

## Transmisión de protozoarios patógenos a través del agua para consumo humano

YEZID SOLARTE, BIOL., M.Sc.<sup>1</sup>, MIGUEL PEÑA, ING. SANIT., M.Sc., Ph.D.<sup>2</sup>,  
CARLOS MADERA, ING. SANIT., M.Sc.<sup>3</sup>

### RESUMEN

Los protozoarios patógenos *Cryptosporidium parvum* y *Giardia* sp. han demostrado su infectividad e impacto negativo en la salud de miles de personas tanto en naciones industrializadas como en los países en desarrollo. La mayoría de los protozoarios por presentar una forma resistente a las condiciones ambientales, les permite la supervivencia a los tratamientos físico-químicos del agua para consumo humano. De igual forma, la aparición de nuevos patógenos demuestra la necesidad de desarrollar nuevos indicadores de calidad microbiológica que permitan ofrecer productos verdaderamente seguros en el agua para uso humano. El presente artículo es una revisión de literatura que señala el impacto de este riesgo microbiológico, asociado fundamentalmente con el consumo de aguas cuyos indicadores clásicos de contaminación microbiológica (coliformes fecales y *Escherichia coli*) en casi todos los casos cumplen con las normas vigentes.

**Palabras clave:** Agua potable; Calidad del agua; *Cryptosporidium*; *Giardia*; *Protozoarios patógenos*.

*Parasitic protozoa transmission by drinking water*

### SUMMARY

The pathogenic protozoa *Cryptosporidium* sp. and *Giardia* sp. showed their infectivity and negative effects on the health of thousands of people in both developed and developing countries. Protozoa have ambient resistant stages that permit survived to physical and chemical treatment of drinking water. This risk is mainly related to the consumption of water whose microbiological quality indicators typically fulfill with current standards (fecal coliforms and *Escherichia coli*). Likewise, the discovery of new pathogens is calling for the development of new microbiological quality indicators that allow the production of really safe goods and services such as water for human consumption. Herein the authors present a literature review showing the impact of this microbiological risk in different populations.

**Key words:** *Drinking water*; *Quality*; *Cryptosporidium*; *Giardia*; *Protozoa pathogens*.

En el tracto digestivo de gran parte de la población humana coexisten varios protozoos que incluyen amibas, flagelados, coccidias y ciliados. Muchos de estos microorganismos son reconocidos como comensales: *Entamoeba coli*, *Endolimax nana* y *Trichomonas hominis*, mientras que *Ent. histolytica*, *Ent. hartmanni*, *Iodamoeba buetschlii*, *Dientamoeba fragilis*, *Giardia intestinalis*, *Cryptosporidium parvum* y *Balantidium coli* se consideran como protozoarios patógenos.

También hay otras especies de protozoos que pueden causar desórdenes gástricos tanto en individuos inmunosuprimidos como inmunocompetentes: *Cyclospora cayotensis*, *Isospora belli*, *Chilomastix mesnili*, *Blastocystis hominis*. Estos parásitos causan principalmente diarreas en

la población humana y los grupos más sensibles a estos parásitos son los niños menores de 5 años y los adultos mayores de 70 años; en estos grupos se presenta una mortalidad entre 3% y 5% en los enfermos que requieren hospitalización<sup>1</sup>.

En general los patógenos (i.e., virus, bacterias y protozoos) causan principalmente gastroenteritis y 50% de estos casos se deben al consumo de agua contaminada por heces tanto humanas como de animales y se atribuyen a microorganismos específicos o toxinas generadas por ellos. En EEUU, los protozoos parásitos podrían ser los responsables de cerca de 7% de las 672 epidemias originadas desde 1946 a 1980 por el consumo de agua<sup>2</sup>. Es de anotar que existen otras

1. Coordinador Instituto de Inmunología, Sede Buenaventura, Colombia. e-mail: ysolarte@inmuno.org

2. Profesor Asociado, Director del Grupo de Investigación en Saneamiento Ambiental. Instituto CINARA, Universidad del Valle, Cali, Colombia. e-mail: miguelpe@univalle.edu.co

3. Profesor Auxiliar, Escuela EIDENAR, Facultad Ingeniería, Universidad del Valle, Cali, Colombia. e-mail: cmadera@univalle.edu.co

Recibido para publicación 29 septiembre, 2004

Aprobado para publicación enero 17, 2006

rutas de transmisión para estos microorganismos (i.e., alimentos, auto-infección), sin embargo, este artículo se centra sólo en la ruta de transmisión a través del agua.

Otros protozoos considerados de vida libre (i.e., amibas), pueden, bajo ciertas circunstancias volverse patógenos y causar problemas de salud, como es el caso de *Naegleria fowleri*, *Hartmannella vermiformis*, *Acanthamoeba griffini*, *A. culbertsoni*, *A. castellanii* y *Vahlkampfia* spp.

Por esta razón, los protozoos tienen importancia en la industria del agua, pues ésta es un vehículo para la transmisión de la mayoría de estos parásitos. Los principales mecanismos en la transmisión son la ingestión de agua contaminada, el contacto y la recontaminación del agua por una mala higiene doméstica. Entre los protozoarios patógenos, los que presentan mayor importancia en cuanto a la calidad del agua para diversos usos (i.e., agua para consumo humano, agua para recreación y agua para irrigación de vegetales frescos de consumo directo) son la *Giardia* sp. y el *Cryptosporidium* sp. Por tanto, esta revisión se centra en estos dos microorganismos y el riesgo potencial que representan, sin olvidar que otros protozoarios patógenos pueden en un momento determinado ser importantes causas de diarreas e incluso causar la muerte. Con esta revisión se pretende llamar la atención de las instituciones, empresas y personas cuyas misiones y actividades tienen que ver con la gestión y el control de la calidad del agua como elemento fundamental para el desarrollo y la buena salud de la población.

