

PRESENCIA DE *GIARDIA LAMBLIA* Y *CRYPTOSPORIDIUM* SPP. EN AGUAS RESIDUALES DEPURADAS REUTILIZADAS PARA RIEGO AGRÍCOLA EN LA ISLA DE TENERIFE, ESPAÑA. EFECTOS DEL TRANSPORTE A LARGA DISTANCIA SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA REUTILIZADA

GIARDIA LAMBLIA Y *CRYPTOSPORIDIUM* SPP. *PRESENCE IN TREATED WASTEWATER REUTILISED FOR IRRIGATION IN TENERIFE ISLAND, SPAIN. LONG- DISTANCE TRANSPORT EFFECTS IN THE REUTILISED WATER QUALITY*

N. Abreu Acosta ¹, Macrina Martín Delgado ², Antonio Ortega Rivas ¹ Antonio del Castillo Remiro ¹, Escolástico Aguiar González ³ y Basilio Valladares Hernández ¹

¹ Departamento de Parasitología, Ecología y Genética. Facultad de Farmacia. Universidad de La Laguna.

² Servicio de Sanidad Ambiental. Dirección General de Salud Pública. Servicio Canario de la Salud.

³ Organismo Autónomo de Balsas de Tenerife. Consejo Insular de Aguas de Tenerife. Cabildo Insular de Tenerife.

RESUMEN

El empleo de aguas residuales depuradas para riego agrícola es la alternativa de reutilización con más relevancia hoy día, siempre y cuando se desarrolle con garantías sanitarias y medioambientales.

Giardia lamblia y *Cryptosporidium* spp. son dos protozoos patógenos entéricos de amplia distribución ambiental, frecuentes en hábitats acuáticos. La investigación y detección de estos parásitos en aguas ha adquirido importancia en los últimos años debido a que poseen formas de dispersión resistentes a los tratamientos habituales, aplicados tanto en procesos de potabilización como de depuración, y a que han sido clasificados como patógenos emergentes causantes de importantes brotes de transmisión hídrica.

En este trabajo se estudia la presencia de quistes de *Giardia lamblia* y ooquistes de *Cryptosporidium* spp. en el agua residual depurada de la ciudad de Santa Cruz de Tenerife que es transportada hasta el sur de la isla de Tenerife para su reutilización en agricultura. Asimismo

ABSTRACT

Treated wastewater use for irrigation is, nowadays, the more relevant reutilization alternative of wastewater, if it is developed with sanitary and environmental warranties.

Giardia lamblia and *Cryptosporidium* spp. two wide distributed enteric pathogen protozoan, which are frequent in aquatic habitats. These protozoan investigation and detection have acquired importance in the last years due to their dispersion forms, which show resistance to the habitual treatments of potabilization and purification, and their classification as emerging pathogens which are the causative agents of important hydric transmission outbreaks.

In our work, *Giardia lamblia* cyst and *Cryptosporidium* spp. oocyst presence in Santa Cruz de Tenerife treated wastewater which is transported to the South of the island to be reutilised in agriculture. Furthermore, transport, storage and advanced treatment effects against cyst and oocyst concentration throughout the system and re-

Correspondencia: Néstor Abreu Acosta. Avenida Astrofísico Francisco Sánchez, s/n. Departamento de Parasitología. Facultad de Farmacia. Universidad de La Laguna. La Laguna, Santa Cruz de Tenerife. Tel.: 922 – 31 84 84 Fax: 922 – 31 85 14 e – mail: nabreu@ull.es.

Convenio: Seguimiento de la implantación del regadío con aguas depuradas de la ciudad de Santa Cruz de Tenerife en el Valle San Lorenzo. Estudios complementarios. Área sanitaria: analítica. Consejo Insular de Aguas de Tenerife, Organismo Autónomo de Balsas de Tenerife, Departamento de Parasitología, Ecología y Genética de la Universidad de La Laguna.

se investiga el efecto del transporte, el almacenamiento y el tratamiento avanzado sobre la concentración de quistes y ooquistes a través del sistema, y la existencia de relaciones con otros parámetros bacteriológicos y físico-químicos.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto comportamientos variables de los contenidos en quistes y ooquistes frente a los tratamientos aplicados, y el efecto depurador que el transporte a larga distancia, parece tener sobre el agua residual depurada.

