más eficaz para detectar quistes de *E. coli* y *G. lamblia*, se ha observado que suele producir deformaciones tanto en los huevos de helmintos como en los quistes de protozoarios, ocasionando inconvenientes en la visualización e identificación morfológica de estas estructuras parasitarias (8,15). En la presente investigación también se comprobó que el empleo de la técnica FSZ para la recuperación de huevos y quistes de las aguas residuales, produce distorsiones y alteraciones de las características morfológicas que son clave para la identificación de estas formas evolutivas. Con la técnica SBAA, al igual que con

Tabla 2  
Eficiencia de recuperación de protozoarios y helmintos utilizando tres técnicas diferentes

Especie	Inóculo	Técnicas					
		SBAA		FSZ		F-E	
		R	%	R	%	R	%
<i>T. trichiura</i>	1,6x10 <sup>3</sup>	1,1x10 <sup>3</sup>	69	NR	0	1,6x10 <sup>3</sup>	100
	1,6x10 <sup>3</sup>	1,7x10 <sup>2</sup>	11	NR	0	8,9x10 <sup>2</sup>	56
<i>A. lumbricoides</i>	6,2x10 <sup>3</sup>	3,3x10 <sup>3</sup>	53	NR	0	3,7x10 <sup>3</sup>	60
	6,2x10 <sup>3</sup>	1,6x10 <sup>3</sup>	26	NR	0	6,2x10 <sup>3</sup>	100
	1,1x10 <sup>4</sup>	8,8x10 <sup>2</sup>	8	8,3x10 <sup>2</sup>	8	6,2x10 <sup>3</sup>	56
	1,1x10 <sup>4</sup>	1,0x10 <sup>3</sup>	9	3,7x10 <sup>3</sup>	34	1,1x10 <sup>4</sup>	100
Promedio Geométrico			29 ± 25		20 ± 18		78 ± 23
<i>E. coli</i>	2,5x10 <sup>3</sup>	1,2x10 <sup>3</sup>	48	NR	0	1,2x10 <sup>3</sup>	48
	2,5x10 <sup>3</sup>	1,6x10 <sup>3</sup>	64	NR	0	2,5x10 <sup>3</sup>	100
	6,0x10 <sup>4</sup>	3,2x10 <sup>3</sup>	5	1,1x10 <sup>3</sup>	2	2,1x10 <sup>4</sup>	35
	6,0x10 <sup>4</sup>	7,7x10 <sup>3</sup>	13	2,1x10 <sup>3</sup>	4	2,1x10 <sup>4</sup>	35
	6,0x10 <sup>4</sup>	3,5x10 <sup>3</sup>	6	5,6x10 <sup>3</sup>	9	2,2x10 <sup>4</sup>	37
	6,0x10 <sup>4</sup>	2,6x10 <sup>3</sup>	4	1,6x10 <sup>3</sup>	3	2,6x10 <sup>4</sup>	43
	6,0x10 <sup>4</sup>	2,1x10 <sup>4</sup>	35	8,2x10 <sup>3</sup>	14	3,1x10 <sup>4</sup>	52
<i>G. lamblia</i>	2,1x10 <sup>4</sup>	1,3x10 <sup>3</sup>	6	1,2x10 <sup>3</sup>	6	1,3x10 <sup>4</sup>	62
	2,1x10 <sup>4</sup>	7,1x10 <sup>2</sup>	3	2,1x10 <sup>3</sup>	10	3,1x10 <sup>3</sup>	15
	2,1x10 <sup>4</sup>	3,5x10 <sup>3</sup>	17	5,5x10 <sup>2</sup>	3	1,6x10 <sup>4</sup>	76
	2,1x10 <sup>4</sup>	3,2x10 <sup>3</sup>	15	3,2x10 <sup>3</sup>	15	2,1x10 <sup>4</sup>	100
	2,1x10 <sup>4</sup>	2,6x10 <sup>3</sup>	12	1,2x10 <sup>3</sup>	6	9,2x10 <sup>3</sup>	44
	6,4x10 <sup>4</sup>	3,2x10 <sup>3</sup>	5	1,2x10 <sup>3</sup>	2	8,7x10 <sup>3</sup>	14
	6,4x10 <sup>4</sup>	3,2x10 <sup>3</sup>	5	2,5x10 <sup>3</sup>	4	4,3x10 <sup>4</sup>	67
Promedio Geométrico			17 ± 18		6,5 ± 4,5		52 ± 26

R: Recuperación. %: Porcentaje de recuperación. NR: No recuperado.

la F-E, no se detectaron alteraciones morfológicas y, además, se manifestó una mayor concentración de huevos de helmintos y quistes de protozoarios por campo microscópico. Estas observaciones coinciden con las de Botero y cols. (15), quienes en un estudio comparativo de cinco métodos para in-

vestigiar parásitos en materia fecal, confirmaron que el método de sedimentación con formol éter es el más efectivo para la recuperación de helmintos y protozoarios. Estos autores y otros (8, 16, 18, 19) observaron con éste método efectos similares.