***Cryptosporidium parvum*.** Los organismos del género *Cryptosporidium* pertenecen a la familia Cryptosporidiae. Hasta el momento se han identificado y aceptado cerca de doce especies de *Cryptosporidium*, a saber: *C. parvum* con dos genotipos propuestos [*C. hominis* (hominidos) y *C. parvum* (ganado)], *C. canis* (perros), *C. felis* (gatos), *C. muris* (roedores), *C. meleagridis* (aves)]; además se han descrito otras especies: *C. baileyi*, *C. ameivae* (lagartos), *C. lampropeltis* (serpientes), *C. ctenosauris* (lagartos), *C. crotali* (serpientes), *C. nasorum* (peces) y *C. serpentis* (serpientes) y *Cryptosporidium saurophilum*. Nótese la amplia distribución de los diferentes organismos (primates superiores, mamíferos, aves, reptiles, peces) que son infectados por este protozoario.

El *Cryptosporidium* presenta varios estadios en su ciclo de vida, entre los cuales está el ooquiste, que es una etapa latente que resiste a las condiciones ambientales, y donde muestra la capacidad de sobrevivir por largos

períodos bajo condiciones favorables. Este parásito puede causar infecciones intestinales tanto en humanos como en animales y no requiere de huéspedes intermediarios. Se multiplica en el intestino delgado y origina serios problemas en los mecanismos de absorción, pues genera una diarrea aguda que es autolimitada en adultos sanos. También se considera el parásito más importante en la industria del agua porque se le relaciona como agente etiológico responsable de un número importante de epidemias en diversas partes del mundo. Es el patógeno, junto con *Giardia* sp., que se encuentra con más frecuencia en aguas para consumo humano.

Las epidemias mejor documentadas han ocurrido en Inglaterra y Estados Unidos. En el primer país se estudiaron 25 epidemias entre 1988 y 1998, y también se encontró que fue la cuarta causa de diarreas (13%) con una prevalencia mayor en niños entre 1 y 5 años<sup>3</sup>, con fluctuaciones entre 1% y 30%<sup>4</sup>. Entre tanto, en Estados Unidos desde 1985 se analizaron 12 epidemias<sup>5</sup>. En Brasil se determinó que más de 18.7% de las diarreas en infantes se debían a *C. parvum*<sup>6</sup>; en algunos países latinoamericanos se han establecido cifras de prevalencia así, Argentina, 3.9%; Costa Rica, 4.3%; Venezuela, 10.8%; Ecuador, 11.2%; Guatemala, 13.8%; y 16.7% en Haití<sup>4</sup>. En Colombia se encontró una prevalencia de 83.3% determinada por serología, mientras que por edades se determinó en el grupo de 0 a 14 años una prevalencia de 10.7%, de 15 a 30 años, 20% y en mayores de 30 años, 28.3%<sup>7</sup>. Esto significa que la gran mayoría de la población estudiada ha estado en contacto con el parásito.

En casi todas las epidemias mencionadas se determinó que el agua fue el principal vehículo de transmisión y de hecho se encontraron ooquistes en los diversos tipos de agua de suministro. Se encontraron ooquistes de *C. parvum* en 97% de las muestras en distintas fuentes de agua en los Estados Unidos; de estas muestras 83% eran de manantiales (en los que no había actividad humana) y en 27% a 28% las muestras se tomaron en agua tratada para consumo humano<sup>8</sup>. Todos los tipos de agua presentaban concentraciones de ooquistes, en cantidades muy variables que iban desde 0.002 hasta 65.1 ooquistes/l y con una positividad entre 3.5% y 61% de las muestras evaluadas<sup>9,10</sup>.

La mayor concentración de ooquistes se vio en aguas de libre circulación agrícola donde hay una alta influencia de la ganadería, pues se encontraron entre 1.5 y 1.9 más ooquistes con respecto a las aguas superficiales donde se vierte agua residual doméstica; en estos mismos sitios la

población presentó mayores infecciones<sup>11</sup>. Souza y Lopes<sup>12</sup> observaron que 61% de terneros menores de 30 días estaban infectados, mientras que 41% presentaron diarrea; en los terneros mayores de 30 días hubo 82.5% de positivos y 49% con diarrea. Se estima que un ternero podría excretar hasta 10 mil millones de ooquistes por día. Otros animales relacionados con los seres humanos y que bajo ciertas circunstancias pueden servir de reservorios son: roedores, perros y gatos. Hasta el momento en la epidemiología de la criptosporidiosis se han visto comprometidas más de 80 especies de mamíferos.

En cifras absolutas, los brotes de criptosporidiosis mejor documentados muestran un impacto importante en la salud pública de comunidades tanto en países industrializados como en desarrollo. El brote más grande ocurrió en Milwaukee, Wisconsin, en los Estados Unidos en 1993 donde se calcula que 400.000 personas se infectaron con *Cryptosporidium* y 100 de ellas murieron<sup>13</sup>. Un evento igualmente perturbador ocurrió en Kitchener-Waterloo, Ontario<sup>14</sup>.

***Giardia lamblia (duodenalis)***. Presenta dos fases en su ciclo de vida el trofozoito y el quiste. Es un protozoario flagelado parásito, que se encuentra en el intestino delgado de varios animales y del hombre y se transmite en forma de quiste. Causa dolores estomacales, diarrea, náuseas, fatiga, ardor epigástrico y otros síntomas compatibles con úlcera o gastritis. El principal modo de transmisión es la ruta fecal-oral y los niños de las guarderías, escuelas y personas inmunosuprimidas son los grupos que presentan el riesgo más alto de contraer la infección.

Los quistes salen con las heces al ambiente, su supervivencia en estas condiciones depende de la temperatura, a 10°C pueden sobrevivir 77 días, a 20°C disminuye su viabilidad hasta 3 días. El género *Giardia* está ampliamente distribuido en la naturaleza y se ha encontrado en más de 40 especies de animales, que incluyen peces, anfibios, aves y mamíferos.