No se han encontrado relaciones entre las concentraciones de quistes y ooquistes en el agua residual depurada y el contenido de los indicadores tradicionales de contaminación fecal.

PALABRAS CLAVE: reutilización agrícola, *Giardia lamblia*, *Cryptosporidium* spp., agua residual depurada.

INTRODUCCIÓN

El uso del agua residual depurada para riego agrícola puede ser una alternativa especialmente adecuada de reutilización, siempre y cuando se realice garantizando la ausencia de riesgos para la salud pública y de deterioro medioambiental.

Asegurar la ausencia de riesgos para la salud, implica efectuar la reutilización manteniendo las medidas preventivas adecuadas para proteger a la población expuesta, directamente por manipulación del agua residual, o indirectamente, por cercanía a las áreas de reutilización o consumo de los productos obtenidos una vez incorporados al mercado.

La práctica de la reutilización de aguas residuales en agricultura está en auge en todo el mundo, con objeto principalmente de liberar aguas blancas para el abastecimiento de las comunidades, llegando incluso, a constituir en volumen, del 70 al 85% de los caudales generados¹.

El agua en las Islas Canarias es un recurso natural y escaso, primordial para el desarrollo de las principales actividades económicas de las Islas. Concretamente en la isla de Tenerife el volumen total de agua proveniente de los recursos hídricos se cifró en 212 hm³ en 1991, de éste más del 50% es demandado por el sector agrario. Según, el Consejo Insular de Aguas de Tenerife¹, para cubrir la demanda de agua en el año 2001 establecida en 230 hm³/año, será necesario reutilizar en la Isla un volumen de aguas residuales urbanas depuradas de 25 hm³/año. De ahí la conveniencia de estudios sobre la calificación sanitaria del agua residual depurada, su repercusión sobre la salud de las personas que entran en contacto directo o indirecto, y la seguridad alimentaria de los productos cultivados, mediante el seguimiento y evolución del contenido biológico y físico químico de las aguas depuradas a lo largo del sistema de transporte, almacenamiento y distribución, que se puede observar en la figura 1. El tratamiento aplicado al agua residual en la planta consta de pretratamiento, tratamiento primario, y tratamiento secundario de fangos activados (decantación, aireación y floculación).

lation existence with other bacteriological and physical-chemical parameters, are also investigated

The obtained results demonstrate variable behaviours in cyst and oocyst concentration against applied treatments, and the depurative effect of the long-distance transport which seems to have in treated wastewater.

There was not found any relation between cyst and oocyst concentration in treated wastewater and the traditional indicators of faecal contamination.

KEY WORDS: agricultural reutilization, *Giardia lamblia*, *Cryptosporidium* spp., treated wastewater.

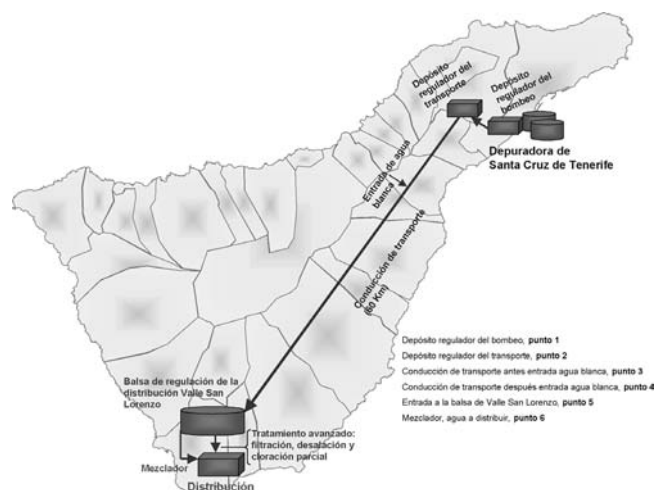


Figura 1: Esquema de la infraestructura de reutilización agrícola del agua residual depurada en Tenerife.