Las muestras obtenidas en el sistema de lagunas de estabilización fueron tabuladas en la Tabla 3 donde se observa el número de muestras procesadas, el porcentaje de positividad y la concentración de especies de helmintos y protozoarios detectados en las aguas residuales crudas y en cada una de las lagunas del sistema. En la Tabla 4 se resumen los porcentajes de muestras positivas para los diferentes parásitos detectados.

Con respecto a helmintos, en las aguas residuales crudas los huevos de *A. lumbricoides*, *H. nana*, *H. diminuta* y *Ancylostomideos*, estuvieron presentes en el 25% de las muestras (Tabla 4) a una concentración de

$2,7 \times 10^3$ , (Tabla 3). Específicamente los huevos de *Ancylostomideos* se detectaron en 2 de 20 (10%) de las muestras procesadas, los de *A. lumbricoides*, *H. nana* e *H. diminuta* en 1 de 20 (5%) de las muestras; mientras que en cada una de las lagunas que conforman el sistema así como en el efluente, no se detectaron helmintos (Tabla 3). Los protozoarios presentaron un rango entre 10 y 100%. Los quistes de *G. lamblia* estuvieron presentes en 20 de las 20 (100%) muestras a una concentración que varió de  $8,3 \times 10^3$  quistes/L a  $9,1 \times 10^4$  quistes/L con una media geométrica de  $2,3 \times 10^4$  quistes/L. Los quistes de *E. coli* fueron de

Tabla 3  
Porcentaje de positividad y concentración de especies de helmintos y protozoarios presentes en el Sistema de Lagunas de Estabilización del Centro de Investigaciones del Agua (CIA-LUZ)

	Sitio de Muestreo	Muestras Procesadas	Especie	Muestras Positivas	% Positividad	Organismo /L	Promedio Geométrico
H E L M I N T O S	ARC	20	<i>A. lumbricoides</i>	1	5	$2,7 \times 10^3$	-
			<i>Ancylostomideos</i>	2	10	$2,7 \times 10^3$	-
			<i>H. nana</i>	1	5	$2,7 \times 10^3$	-
			<i>H. diminuta</i>	1	5	$2,7 \times 10^3$	-
	LF	10	Ninguna				
	LM	10	Ninguna				
P R O T O Z O A R I O S	ARC	20	<i>G. lamblia</i>	20	100	$8,3 \times 10^3$ <sup>a</sup> $9,1 \times 10^4$	$2,3 \times 10^4$ $1,4 \times 10^4$
			<i>E. coli</i>	18	90	$5,5 \times 10^3$ <sup>a</sup> $8,8 \times 10^4$	$3,2 \times 10^3$
			<i>E. histolytica</i>	4	20	$2,7 \times 10^3$ <sup>a</sup> $5,5 \times 10^3$	
			<i>G. lamblia</i>	1	10	$5,5 \times 10^3$	-
	LF	10	<i>E. coli</i>	2	20	$2,7 \times 10^3$ <sup>a</sup> $5,5 \times 10^3$	$3,8 \times 10^3$ -
			<i>E. histolytica</i>	1	10	$2,7 \times 10^3$	-
	LM	10	<i>E. coli</i>	1	10	$2,7 \times 10^3$	-
	S	10	Ninguna				

ARC: agua residual cruda. LF: laguna facultativa. LM: laguna de maduración. S: salida.

Tabla 4  
Helmintos y protozoarios presentes en el Sistema de Lagunas de Estabilización del CIA-LUZ

Sitio de Muestreo	Muestras Procesadas	Helmintos		Protozoarios	
		MP	%	MP	%
ARC	20	5	25	20	100
LF	10	NR	0	4	40
LM	10	NR	0	1	10
S	10	NR	0	NR	0

MP: Muestras Positivas.

tectados en 18 de las 20 (90%) muestras con una concentración que varió de  $5,5 \times 10^3$  quistes/L a  $8,8 \times 10^4$  quistes/L y una media geométrica de  $1,4 \times 10^4$  quistes/L, mientras que *E. histolytica* se encontró en 4 de las 20 (20%) muestras con una concentración de quistes entre  $2,7 \times 10^3$  quistes/L y  $5,5 \times 10^3$  quistes/L y una media geométrica de  $3,2 \times 10^3$  quistes/L.