Este protozoario es el parásito que se encuentra con más frecuencia en el agua. En Norte América, es un contaminante común de las aguas superficiales; se han documentado epidemias causadas a través del agua en Estados Unidos, Canadá, Inglaterra y España. Entre 1986 y 1988, se registraron 25 brotes de giardiasis en los Estados Unidos, en algunos de ellos como principales factores de riesgo se demostraron los sistemas de abasto de agua contaminados con aguas residuales domésticas, y en otros casos la contaminación por heces de animales. En

casi todos los sitios donde ocurrieron estos brotes, el único tratamiento del agua era la desinfección<sup>15</sup>.

En un estudio hecho en la ciudad de Armenia en Colombia, se determinó, que 60.4% de niños con edades de los 3 a los 13 años presentaban quistes de *Giardia* y 4.6% tenían trofozoitos. Entre los factores de riesgo evaluados se determinó una relación directa con la calidad del agua del acueducto en comparación con el agua obtenida a partir de tanques individuales<sup>16</sup>. En otro estudio en Arboleda (Nariño), se encontró una prevalencia de 7% en el grupo de 0 a 14 años, mientras que en otros grupos de edades no se encontró este parásito<sup>17</sup>.

Al igual que *Cryptosporidium*, la prevalencia y la concentración de ooquistes de este protozoario en el agua son muy variables. Rose<sup>9</sup> determinó que en agua subterránea, agua de deshielo y agua tratada no se encontraron quistes de *Giardia*, otros estudios han determinado concentraciones que van de 0.04 a 66 quistes/l y entre 17% y 81% de las muestras evaluadas<sup>18</sup>.

En las redes de distribución se encontraron quistes de *Giardia* en 22% de las muestras con una concentración de 1.8 quistes/l. Los análisis estadísticos efectuados en varios estudios, demuestran una correlación entre ooquistes de *Cryptosporidium* y quistes de *Giardia*, esto evidencia la posibilidad de una misma fuente de contaminación o reservorio<sup>9</sup>.

## REMOCIÓN DE QUISTES Y OOQUISTES, POR DIFERENTES PROCESOS DE TRATAMIENTO DEL AGUA

Los tratamientos del agua para consumo humano remueven en diferentes grados estos dos protozoarios, la filtración lenta en arena es capaz de retirar entre 93% y 100%<sup>19</sup> de *Giardia*. Con *Cryptosporidium*, las remociones han alcanzado entre 99.99% (4 log) y 99.997% (5 log)<sup>20</sup>. Se discute con base en la evidencia epidemiológica, que los niveles de quistes de *Giardia* que persisten en el agua potable (0.11 quistes/l) después de los procesos de filtración no son capaces de causar infecciones.

En sistemas convencionales y filtración directa se han obtenido remociones entre 25% y 86%<sup>9</sup>, en la coagulación y floculación se ha removido entre 2 y 3 log, respectivamente<sup>21</sup>. Con filtración directa la remoción alcanzó entre 2.7 y 3.1 log para *Cryptosporidium* y de 3.1 a 3.5 log para *Giardia*<sup>22</sup>, la filtración rápida retiró entre 1.5 y 2.0 log<sup>23</sup>, con esta última tecnología, se calcula la concentración de estos dos

protozoarios en el agua de lavado de los filtros rápidos, con concentraciones de quistes de *Giardia* entre 1.4 y 374/100 l y de ooquistes de *Cryptosporidium* entre 0.8 y 252/100 l, con 92% de las muestras positivas. Normalmente estas aguas son devueltas a la fuente de abastecimiento de agua, lo que representa un alto riesgo para otros asentamientos humanos que se abastezcan después.

En las redes de distribución se pueden encontrar ooquistes y en muestras positivas para *Cryptosporidium* se ha visto una concentración de 1.1 ooquistes/l. El hallazgo de estos protozoos en las redes representa un alto riesgo para la salud, pues a los ooquistes de *Cryptosporidium* no los afectan los niveles de cloro (1.3 mg/l) que por lo general se emplean para desinfectar el agua y son mucho más resistentes que las bacterias entéricas y los virus a los productos químicos usados en el proceso de la desinfección<sup>24</sup>. Por ejemplo, contra los ooquistes de *Cryptosporidium* es necesario usar entre 8.000 y 16.000 mg/l de cloro, mientras la ozonización inactiva 99% de los ooquistes<sup>3</sup>. Con 15 mg/l de cloro disminuye en 47% la infectividad de ooquistes y con 80 mg/l y 90 minutos de contacto se obtuvo una disminución en la infectividad del 99%<sup>25</sup>.

Tanto en EEUU como en Inglaterra los tratamientos inadecuados del agua fueron la causa más común de epidemias por estos dos protozoos, 54%; mientras que el uso de agua subterránea no tratada produjo, 23%; las deficiencias en el sistema de distribución, 12%; y el uso de agua superficial no tratada, 8%. En Estados Unidos se han documentado cinco epidemias relacionadas con una calidad deficiente del agua tratada pero que cumplía con los estándares de turbiedad y coliformes fecales<sup>26</sup>. Asimismo, en Inglaterra se estudiaron ocho epidemias asociadas con contaminación de los tanques de almacenamiento y con el aumento en la concentración de quistes al lavar y reciclar el agua de los filtros rápidos y el retorno de estas aguas a la cabeza de la planta de tratamiento<sup>27</sup>.