La presencia de quistes de *Giardia lamblia* y ooquistes de *Cryptosporidium* spp. es frecuente en cualquier ambiente acuático, aguas superficiales o aguas residuales², lo que ha hecho que se conviertan en parámetros a tener en cuenta como indicadores de la calidad biológica del agua. Además estos protozoos parásitos entéricos son causa de patologías emergentes hoy día, relacionándose con brotes de transmisión hídrica a partir del agua de bebida que han involucrado importantes volúmenes de población³. Su capacidad para generar este tipo de brotes se asocia con su resistencia a los procesos habituales de tratamiento de las aguas, siendo más resistentes a la desinfección que indicadores de contaminación fecal tradicionales como los coliformes fecales, ya que pueden permanecer viables en el agua durante largos periodos de tiempo⁴. En Canarias, si bien no se han declarado brotes ocasionados por estos protozoos, sí se han presentado incidencias de giardiasis considerables durante décadas.

Por lo expuesto, los objetivos de este trabajo fueron determinar la presencia de *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium* spp. en el agua residual depurada a reutilizar, la evolución de estos indicadores a través del sistema, y su re-

lación con determinados parámetros bacteriológicos y físico químicos convencionales.

MATERIAL Y MÉTODOS

Muestras

Se han analizado un total de 96 muestras en seis puntos en diferentes partes de la infraestructura esquematizada en la Figura 1, que son los siguientes: depósito regulador del bombeo (purga de una de las bombas) (punto 1), depósito regulador del transporte (salida del depósito) (punto 2), conducción de transporte (antes entrada agua de pozo) (punto 3), conducción de transporte (después entrada agua de pozo) (punto 4), entrada a la balsa Valle de San Lorenzo (canalillo de entrada Balsa) (punto 5), y mezclador (agua a distribuir) (punto 6).

El agua de pozo que se incorpora durante el transporte para mejorar la calidad del agua a reutilizar tiene un contenido medio de coliformes fecales de 2000 UFC/100 ml y menos de 400 μ S/cm².

Aislamiento y cuantificación de quistes de *Giardia lamblia* y ooquistes de *Cryptosporidium* spp.

Se utilizó la técnica de Vesey⁵ con algunas modificaciones. Se parte de un volumen de muestra es de 10 l, se le añade 100 ml de una solución de cloruro cálcico 1 M y 100 ml de una solución de bicarbonato sódico 1 M. Se ajusta el pH de la mezcla a 10 \pm 0.05 con hidróxido sódico 4 N, dejando decantar durante 4 horas. Después de este

Detección de indicadores de contaminación fecal

Se utilizó el método de la filtración por membrana (0.45 μ) (Millipore Belford, USA) de alícuotas de muestras tomadas en envases estériles de 2 litros de capacidad. Las membranas fueron incubadas para cada parámetro a su temperatura y tiempo característico sobre medios específicos⁶.

Determinación de parámetros físico químicos

Se realizó la determinación de la DBO₅ y MES, con objeto de verificar las correlaciones entre estos parámetros y la contaminación biológica del agua y las relaciones entre ellos mismos⁶.

Análisis estadístico

La existencia de diferencias respecto a la procedencia de las muestras y el análisis de regresión se llevó a cabo utilizando el programa SPSS v.9.

RESULTADOS

Presencia de quistes de *Giardia lamblia* y ooquistes de *Cryptosporidium* spp.

Quistes de *Giardia lamblia*. Se detectó la presencia de quistes de en el 34.9% de las muestras analizadas con un rango de 0 a 30 quistes/l (4 \pm 8). Los resultados se resumen en la tabla 1.

Se observaron diferencias claras en el contenido en quistes de *Giardia lamblia* entre los distintos tramos del

Tabla 1: Rango, media y desviación típica (quistes/litro) y frecuencia (%) de quistes de *Giardia lamblia* en las muestras analizadas por punto de muestreo y global.