Como puede observarse en la Tabla 3, en el 40% de las muestras captadas en la laguna facultativa se detectaron quistes de protozoarios. Los quistes de *G. lamblia* fueron encontrados en 1 de las 10 (10%) muestras con una concentración de  $5,5 \times 10^3$  quistes/L, los quistes de *E. coli* estuvieron presentes en 2 de las 10 (20%) muestras con una concentración que osciló entre  $2,7 \times 10^3$  quistes/L y  $5,5 \times 10^3$  quistes/L y un promedio geométrico de  $3,8 \times 10^3$  quistes/L, mientras que los quistes de *E. histolytica* al igual que los de *G. lamblia* fueron encontrados en 1 de las 10 (10%) muestras con una concentración de  $2,7 \times 10^3$  quistes/L.

En la laguna de maduración sólo se detectaron quistes de *E. coli* en 1 de las 10 (10%) muestras captadas con una concentración de  $2,7 \times 10^3$  quistes/L.

A la salida de la segunda laguna de maduración (pulimento), correspondiente al efluente del sistema, no se detectaron quistes de protozoarios, lo que significa que estos fueron disminuyendo progresivamente

al pasar por las tres lagunas (facultativa, maduración, pulimento), gracias al tratamiento de autopurificación biológica y a los procesos de sedimentación. Como puede observarse, los porcentajes de muestras positivas para la presencia de helmintos fueron menores que los de los protozoarios. El rango de muestras positivas para los diferentes helmintos osciló entre 5% y 10% en una concentración de  $2,7 \times 10^3$  huevos/L, mientras que para los diversos protozoarios entre 10% y 100% en una concentración que varió entre  $2,7 \times 10^3$  huevos/L a  $9,1 \times 10^4$  huevos/L.

Quintero y cols., (20) estudiaron la prevalencia de quistes de *G. lamblia* en el mismo sistema de lagunas de estabilización, empleando las técnicas de floculación con carbonato de calcio e Inmunofluorescencia indirecta para la recuperación y detección de estas estructuras parasitarias. Estos investigadores encontraron quistes de *G. lamblia* en el 100% de las muestras de agua cruda captadas con una concentración de quistes detectados que varió de 97 a 1060 quistes/L con un promedio de 561 quistes/L. En la laguna facultativa el porcentaje de muestras positivas fue del 80%, con una concentración de quistes que osciló entre 60 y 180 quistes/L y un promedio de 72 quistes/L, mientras que en la laguna de maduración un 80% de las muestras fueron positivas con una concentración de quistes que varió desde <1 a 57 quistes/L y un promedio de 16

quistes/L. En el efluente del sistema de lagunas el porcentaje de muestras positivas fue del 60% con una concentración de quistes detectados que varió desde <1 a 15 quistes/L y un promedio de 5 quistes/L. Como puede observarse, en el trabajo de Quintero y cols. (20) los quistes de *G. lamblia* fueron detectados a la salida del sistema. Comparando los porcentajes de positividad de este trabajo y el de Quintero y cols., se observa un mayor número de muestras positivas en este último, lo cual puede deberse a que estos investigadores emplearon la técnica de inmunofluorescencia, que es mucho más sensible para la identificación y detección de las estructuras parasitarias que la visualización al microscopio de luz. En relación con las mayores concentraciones de quistes de *G. lamblia* encontradas en el presente trabajo, comparadas con las de Quintero y cols., podría relacionarse con el proceso de flotación empleado por ellos para la clarificación de las muestras, ya que ha sido demostrado que afecta la eficiencia de recuperación (20, 21), dando porcentajes más bajos que los procesos empleados en la presente investigación.

*G. lamblia* y *E. coli*, han sido los parásitos más frecuentemente señalados por diferentes autores en estudios coprológicos realizados en los últimos años en la ciudad de Maracaibo. Chacin - Bonilla y cols. (5) en 1990 en su estudio de la prevalencia de *E. histolytica* y otros parásitos intestinales en un barrio del Municipio Mara, determinaron que el protozooario más frecuente fue *E. coli* que afectó un 23,5% de la población, seguido por *E. histolytica* (9,2%) y *G. lamblia* (8%). Díaz y cols., (2) en 1992, determinaron la prevalencia de parásitos intestinales en el barrio Teotiste de Gallegos de la ciudad de Maracaibo, obteniendo un 18,4% de *G. lamblia* y un 15,6% de *E. histolytica*. Asimismo, la estadística de algunos hospitales del Municipio Maracaibo, revela una alta incidencia de afecciones gastrointestinales en las que *G. lamblia* y *E. histolytica* son los parásitos más frecuentemente encontrados.