Un ejemplo contundente de la transmisión de *Cryptosporidium* a través del agua potable se evidenció en Ontario<sup>14</sup>. La planta de tratamiento de agua potable asociada con un brote de *Cryptosporidium* es un sistema nuevo con tecnología de punta que tiene ozonización antes y después de la sedimentación seguida de un sistema de tratamiento convencional y monitores en tiempo real para parámetros biológicos, químicos y físicos y un sistema SCADA para el seguimiento continuo de todas las variables operativas de las distintas unidades de proceso. La

fuentes de suministro de agua del sistema es el río Grande, que fluye a través de un área de explotación agrícola sujeta a contaminación por ooquistes. El brote lo descubrió un laboratorio bacteriológico local que analizaba muestras de materias fecales y observó un alto número de muestras positivas para ooquistes de *Cryptosporidium* sp. Una revisión de los registros operativos de la planta demostró que no hubo fallas en las unidades de tratamiento antes, durante, ni después del brote. Las turbiedades efluentes del sistema variaron entre 0.1-0.2 UNT (unidades nefelométricas de turbiedad) en 99% de las veces y de hecho fueron menores a 0.1 UNT en 90% de las veces. Asimismo, no se registraron concentraciones de coliformes totales, coliformes fecales y *E. coli* por encima de la norma en 100% de las muestras. La conclusión final de un equipo de investigadores de la EPA se cita a continuación «Entramos en una nueva era del tratamiento de agua donde a pesar de cumplir o exceder las normas de calidad existentes aún somos confrontados por eventos de esta naturaleza. Hasta ahora nos damos cuenta de los desafíos que debe afrontar la industria del agua para efectuar una gestión efectiva del riesgo».

La literatura técnica que documenta y discute en detalle los diferentes casos de brotes de criptosporidiosis argumenta que éstos en general se relacionan con deficiencias en el tratamiento del agua, operación inadecuada de los sistemas, fallas en los equipos electromecánicos de las plantas o una protección ineficaz de las fuentes de agua. En relación con este último punto, en los países en desarrollo algunas de las medidas de control ambiental para el flujo de patógenos (i.e., tratamiento de excretas y aguas residuales, manejo de biosólidos, control de las fuentes de contaminación difusa, manejo de residuos hospitalarios, control de calidad de los alimentos y la educación en higiene) son precarios o simplemente no existen, esto hace que el escenario de riesgo potencial por estos patógenos sea una causa de alarma para la salud de la población. Esta potencialidad de riesgo se puede manifestar en cualquier momento con brotes de infección de una magnitud insospechada.

De otro lado, y con plantas de tratamiento de agua residual, se estudió la ocurrencia y remoción de ooquistes de *Cryptosporidium* spp., y quistes de *Giardia* spp., en once sistemas de lagunas de estabilización para el manejo de aguas residuales localizados en igual número de poblaciones a lo largo de Kenya en Africa<sup>28</sup>. En este estudio se determinaron concentraciones de quistes de *Giardia* mucho más altas en el agua residual cruda que en el

efluente de la laguna anaerobia (primera unidad de tratamiento en la serie). Se demostraron ooquistes y quistes en el efluente de tres lagunas anaerobias, de las cinco monitoreadas en el estudio. Los rangos de concentraciones fueron entre 2.3 y 50.0 ooquistes/l y 133 y 231 quistes/l, respectivamente. Ya que la mayoría de la remoción de ooquistes, quistes y material orgánico ocurre en las lagunas primarias que reciben agua residual cruda, se infiere que la absorción de ooquistes y quistes en el material sólido sedimentable es el mecanismo de retiro más importante de estos protozoos en estos sistemas de depuración.

Como lo discuten Grimason *et al.*<sup>28</sup> la remoción de patógenos en sistemas de lagunas de estabilización y en especial de protozoarios parásitos, es un tema que claramente merece mayor investigación por el desconocimiento que existe sobre estos microorganismos en ambientes abiertos. Estos autores argumentan que son varios los elementos que afectan la tasa de retiro por sedimentación de ooquistes y quistes en sistemas lagunares. Tal vez los factores más importantes son la velocidad de sedimentación de estos parásitos, la inversión térmica, el burbujeo de gases desde la capa bentónica y las perturbaciones propias causadas por el transporte de sedimentos dentro de las lagunas. Bartone<sup>29</sup> argumenta que la estratificación térmica y la acumulación de biomasa aumentan el corto-circuito hidráulico y en consecuencia se favorece el arrastre rápido de patógenos viables a lo largo del sistema de tratamiento que, eventualmente, podrían salir en el efluente y diseminarse en el medio.

En la actualidad se presta mayor atención a la remoción de *Cryptosporidium* del agua para consumo humano, porque sus ooquistes presentan menor tamaño (4-6 mm), que los de *Giardia* (8-14 mm). Los ooquistes de *Cryptosporidium* ofrecen mayor resistencia a los desinfectantes y tienen un mayor potencial para contaminar el agua a través de las heces de animales. *Cryptosporidium* también presenta una mayor tasa de infección en la población expuesta (40% para *Cryptosporidium*, contra 1% a 10% de *Giardia*), mucho mayor tasa de enfermos entre los infectados (95% contra 50%) y ausencia de un tratamiento adecuado para la enfermedad.

Estos factores junto con otras características particulares que determinan su transmisión, a saber: ooquistes resistentes a las condiciones ambientales, transmisión persona-persona, transmisión a través del agua y alta resistencia a los desinfectantes y la capacidad de causar auto-infección, le confieren un potencial epidemiológico alto. Asimismo, otros atributos que caracterizan la

infectividad de *C. parvum* y *G. intestinales* son sus bajas dosis infectivas mínimas y su amplia distribución geográfica. De acuerdo con Hurst *et al.*<sup>30</sup>, la dosis infectiva mínima de *C. parvum* varía entre 10 y 30 ooquistes y para *G. intestinalis* está alrededor de 10 quistes. En el caso de infecciones bacterianas las dosis infectivas mínimas están entre  $10^3$ -y  $10^5$  células. Los virus también presentan dosis infectivas mínimas bajas, que varían entre 1 y 20 partículas virales. Nótese por tanto que el riesgo de adquirir una criptosporidiosis por alguna de las rutas mencionadas, es en general más alto que para el caso de las infecciones causadas por bacterias.