Punto de muestreo	Rango (quistes/l)	Media \pm desv.típ.	% presencia
Punto 1	0 - 29	7 \pm 10	71.4
Punto 2	0 - 22	5 \pm 7	69.2
Punto 3	0 - 30	6 \pm 11	28.6
Punto 4	0 - 27	2 \pm 7	7.14
Punto 5	0 - 23	3 \pm 7	21.4
Punto 6	0 - 2	0 \pm 0	14.3
Global	0 - 30	4 \pm 8	34.9

periodo se aspira el sobrenadante y los flóculos se redissuelven añadiendo 300 ml de ácido sulfámico al 10%, pasando a tubos de centrifuga de 50 ml y centrifugando a 2.500 g durante 10 minutos. El pellet final se resuspende y se lava en 20 ml de solución PBS – Tween-80 al 0.01%. De este concentrado final se toman alícuotas de 100 μ l que se someterán a la detección y cuantificación mediante inmunofluorescencia directa. Este concentrado se marca con Ac monoclonales (TechLab, Blacksburg, VA, USA), usando un método modificado en tubo. 14 μ l de los Ac marcados con fluoresceína se añadieron a los 100 μ l del concentrado. Los reactivos se mezclaron cuidadosamente y se incubaron en agitación y en oscuridad durante 1 hora. Esta mezcla se centrifugó a 10.000 r.p.m. durante 30 segundos, y el pellet se resuspendió en el mismo volumen de PBS. A continuación 30 μ l del concentrado se colocaron en cada pocillo del porta para examinar bajo microscopio de fluorescencia. La eficacia de recuperación de este método se estableció en un 60%.

sistema. Así, fue claramente superior en el agua residual depurada procedente de los depósitos regulador del bombeo y regulador del transporte (puntos 1 y 2) respecto al del agua residual depurada después de la incorporación del agua de pozo (punto 4) (U = 39, p = 0.002 y U = 39, p = 0.004), al final de la conducción de transporte (punto 5) (U = 53, p = 0.025 y U = 53, p = 0.043) y en el agua al distribuir (punto 6) (U = 35, p = 0.001; U = 35.5, p = 0.002), parcialmente sometida al tratamiento avanzado.

El número de quistes de *Giardia lamblia* presentó una correlación significativa con estreptococos fecales (r=0.277; p= 0.013), clostridios sulfito reductores (r=0.237; p= 0.036) y MES (r=0.388; p= 0.000) (tabla 7).

Ooquistes de *Cryptosporidium* spp. Se detectó la presencia de ooquistes en el 9.64% de la totalidad de las muestras analizadas con un rango de 0 a 2 ooquistes/l (0 \pm 0). En la tabla 2 se resumen los resultados obtenidos.

Tabla 2: Rango, media y desviación típica (ooquistes/litro) y frecuencia (%) de ooquistes de *Crystosporidium* spp. en las muestras analizadas por punto de muestreo y global.

Punto de muestreo	Rango (quistes/l)	Media ± desv.típ.	% presencia
Punto 1	0 - 2	0 ± 0	21.4
Punto 2	0 - 1	0 ± 0	15.4
Punto 3	0 - 0	0 ± 0	0
Punto 4	0 - 1	0 ± 0	7.14
Punto 5	0 - 1	0 ± 0	14.3
Punto 6	0 - 0	0 ± 0	0
Global	0 - 2	0 ± 0	9.64

No se detectaron diferencias en la concentración de ooquistes entre los seis puntos de muestreo incluidos en el trabajo.

Presencia de indicadores de contaminación fecal

Coliformes fecales. Los recuentos de coliformes fecales oscilaron entre las 2×10^3 y 2.4×10^6 UFC/100 ml ($4.0 \times 10^5 \pm 6.9 \times 10^5$). En la tabla 3 se pueden observar los resultados por punto de muestreo.

dos obtenidos para los seis puntos de muestreo y la totalidad de las muestras analizadas.