De acuerdo con los resultados de esta investigación y los publicados por Quintero y cols. (20), se evidencia que existe una alta prevalencia de quistes de protozoarios en las aguas residuales que sirven a las comunidades de la zona estudiada y, que esta situación estaría reflejando el estatus infeccioso de sus habitantes como lo han sugerido Jakubowski y cols. en sus trabajos (10). Sin embargo, es importante tomar en cuenta que en la ciudad de Maracaibo, también se han realizado estudios sobre la alta incidencia de helmintiasis. El hecho de no haberse encontrado un alto porcentaje de estas estructuras parasitarias en comparación con los quistes de protozoarios, pudiera estar relacionado con las diferencias en las concentraciones de huevos de helmintos que son excretados con las heces. En este sentido, se sabe que un individuo infectado elimina por gramo de heces entre  $10^6$  y  $10^7$  quistes de *G. lamblia* y *E. histolytica*, mientras que los huevos de *Ascaris* y *Ancylostomideos* son excretados en concentraciones menores ( $10^3$ ) (22).

Como se mencionó anteriormente, la técnica F-E permite recuperar no sólo quistes de protozoarios sino también huevos de helmintos (14, 15). Sin embargo, es necesario realizar estudios adicionales, comparando mayores volúmenes y cantidad de muestras para verificar la sensibilidad de esta técnica en la detección de diferentes estructuras parasitarias y, de esta manera establecer su aplicabilidad en la caracterización parasitológica de las aguas residuales de nuestro país.

Es importante también señalar que de acuerdo con las Normas de Calidad de Aguas Residuales destinadas a la Reutilización, establecidas por la Organización Mundial de la Salud de 1994 (23), la ausencia de huevos de helmintos en los efluentes de sistemas de lagunas de estabilización estarían indicando que todos los microorganismos patógenos son removidos. Sin embargo, como pudo observarse en este trabajo en las primeras fases del sistema de tratamiento,

los quistes de protozoarios estuvieron presentes aun cuando los huevos de helmintos no lo estaban. Esto se debe principalmente a que los huevos de helmintos son más densos que los quistes de protozoarios, por lo tanto sedimentan más rápido. Esto hace que en los procesos de tratamiento de aguas residuales que dependen de la sedimentación no se remueven eficientemente los quistes de protozoarios. Por ello, estos resultados podrían ser considerados para establecer las normas de calidad de aguas residuales que van a ser reutilizadas adaptadas a las condiciones culturales, socioeconómicas y epidemiológicas locales.

También pudieron observarse larvas que no presentaban características morfológicas ni de *Strongyloides stercoralis* ni Ancylostomideos, y que posiblemente correspondan a formas de vida libre.

Con respecto a los parámetros fisicoquímicos el pH varió entre 7,07 y 9,77, siendo el pH promedio de 8,01. Esta alcalinidad probablemente esta relacionada a la materia orgánica presente en las aguas, principalmente debido al proceso de denitrificación de las algas (24), y a las materias fecales vertidas en ellas que generalmente presentan un pH alcalino (14). Además el pH no está directamente relacionado con la recuperación de protozoarios ni de helmintos, ya que la variación en la recuperación de parásitos no fue constante en un pH determinado. De igual manera se observó que la temperatura no está relacionada con el número de parásitos presente en cada punto del sistema de lagunas, ya que ella osciló de 29°C a 35°C con un promedio (33°C).

La técnica de sedimentación formol-éter además de ser la que mostró mayor eficacia en cuanto a la recuperación de huevos de helmintos y quistes de protozoarios en aguas residuales, presentó ventajas con relación al menor tiempo de procesamiento y al mas bajo costo (datos no mostrados). La aplicación de la técnica de formol-éter como método sencillo, sensible y económico, es

importante para los países en vías de desarrollo que tienen interés en estudiar parásitos en aguas residuales reutilizadas.

## Conclusiones

Con la técnica de sedimentación formol-éter (F-E) se obtuvieron porcentajes de eficiencia de recuperación superiores en comparación con las técnicas de flotación con sulfato de zinc (FSZ) y la de sedimentación con tampon acetoacético (SBAA) para la detección de *A. lumbricoides*, *T. trichiura*, *E. coli* y *G. lamblia*.

Las técnicas F-E y SBAA permiten un diagnóstico preciso, por cuanto no producen distorsiones ni alteraciones morfológicas en los huevos y quistes de los parásitos identificados.

Con la técnica SBAA no se logran eliminar los restos orgánicos de la muestra, dificultándose la visualización y cuantificación de los quistes y huevos observados.