De otro lado, en el caso particular de *Cryptosporidium* aún subsisten problemas con las técnicas analíticas para su determinación en muestras ambientales como de su identificación. El tamaño tan pequeño del ooquiste y sus relativamente bajas concentraciones en el medio, obligan a procesar grandes volúmenes de muestra para la mayoría de los métodos analíticos existentes, éstos a su vez presentan unos porcentajes de recuperación muy variables: 10% a 85%, con lo que, por lo general, se subestima el nivel de riesgo en la muestra procesada. Una vez que se calcula la concentración de ooquistes debe procederse luego al estudio de la viabilidad de los mismos para poder así estimar el riesgo de infección. Las pruebas de viabilidad son en general dispendiosas, toman un largo tiempo y presentan un alto costo. En este sentido, determinar la presencia y la viabilidad de *Cryptosporidium* y *Giardia* demanda laboratorios ambientales con equipos complejos y personal calificado para llevar a cabo esas pruebas. De igual forma, los brotes y episodios cada vez más frecuentes (por lo menos en EEUU e Inglaterra) de infecciones producidas por estos protozoarios (y también en los países en desarrollo) demuestran que la hipótesis de que el agua microbiológicamente segura (de acuerdo con indicadores clásicos i.e., coliformes fecales, NMP, *E. coli*) no es una condición suficiente que garantice la ausencia de patógenos en el agua para consumo.

Así se demuestra la importancia del agua de suministro humano como una ruta de transmisión para estos protozoarios y que es necesario establecer los factores de riesgo del agua superficial que luego se trata para ser consumida por la población, a fin de disminuir el riesgo de tener epidemias por estos parásitos. En la literatura se establece que la exposición a heces de animales infectados (especialmente terneros), la exposición de niños en guarderías, las prácticas sexuales orales-anales, el consumo de alimentos y agua contaminados y el contacto directo con agua contaminada son factores de

riesgo importantes. Gould *et al.*<sup>31</sup> describieron como factores de riesgo la natación (40%), la visita a las ganaderías (34%), el contacto con terneros y ovejas (29%), o con mascotas enfermas (12%) y las excursiones (10%). Este riesgo se correlacionó con sistemas privados de agua (12.5%).

## OTROS PROTOZOOS DE IMPORTANCIA EN LA INDUSTRIA DEL AGUA

Cada vez es mayor el número de protozoarios patógenos causantes de gastroenteritis en la población humana y el problema aumenta por las diversas rutas ambientales que pueden ser usadas para la transmisión. El agua por sus diversos empleos y calidades juega un papel importante en las vías de transmisión. En este trabajo se incluyeron otros protozoos que tienen una importancia epidemiológica relativa de acuerdo con la región geográfica, el nivel socio-económico y demográfico de la población y sólo se presentan aquellos en los que se ha documentado que el agua es un elemento de transmisión.

**Amibas de parasitismo obligatorio.** La principal amiba que se encuentra en el intestino grueso es la *Entamoeba histolytica*. Presenta mayor importancia entre las amibas parásitas del hombre y es un reconocido patógeno que se puede transmitir por el agua, particularmente en áreas tropicales. Es el agente causal de la disentería amibiana, la colitis amibiana, diarreas severas y el absceso hepático.

Los quistes que varían entre 10 y 20  $\mu\text{m}$ , salen en las heces y su propagación se debe a la contaminación fecal. La *E. histolytica* está distribuida en todo el mundo y se transmite a través de alimentos y agua contaminados. En la India se encontró en agua almacenada en varios tipos de recipientes, para utilizarla en actividades como lavado de verduras, bebidas, etc. Parece que la contaminación ocurre por el manejo incorrecto del agua, pues en las fuentes del líquido no se encontró este parásito<sup>32</sup>.

En Guatemala<sup>33</sup> la prevalencia de *E. histolytica* fue 6% y en Ecuador se calculó una prevalencia de 18.9% en niños de edad escolar (6 a 16 años)<sup>34</sup>. En el Departamento de Nariño, municipio de Arboleda se encontró 29.5% de prevalencia en la población, con la mayor cifra en el grupo entre 0 y 14 años (13.1%)<sup>17</sup>.

**Amibas con parasitismo facultativo.** *Naegleria fowleri*. El género *Naegleria* pertenece a la familia Vahlkampfiidae, que se caracteriza por un estadio biflagelar temporal, casi todas estas amibas no son patógenas. En los humanos causa meningoencefalitis amibiana primaria (MEAP), afección que

termina en la muerte. En Brasil se descubrió en un caso de MEAP y se aisló de veinte piscinas en Río de Janeiro, en Venezuela se ha asociado con casos fatales de MEAP<sup>35</sup>, en Colombia se conocen tres casos de MEAP en Medellín, Bogotá y Apartadó<sup>36</sup>. En Chile se ha visto en diferentes tipos de agua dulce<sup>37</sup> y también en aguas termales en Venezuela<sup>38</sup>.

**Vahlkampfia.** Pertenece a la familia Vahlkampfiidae. Habita en agua dulce y se ha descubierto en el estroma corneal de personas que usan lentes de contacto desechables<sup>39</sup>. Casi siempre aparece en infecciones mixtas con *Hartmannella* sp.

**Hartmannella vermiformis.** Pertenece a la familia Hartmannellidae. Causa problemas oftalmológicos, principalmente keratitis, en quienes emplean lentes de contacto y el riesgo se ha relacionado con el lavado de los ojos o de los lentes con agua contaminada<sup>40</sup>. También pueden causar meningoencefalitis, bronconeumonía y muerte<sup>41</sup>. Estas amibas se han encontrado en agua dulce en Chile con una prevalencia mayor en comparación con otras que presentan parasitismo facultativo<sup>37</sup>. El contacto con agua contaminada y la desnutrición aumentan el riesgo de ser invadido por estas amibas<sup>41</sup>. También se halló, junto con *Vahlkampfia* sp., en sistemas de agua caliente y en sitios de alta humedad en hospitales<sup>42</sup>.