Se encontraron diferencias entre puntos de muestreo ($F=5.136$; $p=0.000$), de tal manera que el agua a distribuir (mezclador, punto 6), tiene un contenido en estreptococos fecales inferior al determinado para el agua a la salida del depósito regulador del transporte (punto 2) y en la conducción de transporte antes de la entrada de agua de pozo 3 ($p=0.039$, $p=0.001$). Asimismo, el agua en la entrada a la balsa (punto 5), tiene una con-

Tabla 3: Rango, media y desviación típica (UFC/100 ml) de coliformes fecales en las muestras analizadas por punto de muestreo y global.

Punto de muestreo	Rango (UFC/100 ml)	Media ± desv.típ.
Punto 1	$4.0 \times 10^4 - 2.4 \times 10^6$	$7.0 \times 10^5 \pm 9.6 \times 10^5$
Punto 2	$1.7 \times 10^4 - 2.4 \times 10^6$	$6.2 \times 10^5 \pm 1.01 \times 10^6$
Punto 3	$3.0 \times 10^4 - 1.9 \times 10^6$	$4.8 \times 10^5 \pm 6.3 \times 10^5$
Punto 4	$2.0 \times 10^3 - 1.7 \times 10^6$	$3.7 \times 10^5 \pm 5.7 \times 10^5$
Punto 5	$4.0 \times 10^3 - 1.0 \times 10^6$	$2.4 \times 10^5 \pm 3.8 \times 10^5$
Punto 6	$3.0 \times 10^3 - 1.0 \times 10^5$	$3.2 \times 10^4 \pm 3.1 \times 10^4$
Global	$2.0 \times 10^3 - 2.4 \times 10^6$	$4.0 \times 10^5 \pm 7.0 \times 10^5$

En este caso, sí se detectaron diferencias significativas entre puntos de muestreo ($F=4.542$; $p=0.001$), de tal manera que en el agua residual depurada a distribuir (punto 6), el contenido en coliformes fecales es menor que en el agua del depósito regulador del bombeo (punto 1) ($p=0.001$), depósito regulador del transporte (punto 2) ($p=0.037$), y la conducción de transporte antes de la incorporación del agua de pozo (punto 3) ($p=0.006$).

Por otro lado, se ha determinado una correlación significativa entre coliformes fecales y estreptococos fecales de 0.285 ($p=0.011$), y con MES de 0.478 ($p=0.000$) (Tabla 7).

Estreptococos fecales. Los recuentos de estreptococos fecales variaron entre las 2.0×10^2 y 7.0×10^5 UFC/100 ml ($9.66 \times 10^4 \pm 1.3 \times 10^5$). En la Tabla 4 se presentan los resulta-

dos obtenidos para los seis puntos de muestreo y la totalidad de las muestras analizadas.

El contenido en estreptococos fecales se correlacionó con el de coliformes fecales (0.285; $p=0.011$), clostridios sulfito reductores (0.317; $p=0.006$), *Giardia lamblia* (0.277; $p=0.013$), DBO_5 (0.203; $p=0.007$), y MES (0.344; $p=0.002$) (Tabla 7).

Clostridios sulfito reductores. Los recuentos de clostridios sulfito reductores tienen un rango para la totalidad de las muestras analizadas de 50 a 1.9×10^5 UFC/100 ml ($3.0 \times 10^4 \pm 4.6 \times 10^4$). Los resultados por punto de muestreo se pueden observar en la Tabla 5.

También se detectaron diferencias entre puntos de muestreo para los resultados de este parámetro. El agua

Tabla 4: Rango, media y desviación típica (UFC/100 ml) de estreptococos fecales en las muestras analizadas por punto de muestreo y global.