Los quistes de protozoarios fueron encontrados a concentraciones mayores que la de los huevos de helmintos.

Los parásitos predominantes en las aguas residuales crudas fueron los protozoarios *G. lamblia* y *E. coli*, con porcentajes de 100% y 90% respectivamente.

La temperatura y el pH no influyen sobre la presencia de parásitos en las aguas residuales.

## Agradecimiento

Nuestro agradecimiento al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de La Universidad del Zulia (CONDES-LUZ) por el financiamiento parcial para la realización de este trabajo de investigación. Asimismo, al Centro de Investigaciones del Agua de La Universidad del Zulia (CIA-LUZ) por habernos facilitado sus instalaciones para llevar a cabo los muestreos en el Sistema de Lagunas de Estabilización.

### Referencias Bibliográficas

1. CHACIN-BONILLA L. *Investigación Clínica* 31 (1): 1-2, 1990.
2. DIAZ I., CHOURIO G. *Kasmera* 20 (1-4): 73-94, 1992.
3. SOTO R. La parasitosis más frecuente en nuestro medio: Clínica, Diagnóstico y Tratamiento (Trabajo de Ascenso), La Universidad del Zulia, Maracaibo (Venezuela), pp.145, 1994.
4. BOTERO D., RESTREPO M. *Parasitosis Humanas*, Editorial Presencia, Bogotá (Colombia), pp. 3-404, 1994.
5. CHACIN-BONILLA L., DIKDAN Y. *Investigación Clínica* 31(1): 3-15, 1990.
6. SALAZAR P., GARCIA Y., MARA Y. *Salud Pública de México* 36: 78-82, 1996.
7. CHACIN-BONILLA L., DIKDAN Y. *Investigación Clínica* 22(4): 185-203, 1991.
8. CHOURIO-LOZANO G. *Kasmera* 10(1-4): 134-146, 1982.
9. DIAZ I., FLORES T. *Kasmera* 18(1-4): 46-70, 1990.
10. JAKUBOWSKI W., SYKORA J., SORBERA., CASSON L., GAVAGHAN P. *Wat Sci Tech* 24 (2): 173-178, 1991.
11. PIMENTEL C. Calidad microbiológica del agua en Venezuela, *XIX Jornada Venezolana de Microbiología Dra. "Slavia Ryder", V Jornadas Nacionales de Infec-tología*. Maracaibo (Venezuela), pp. 33, 1990.
12. HERRERA L., BOTERO L., NARANJO J. *Manual del Curso de Avances en la De-tección de Bacterias Enteropatógenas, Virus y Parásitos en Aguas y en Aguas Residuales*. Maracaibo (Venezuela), pp. 110, 1992.
13. METODOLOGIA PARA EL ANALISIS MI-CROBIOLOGICO DE AGUAS Y PRODUC-TOS AGRICOLAS. Organización Mundial de la Salud. Organización Panamericana de la Salud. División de Salud y Ambiente, 1990.
14. STOTT R., JENKINS T., SHABANA M., MAY E. *Wat Sci Tech* 35: 211-217, 1997.
15. BOTERO D., RESTREPO M. *Antioquia Médica* 9(7): 286-296, 1969.
16. FLORES T., RINCON W. *Kasmera* 18(1-4): 29-45, 1990.
17. TRUANT A., ELLIOT SH., KELLY M., SMITH J. *J Clin Microbiol* 13 (5): 882-884, 1981.
18. RIDLEY D., HAWGOOD B. *Journal Clinical Pathology* 9: 74-76, 1986.
19. RITCHIE L., PAN C., HUNTER G. *Journal Parasitology* 38(4): 16-24, 1992.
20. QUINTERO W., BOTERO L., MEDINA Z., OLIVEROS C. A study on the prevalence of Giardia cyst in stabilization ponds. *International Symposium of the IAWQ Specialist Group on Health -Related Water Microbiology*, Palma de Mallorca, (España), pp. 106-107, 1996.
21. LECHEVALLIER M., NORTON W., SIEGEL J., ABBASZADEGAN M. *Appl Environ Microbiol* 61 (2): 690-697, 1995.
22. GELDREICH E. *Water Quality in Latin America. Balancing the Microbial and Chemical Risks in Drinking Water Disinfection*, International Life Science Institute Press, Pan American Health Organization, World Health Organization, Washington, DC (USA) pp. 19-43, 1996.
23. HESPANHOL I., PROST M. *Wat Res* 28(1): 119-124, 1994.
24. SUSUKI M., BALLORY D., DAHLBERG A., GUJER W., JENKINS D., KROISS H. *Water Quality International* 26 (7-8): 20-22, 1992.