**Acanthamoeba griffini, A. culbertsoni y A. castellanii.** Pertenecen a la familia Acanthamoebidae, son amibas muy comunes en agua dulce y suelos y poseen un grado variable de patogenicidad, ya que se han aislado de la cavidad faríngea y nariz de personas con problemas respiratorios. Este grupo de amibas pueden causar keratitis en personas que utilizan lentes de contacto blandos y el riesgo de contraer esta infección se relaciona con el baño en piscinas y lavar los lentes de contacto con agua de uso doméstico<sup>43</sup>. Parece ser que la desinfección de estos lentes con cloro no disminuye el riesgo<sup>44</sup>. También puede causar lesiones cutáneas en pacientes con HIV<sup>45</sup> y pérdida de la visión<sup>46</sup>. Esta amiba se aisló en diversos tipos de agua dulce<sup>37</sup>, además en estaciones para el lavado de los ojos, con promedios de 200 amibas/100ml<sup>47</sup>. En Bogotá se conocen 6 casos de queratitis y en dos casos de rinitis crónica se encontró esta amiba<sup>36</sup>.

**Balamuthia mandrillaris.** Causa encefalitis amibiana granulomatosa, se sabe de cuatro casos de esta infección en México<sup>48</sup>.

**Balantidium coli.** Pertenece a la familia Balantidiidae. Es el único ciliado parásito del hombre, el quiste tiene un tamaño entre 45 y 65  $\mu\text{m}$ . Muchas personas con este ciliado no presentan síntomas, pero el protozoario puede causar diarreas leves a profusas e incluso disentería

fulminante fatal. Los quistes se han encontrado en agua almacenada en viviendas, cuya contaminación parece deberse al manejo inadecuado de los recipientes<sup>32</sup>, una higiene doméstica pobre, que se origina principalmente en la carencia de agua potable y de sistemas de disposición de excretas o tratamiento del agua residual doméstica<sup>49</sup>.

***Toxoplasma gondii***. Se han documentado varias epidemias causadas por este parásito y relacionadas al agua. En 1979, en Panamá, 31 de 98 soldados estadounidenses se contaminaron por consumir agua en una zona selvática<sup>50</sup>; en British Columbia (Canadá) se registraron 110 casos, cuyas aguas para consumo humano solamente utilizaban la desinfección como único tratamiento<sup>51</sup>. En Canadá, en 1995, una epidemia de toxoplasmosis originada en el agua para consumo humano, se relacionó con la presencia de este protozoo en el lago Victoria de donde se abastecen las plantas de tratamiento de agua para consumo humano<sup>52</sup>. Posteriormente, se determinó el papel de los gatos domésticos y salvajes así como el de los pumas en mantener la contaminación por oquistes en estas áreas<sup>53</sup>.

***Cyclospora cayetanensis***. Es otro de los protozoos más comunes encontrado hasta el momento entre la población humana, sobre todo en individuos inmunocompetentes, es de distribución cosmopolita. Este protozoo causa diarreas y cada vez es mayor el número de países en las cuales se registra, en Perú se asoció con el consumo de agua sin tratamiento<sup>54</sup> y en Estados Unidos se considera que su principal ruta de transmisión es a través del agua<sup>55</sup>.

***Blastocystis hominis***. Se asocia con el turismo y el consumo de agua, frutas y vegetales contaminados con heces<sup>56</sup>. Este parásito se encuentra con una alta prevalencia entre la población humana, en Argentina se halló en 43% de niños en edad escolar<sup>49</sup>. También se ha registrado en Venezuela con una prevalencia de 27%<sup>57</sup>. También en este último país 24% de los escolares, principalmente niños entre 9 y 11 años de edad<sup>58</sup> y 23.9% de los ancianos estaban parasitados por este protozoo<sup>59</sup>.

## CONCLUSIONES

Los estudios que se mencionan en este artículo muestran que el riesgo de contraer EDA por causa de los protozoos patógenos *Cryptosporidium* sp., y *Giardia* sp., es importante para la salud pública en vista del número de casos documentados en diferentes lugares del mundo, las características fisiológicas, la ubicuidad, la infectividad y la resistencia de estos microorganismos a los procesos convencionales de tratamiento y desinfección del agua.

Es de suma importancia que la industria del agua en Colombia efectúe una caracterización de este riesgo microbiológico a pesar de las dificultades intrínsecas asociadas con los costos, el manejo y análisis de muestras ambientales para la determinación de estos protozoos. Nótese que el acelerado deterioro de la calidad del agua de las fuentes de suministro ya es por sí solo un indicador cualitativo del alto riesgo potencial relacionado con protozoos patógenos a que puede estar sometida una fracción importante de la población urbana.

Las entidades a cargo de la toma de decisiones para suministrar la infraestructura sanitaria en el país desconocen casi por completo los riesgos que generan estos microorganismos y por tal motivo las intervenciones realizadas (barreras ambientales para controlar la transmisión de enfermedades infecciosas como sistemas de tratamiento de agua potable, sistemas para el manejo, tratamiento y disposición de excretas y aguas residuales, y programas de educación en higiene) están lejos de ser costo-efectivas y de alcanzar los beneficios que se esperan en salud.

El descubrimiento de nuevos microorganismos patógenos y la reemergencia de varios de aquellos que hasta hace algunos años se creían controlados, demuestran que los preceptos sobre los cuales se basa la industria del agua para entregar un producto seguro (indicadores clásicos de contaminación microbiológica), son falibles y se necesita por lo tanto más investigación para comprender estos nuevos riesgos y en consecuencia poder establecer unas estrategias adecuadas para su manejo y control.

Por último, la verdad es que por lo menos en el contexto nacional se sabe muy poco sobre los riesgos ambientales y de salud que representan los protozoos patógenos y de allí que las acciones de control se limiten tan sólo a casos documentados y tratados clínicamente. En el factor preventivo para el control de este riesgo en el agua potable, todo el trabajo está aún por desarrollarse.

## REFERENCIAS

1. Service PHL. Cryptosporidiosis in England and Wales. *CDR Wkly* 1996; 6: 171.
2. Sauch JF. Use of immunofluorescence and phase-contrast microscopy for detection and identification of *Giardia* cysts in water samples. *Appl Environ Microbiol* 1989; 50: 1434-1438.
3. Badenoch J. *Cryptosporidium* in water supplies. London: Department of the Environment and Department of Health, HMSO; 1990. 230 pp.
4. Reinthaler FF. Epidemiology of Cryptosporidiosis in children in tropical countries. *J Hyg Epidemiol Microbiol* 1989; 33: 505-513.