Punto de muestreo	Rango (UFC/100 ml)	Media ± desv.típ.
Punto 1	$1.0 \times 10^3 - 4.0 \times 10^5$	$1.2 \times 10^5 \pm 1.4 \times 10^5$
Punto 2	$2.0 \times 10^3 - 3.6 \times 10^5$	$1.2 \times 10^5 \pm 1.3 \times 10^5$
Punto 3	$9.0 \times 10^3 - 7.0 \times 10^5$	$1.7 \times 10^5 \pm 1.8 \times 10^5$
Punto 4	$2.0 \times 10^3 - 5.3 \times 10^5$	$1.1 \times 10^5 \pm 1.5 \times 10^5$
Punto 5	$2.0 \times 10^2 - 1.2 \times 10^5$	$2.8 \times 10^4 \pm 3.6 \times 10^4$
Punto 6	$1.0 \times 10^3 - 3.2 \times 10^5$	$1.1 \times 10^4 \pm 8.7 \times 10^3$
Global	$2.0 \times 10^2 - 7.0 \times 10^5$	$9.7 \times 10^4 \pm 1.3 \times 10^5$

Tabla 5: Rango, media y desviación típica (UFC/100 ml) de clostridios sulfito reductores en las muestras analizadas por punto de muestreo y global.

Punto de muestreo	Rango (UFC/100 ml)	Media ± desv.típ.
Punto 1	2.0x10 ³ – 1.9x10 ⁵	4.4x10 ⁴ ± 6.2x10 ⁴
Punto 2	2.0x10 ³ – 1.9x10 ⁵	2.6x10 ⁴ ± 5.0x10 ⁴
Punto 3	1.0x10 ³ – 1.4x10 ⁵	3.3x10 ⁴ ± 4.7x10 ⁴
Punto 4	4.0x10 ³ – 1.3x10 ⁵	3.1x10 ⁴ ± 4.2x10 ⁴
Punto 5	2.0x10 ³ – 1.6x10 ⁵	3.2x10 ⁴ ± 4.8x10 ⁴
Punto 6	50 – 6.5x10 ⁴	1.2x10 ⁴ ± 1.7x10 ⁴
Global	50 - 1.9x10 ⁵	3.0x10 ⁴ ± 4.6x10 ⁴

residual depurada en el momento previo a la distribución (punto 6), presenta un contenido significativamente menor que el correspondiente al agua residual depurada antes de ser sometida al transporte y tratamiento avanzado (punto 1) (F= 2.269; p= 0.026). La concentración de clostridios sulfito reductores presenta correlación con la de *Giardia lamblia*, tal y como ya se indicó, y con MES (0.238; p= 0.035).

Determinaciones de parámetros físico químicos

El rango y la media de las determinaciones físico químicas realizadas por punto de muestreo se presentan en la Tabla 6.

DISCUSIÓN

Se detectó la presencia de quistes de *Giardia lamblia* en el agua residual depurada de la ciudad de Santa Cruz de Tenerife. Los resultados contrastan con los obtenidos por Ahmad *et al.*², que en efluentes de plantas de tratamiento convencional, en las que el agua residual era sometida a un pretratamiento, tratamiento secundario químico y tratamiento avanzado de filtración por arena y cloración, no detectaron presencia de *Giardia lamblia*, con concentraciones de cloro residual libre de 2.6 a 4.3 y cloro total de 3.2 a 4.8 mg/l. Esto demuestra que el tratamiento de depuración y el avanzado de filtración y cloración, parecen tener eficacia en la reduc-

Tabla 6: Rango y valor medio de los resultados de DBO₅ y MES en las muestras analizadas por punto de muestreo y global.

Punto de muestreo	DBO ₅	MES
Punto 1	17.0 – 130 (32.0)	17.0 – 126 (29.7)
Punto 2	16.0 – 50.0 (25.3)	17.0 – 31.0 (23.8)
Punto 3	18.0 – 72.0 (36.4)	14.0 – 34.0 (23.2)
Punto 4	15.0 – 58.0 (29.0)	9.00 – 28.0 (19.8)
Punto 5	8.00 – 50.0 (26.1)	11.0 – 28.0 (18.4)
Punto 6	5.00 – 27.5 (14.1)	3.00 – 23.0 (13.6)
Global	5.00 – 130 (27.2)	3.00 – 126 (24.4)

Análisis estadístico

El análisis de regresión puso de manifiesto la existencia de correlaciones significativas entre algunos de los parámetros analizados. Los resultados se muestran en la Tabla 7.

ción de este parámetro, influyendo principalmente la filtración.