5. Rose JB. Environmental ecology of *Cryptosporidium* and public health implications. *Annu Rev Public Health* 1997; 18: 135-161.
6. Cabral MGP, Atwill ER, Barbosa AP, Silva SA, García-Zapata MTA. Intra-familial and extra-familial risk factors associated with *Cryptosporidium parvum* infection among children hospitalized for diarrhoea in Goiânia, Goiás, Brazil. *Am J Trop Med Hyg* 2002; 66: 787-793.
7. Vergara CC, Santos NS, Freire SF, Ares ME. La Criptosporidiosis en la región andina de Colombia: seroprevalencia y reconocimiento de antígenos. *Pan Am J Public Health* 2000; 8: 373-379.
8. Rose JB. Occurrence and significance of *Cryptosporidium* in water. *JAWWA* 1988; 80: 53.
9. Rose JB. Pathogenic organisms in drinking water: Occurrence and control of *Cryptosporidium* in water. Madison: Adv. Drinking Water Microbiology Research Science Tech; 1989.
10. LeChevalier MW, Norton WD. *Giardia* and *Cryptosporidium* in raw and finished drinking water. *JAWWA* 1995; 87: 54-68.
11. Ongerth JE, Stibb HH. Identification of *Cryptosporidium* oocyst in river water. *Appl Envir Microbiol* 1987; 53: 672-676.
12. Souza JCP, Lopes CWG. Criptosporidiose em bezerros de rebanhos da bacia leiteira sul fluminense. Estado do Rio de Janeiro. *Rev Brasil Parasitol Vet* 1995; 4: 33-36.
13. Fox KR, Lytle DA. Milwaukee's Crypto outbreak: investigation and recommendations. *JAWWA* 1996; 88: 87-94.
14. Clancy JL, Fricker CR. Control of *Cryptosporidium*-how effective is drinking water treatment. *Wat Qual Int* 1998; 4: 37-41.
15. Craun GF. Waterborne Giardiasis. In: Meyer EA (ed.). *Giardiasis, human parasitic diseases*. Amsterdam: Elsevier Science Publisher, 1990: 267-293.
16. Lora-Suárez F, Marín-Vásquez C, Loango N, Gallego M, Torres E, González MM, et al. Giardiasis in children living in post-earthquake camps from Armenia (Colombia). *BMC Public Health* 2002; 2: 5-11.
17. Sanzón F, Vela JC, Valencia HF, Montenegro L. Una estrategia antiparasitaria original en Arboleda, Nariño. *Colomb Med* 1999; 30: 112-117.
18. Ongerth JE, Hunter GD, DeWalle FB. Watershed use and *Giardia* cyst presence. *Wat Res* 1995; 29: 1295-1299.
19. Fogel D, Isaac-Renton J, Guasparini R, Moorehead W, Ongerth J. Removing *Giardia* and *Cryptosporidium* by slow sand filtration. *JAWWA* 1993; 85: 77-84.
20. Timms S, Slade JS, Fricker CR. Removal of *Cryptosporidium* by slow sand filtration. *Wat Sci Tech* 1995; 31: 81-84.
21. Ongerth JE. Evaluation of treatment for removing *Giardia* cyst. *JAWWA* 1990; 82: 85-96.
22. Smith HV, Robertson LJ, Ongerth JE. Cryptosporidiosis and Giardiasis: the impact of waterborne transmission. *J Water SRT-Aqua* 1995; 44: 258-267.
23. Anónimo. *Proceeding of workshop on treatment optimization for Cryptosporidium removal from water supplies*. West PA, Smith MS (eds.). London: Department Environmental Welsh Office and UK Water Industry Research Limited; 1995. p. 56.
24. Schaefer FW. Detection of protozoan parasites in sources and finished drinking waters. Sec. III, Cap 16. In: Hurst CJ, Knudsen GR, McKerney MJ, Stetzenbach LD, Walter MV (eds.). *Manual of environmental microbiology*. Washington, D.C.: ASM Press (American Society for Microbiology); 1997. p. 153-167.
25. Brasseur P. Waterborne *Cryptosporidium*: a major environmental risk. *J Euk Microbiol* 1997; 44 (Suppl.): 67-68.
26. Lisle JT, Rose B. *Cryptosporidium* Contamination of water in the USA and UK: a mini-review. *J Water SRT-Aqua* 1995; 44: 103-117.
27. Karanis P, Schoenen D, Seitz HM. *Giardia* and *Cryptosporidium* in backwash water from rapid sand filters used for drinking water production. *Zentralblatt für Bakteriologie* 1996; 284: 107-114.
28. Grimason AM, Smith HV, Thitai WN, Smith PG, Jackson MH, Girdwood RWA. Occurrence and removal of *Cryptosporidium* spp. oocysts and *Giardia* spp. cysts in Kenyan waste stabilisation ponds. *Wat Sci Tech* 1993; 27: 97-104.
29. Bartone CR. Reuse of wastewater at the San Juan de Miraflores stabilization ponds: public health, environmental, and socio-economic implications. *Bull Pan Am Health Organ* 1985; 19: 147-164.
30. Hurst CJ, Clark RM, Regli SE. Part 2. Preventing disease transmission by water and food. 2. Estimating the risk of acquiring infectious disease from ingestion of water. In: Hurst CJ (ed.). *Modeling disease transmission and its prevention by disinfection*. Cambridge: Cambridge University Press; 1996. p. 408.
31. Gould IM, Shepherd D, Curnow J. Cryptosporidiosis in Grampian 1988-1993. Weekly Report. *SCIEH* 1996; 30: 260-262.
32. Jonnalagadda PR, Bhat RV. Parasitic contamination of stored water used for drinking/cooking in Hyderabad. *South Asian J Trop Med Publ Health* 1995; 26: 789-794.
33. Kobayashi M, Yokogawa M, Tongu Y, Pinto MR, Tsuji M. Epidemiological survey for parasitic disease, especially for Paragonimiasis in Guatemala. *Japanese J Parasitol* 1996; 45: 207-214.
34. Gatti S, Swierczynski G, Robinson F, Anselmi M, Corrales J, Moreira J, et al. Amebic infections due to the *Entamoeba histolytica-Entamoeba dispar* complex: a study of the incidence in a remote rural area of Ecuador. *Am J Trop Med Hyg* 2002; 67: 123-127.
35. Brass K. Meningo-encefalitis amebiasis primaria (por *Naegleria*). *Arch Ven Med Trop Parasitol* 1973; 5: 291-305.
36. Castaño A. Infecciones causadas por amibas de vida libre. Presentación de un caso de meningoencefalitis amibiana primaria. *Biomedica* 1995; 15: 20-23.
37. Muñoz V, Reyes H, Astorga B, Rugiero E, del Rio S, Toche P. Amibas de vida libre en habitats de aguas dulces de Chile. *Parasitol al Dia* 1993; 17: 147-152.
38. Moreno E, Solarte Y, Scorza JV. Amibas con parasitismo facultativo en aguas termales de Trujillo, Venezuela. *Bol Dir Malaria San Amb* 1991; 31: 22-26.
39. Hay J, Seal DV, Kirkness CM. Non *Acanthamoeba* amoebic keratitis. *J Infect* 1997; 34: 89-91.
40. Kennedy SM, Devine P, Hurley C, Yeoksee O, Collum LMT. Corneal infection associated with *Hartmanella vermiformis* in contact-lens wearer. *Lancet* 1995; 346: 637-638.
41. Centeno M, Rivera F, Cerva L, Tsutsumi V, Gallegos E, Calderon A, et al. *Hartmanella vermiformis* isolated from the cerebrospinal fluid of a young male patient with meningoencephalitis and bronchopneumonia. *Arch Med Res* 1996; 27: 579-586.
42. Rohr U, Weber S, Michel R, Selenka F, Wilhelm M. Comparison of free-living amoebae in hot water systems of hospitals with isolates from moist sanitary areas by identifying genera and