En nuestro caso, la valoración de las variaciones entre puntos de toma de muestras pone de manifiesto que la dilución producida por el aporte de agua de pozo y el

Tabla 7: Resultados del análisis de regresión

	CF	SF	CSR	<i>Giardia</i>	<i>Cryptos</i>	DBO ₅	MES
CF	1.000	0.285* (0.011)	0.023 (0.842)	0.043 (0.703)	0.040 (0.720)	0.204 (0.065)	0.478** (0.000)
SF		1.000	0.317** (0.006)	0.277* (0.013)	-0.066 (0.564)	0.303** (0.007)	0.344** (0.002)
CSR			1.000	0.237* (0.036)	-0.040 (0.731)	0.056 (0.627)	0.238* (0.035)
<i>Giardia</i>				1.000	-0.019 (0.864)	0.314** (0.004)	0.388** (0.000)
<i>Cryptos</i>					1.000	-0.040 (0.720)	0.116 (0.295)
DBO ₅						1.000	0.371** (0.001)

transporte a lo largo de la conducción producen una reducción considerable del contenido en quistes.

Por otro lado, las correlaciones bajas encontradas entre los quistes de *Giardia lamblia* y los dos indicadores bacterianos de contaminación fecal, así como la ausencia de relación alguna con el otro grupo indicador bacteriano utilizado, coliformes fecales, sugieren que estas bacterias no reflejan de una forma clara los contenidos de este protozoo presentes en las aguas residuales, resultados que coinciden con los obtenidos por otros autores². La correlación entre la concentración de quistes de *Giardia lamblia* y MES es lógica, al comportarse los quistes como material particulado, viéndose afectados por los mismos factores que actúan sobre la materia en suspensión.

Asimismo, se detectó la presencia de ooquistes de *Cryptosporidium* spp., en todos los puntos de muestreo, a excepción del correspondiente al agua final a distribuir, si bien no existieron diferencias significativas entre estos puntos, lo que indica que la contribución del transporte y del tratamiento avanzado aplicado en el momento del estudio, a la disminución del número de ooquistes en el agua residual a reutilizar, es mínima. A diferencia de otros estudios en los que los efluentes de aguas residuales domésticas llegaron a contener hasta 5200 ooquistes/litro⁷, el número de ooquistes encontrado en este estudio fue muy bajo, debido quizás, por una parte, al origen doméstico, casi exclusivo, de las aguas estudiadas y, por otro, a la baja prevalencia de *Cryptosporidium* spp. en la población de la Ciudad. No se observaron correlaciones claras entre el número de ooquistes de *Cryptosporidium* spp. y el resto de los parámetros estudiados. Esto demuestra, como para el caso de *Giardia lamblia*, que no es válida la utilización de cualquiera de los indicadores bacterianos de contaminación fecal para evaluar la presencia o el comportamiento de estos protozoos en los distintos sistemas de tratamiento de agua residual.

Contenidos bajos, como los obtenidos en este trabajo, tanto de *Cryptosporidium* spp. como de *Giardia lamblia*, pueden estar relacionados con las características del agua y del método empleado para la concentración e identificación de estos parásitos. Debido al alto contenido en materia orgánica, ooquistes y quistes, pueden quedar ocultos y dar lugar a falsos negativos o recuentos erróneamente bajos^{8,9}, lo que implicaría la necesidad de utilizar una fase de clarificación con percoll-sacarosa o una inmunoseparación (IMS) posterior a la de concentración, que al mismo tiempo eliminaría posibles reacciones cruzadas con otros organismos, por ejemplo con algas¹⁰.