- determining temperature tolerance. *Appl Envir Microbiol* 1998; 64: 1822-1824.
43. Ledee DR, Hay J, Byers TJ, Seal DV, Kirkness CM. *Acanthamoeba griffini*: molecular characterization of a new corneal pathogen. *Invest Ophth Visual Scien* 1996; 37: 544-550.
  44. Illingworth CD, Cook SD, Karabatsas CH, Easty DL. *Acanthamoeba* Keratitis: risk factors and outcome. *British J Ophth* 1995; 79: 1078-1082.
  45. Deloul AM, Teilhac MF, Poirot JL, Maslo C, Luboinski J, Rozenbaum W, P. CF. Cutaneous lesions due to *Acanthamoeba* sp in a patient with AIDS Fourth International Workshop on Opportunistic Protists. Tucson, Arizona. *J Eukariotic Microbiol* 1996; 43 (Supl.): 130-131.
  46. Skarin A, Florén I, Kiss K, Migrner H, Stenevi U. *Acanthamoeba* keratitis in the south of Sweden. *Acta Ophth Scandin* 1996; 74: 593-597.
  47. Bowman EK, Vass AA, Mackowski R, Owen B, Tyndall RL. Quantization of free-living amoeba and bacterial populations in eyewash stations relative to flushing frequency. *Am Indust Hyg Assoc J* 1996; 57: 926-633.
  48. Riestra-Castañeda JM, Riestra-Castañeda R, Gonzáles-Garrido AA, et al. Granulomatous amebic encephalitis due to *Balamuthia mandrillaris* (Leptomyxiidae): report of four cases from Mexico. *Am J Trop Med Hyg* 1997; 56: 603-607.
  49. Borda CE, Rea MJF, Rosa JR. Intestinal parasitism in San Cayetano, Corrientes, Argentina. *Bull Pan Am Health Organ* 1996; 30: 227-233.
  50. Friedman-Huffman J, Rose B. *Emerging waterborne pathogens*. Arlington: WHO-PAHO; 1998.
  51. Bowie WR, King AS, Werker DH, Isaac-Renton J, Bell AA, Eng SB, et al. Outbreak of toxoplasmosis associated with municipal drinking water. *Lancet* 1997; 350: 173-177.
  52. Team TBCT. Outbreak of Toxoplasmosis associated with municipal drinking water- British Columbia . Preliminary report. *Can Commun Dis Rep* 1995; 21: 1-2.
  53. Aramini JJ, Stephen C, Dubey JP, Engelstoft C, Schwantje H, Ribble CS. Potential contamination of drinking water with *Toxoplasma gondii* oocysts. *Epidemiol Infect* 1999; 122: 305-315.
  54. Zerpa R, Uchima N, Huicho L. *Cyclospora cayetanensis* associated with watery diarrhoea in Peruvian patients. *J Trop Med Hyg* 1995; 98: 325-329.
  55. Huang P, Weber JT, Sosin DM, Griffin PM, Long EG, Murphy JJ, et al. The first reported outbreak of diarrhoeal illness associated with *Cyclospora* in the United States. *Ann Intern Med* 1995; 123: 409-414.
  56. Garavelli PL, Scaline L. *Blastocystis*: an epidemiological study. *Microbiology* 1989; 12: 349-350.
  57. Suárez EP, Rondón CG. La morfología de *Blastocystis hominis* en las heces y evaluación de métodos parasitológicos. *Rev Soc Venez Gastroenterol* 1994; 48: 226-231.
  58. Beauchamp SJ, Flóres DT, Taranzón SS. *Blastocystis hominis*: prevalencia en alumnos de una escuela básica. Maracaibo, Edo Zulia, Venezuela. *Kasmera* 1995; 23: 43-67.
  59. Núñez MT. Prevalencia de parasitosis intestinales en ancianos del Centro Gerontológico San Jacinto Azuaje, El Policiita en la ciudad de Maracaibo, Edo. Zulia. *Kasmera* 1994; 22: 51-70.