Las diferencias encontradas entre los distintos puntos de muestreo sugieren una disminución del contenido en coliformes fecales debida al transporte. Por su parte, los resultados parecen indicar que el tratamiento avanzado parcial, contrariamente a lo supuesto de antemano, no produce una disminución significativa en el contenido en coliformes fecales. Las reducciones conseguidas se asemejan a las obtenidas con otros tratamientos basados en lagunas de estabilización¹¹.

Como cabría esperar existe correlación entre los dos indicadores de contaminación fecal: coliformes fecales y estreptococos fecales.

En el caso de los estreptococos fecales, la reducción observada a lo largo del sistema, parece ser debida tanto al transporte como a la inyección de agua de pozo que se produce entre los puntos 3 y 4. Sin embargo, el tratamiento avanzado no parece producir disminución alguna, hecho observado igualmente para coliformes fecales. La reducción del contenido de estreptococos es, en este caso también, similar a las reducciones obtenidas en el caso de tratamientos de aguas residuales urbanas por lagunaje¹¹. Las correlaciones obtenidas con coliformes fecales, clostridios sulfito reductores, *Giardia lamblia*, *Cryptosporidium* spp., DBO₅ y MES, parecen indicar un mayor contenido de estreptococos en las muestras de agua residual depurada de mayor carga en materia orgánica y en suspensión, es decir, con una menor depuración.

Finalmente, para clostridios sulfito reductores, el conjunto de las operaciones efectuadas produce una reducción significativa del contenido, observándose una reducción significativa en el agua residual depurada a distribuir. La correlación con el contenido en quistes de *Giardia lamblia* y con MES, es debida al comportamiento de los esporos de este grupo de indicadores de contaminación fecal, como partículas en suspensión.

Agradecimientos

A Don Emilio Álvarez por la dedicación y entrega con la que realiza su trabajo.

Al personal del Departamento de Ingeniería Química y Tecnología Farmacéutica que realizó las determinaciones físico químicas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Cabildo Insular de Tenerife. Plan Hidrológico Insular de Tenerife. 1989:133.
2. Ahmad RA, Lee E, Tan ITL y Mohamad-Kamel AG. Occurrence of *Giardia* cysts and *Cryptosporidium* oocysts in raw and treated water from two water treatment plants in Selangor, Malaysia. *Wat Res* 1997; 31:3132-6.
3. U.S. Food & Drug Administration. The Bad Bug Book. Food-borne pathogenic Microorganisms and Natural Toxins Handbook. 1997; 410.
4. Bella SW HO and Tam TY. *Giardia* and *Cryptosporidium* in sewage contaminated river waters. *Wat Res* 1998; 32: 2860-4.
5. Vesey G, Sladed JS, Byrne M, Shepherd K y Fricker CR. A new method for the concentration of *Cryptosporidium* oocysts from water. *J Appl Bacteriol* 1993; 75:82-6.
6. American Public Health Association. American Water Works Association. Water Environment Federation. Standard Methods for the examination of water and wastewater. 19 Ed. Washington, 1995.
7. Madore MS, Rose JB, Gerba CP, Arrowood MJ y Sterling CR. Occurrence of *Cryptosporidium* oocysts in sewage effluents and selected surface waters. *J Parasitol* 1987; 73: 702-5.
8. Bifulco JM and Schaefer III FW. Antibody – magnetite method for selective concentration of *Giardia lamblia* cysts from water samples. *Appl Environ Microbiol* 1993; 59: 772-6.
9. Shepherd KM and Wyn – Jones AP. An evaluation of methods for the simultaneous detection of *Cryptosporidium* oocysts and *Giardia* cysts from water. *Appl Environ Microbiol* 1996; 62: 1317-22.
10. Rodgers MR, Flanigan DJ and Jakubowski W. Identification of algae which interfere with the detection of *Giardia* cysts and *Cryptosporidium* oocysts in water. *Appl Environ Microbiol* 1995; 61: 3759-63.
11. El Hamouri B, Khallayoune K, Bouzoubaa K, Rhallabi N and Chalabi M. High – rate algal pond performances in fecal coliforms and helminths eggs removal. *Wat Res* 1994; 28: 171-4.