



Eureka para los Eucariotes— El Problema con los Protozoos

Por Kelly A. Reynolds, MSPH, Ph.D.

Los protozoos son eucariotes unicelulares, lo cual significa que tienen organelos característicos—una parte celular especializada (como una mitocondria, lisosoma, o ribosoma) que es análoga a un órgano—y que es grande (algunas de ellas pueden verse a simple vista). A pesar de ser organismos unicelulares, de ninguna manera puede decirse que tengan una estructura sencilla. De hecho, se observan varias formas diversas entre las más de 65,000 especies nombradas. Dicha variabilidad morfológica, que ha evolucionado durante el transcurso de cientos de millones de años, ha permitido la adaptación de los protozoos a una amplia variedad de medios. Junto con las algas y otros eucariotes unicelulares, los protozoos están clasificados dentro del reino Protista.

Los protozoos se encuentran en casi todos los medios terrestres y acuáticos y juegan un papel valioso en los ciclos ecológicos. Varias especies pueden existir en medios extremos, desde las regiones polares hasta manantiales de aguas termales y suelos secos desérticos. Se sabe que los protozoos ayudan en un gran número de procesos naturales, incluyendo su contribución a la cadena de alimentos, control de la población microbiana, y tasas de descomposición ambiental. Teniendo la capacidad de actuar como depredador y presa, los protozoos pueden controlar la biomasa bacteriana y al mismo tiempo proveer una fracción importante de la principal fuente de alimentos para los animales superiores en aguas superficiales. Los filtros de las plantas de tratamiento de aguas residuales pueden sostener poblaciones de protozoos tan altas como 5×10^4 células por mililitro (ml) de lodo activado donde ayudan con la remoción de partículas y la reducción de bacterias a través del apacentamiento y la floculación para proveer un efluente de mayor calidad.

Los protozoos parásitos pueden ya sea causar enfermedades significativas o ayudar al huésped que está siendo invadido. Por ejemplo, los protozoos que se encuentran en los intestinos de las termitas que comen madera digieren material de celulosa convirtiéndolo en nutrientes aceptables para el insecto, sin los cuales el degradador se moriría de hambre. Sin embargo, en los últimos años, los protozoos patógenos tales como la *Giardia*, *Cryptosporidio* y *Microsporidia* han surgido para convertirse en una de las mayores preocupaciones respecto al agua potable segura y al huésped humano.

Características estructurales

Los protozoos pueden vivir independientemente, teniendo la capacidad de crecer y reproducirse fuera de cualquier huésped, o pueden ser parásitos—lo cual quiere decir que colonizan las células de los tejidos celulares del huésped. Algunos de ellos son oportunistas, adaptándose a una vida independiente o parasítica según lo requiera el medio donde viven. El tamaño de los protozoos puede variar desde unas 2 micras (μm) hasta varios centímetros, dependiendo de la especie. Varios de ellos tienen estructuras locomotrices y son móviles en medios acuosos.

Todos los protozoos poseen el equipo necesario para completar las funciones esenciales de la vida, tales como obtener energía, metabolizarse y reproducirse. La mayor parte de los protozoos obtienen su energía alimentándose de bacterias, algas, u otros protozoos. Varios protozoos parásitos pasan por una etapa ambientalmente resistente como parte del ciclo de sus vidas. La etapa resistente del *Cryptosporidio* se conoce como ooquiste, la cual es similar a la etapa de quiste de la *Giardia*. Los quistes u ooquistes se definen como una etapa protectora metabólicamente latente, que le permite a los protozoos sobrevivir condiciones adversas tales como la vejez, el hambre, la disecación u otros elementos ambientales estresantes.

Cada ooquiste de *Cryptosporidio* es de unas 4 micras (μm) de diámetro y almacena hasta cuatro estructuras infecciosas conocidas como esporozoítos. Cada esporozoíto tiene la capacidad de convertirse en una forma intracelular infecciosa, conocida como trofozoíto, la cual eventualmente produce ocho organismos descendientes conocidos como merozoítos. Los merozoítos revientan la célula huésped e invaden las células vecinas, lo cual puede resultar al final de cuentas en efectos adversos a la salud.

La razón principal para el enquistamiento de los protozoos—su transformación en quistes y ooquistes de caparazón dura—es su supervivencia bajo condiciones adversas durante la dispersión amplia a lo largo del ecosistema a través del aire, agua, aves, o su paso a través de los sistemas intestinales de estos u otros animales.

Protozoos parásitos

De las más de 65,000 especies de protozoos — aproximadamente 20 por ciento son parásitos—lo cual significa que requieren de un huésped para completar su ciclo de vida, lo cual puede o no ser perjudicial al huésped. Algunas especies tienen relaciones comensales con su huésped, en las cuales uno de ellos utiliza al otro sin que ninguno de ellos resulte perjudicado, mientras que otros se unen en relaciones simbióticas donde tanto el huésped como el parásito resultan beneficiados. Sin embargo, casi todos los protozoos que causan enfermedades son parásitos de los tejidos—se alimentan de los tejidos del organismo huésped—causando enfermedades leves o hasta severas, y en algunos casos hasta la muerte.

Una variedad de protozoos parásitos causan preocupación pública por razones obvias, y causan enfermedades tales como la malaria, enfermedad del sueño, enfermedad de Chagas, leishmaniasis, giardiasis y criptosporidiosis, por mencionar algunas. Son capaces de evadir las respuestas inmunológicas del huésped y se han adaptado a una larga supervivencia y reproducción continua en los organismos huéspedes, produciendo enfermedades crónicas. Un número importante de protozoos son parásitos intestinales de seres humanos y animales domésticos y pueden estar presentes en el medio ambiente en forma enquistada. Se sabe que estos quistes robustos pueden sobrevivir los métodos convencionales de desinfección y por lo tanto pueden ser

transmitidos a su huésped a través de una ruta acuática.

Los parásitos protozoos tienen comúnmente rutas de infección relacionadas con el agua. La *Entamoeba histolytica* es una ameba parásita con una etapa de quiste, que causa diarrea y disentería. La *Naegleria* es un tipo de ameba que vive independientemente, se encuentra algunas veces presente en el agua dulce, es capaz de infectar las vías nasales de los seres humanos y de invadir los tejidos cerebrales, resultando siempre en la muerte. El *Toxoplasma*—una especie invasora de protozoario altamente no específica, la cual se piensa que infecta a cualquier mamífero y a todos los tipos de células dentro de un mismo huésped—causa ceguera y enfermedades serias, o hasta la muerte en los fetos. Las especies de *Plasmodium* son responsables de la malaria, una enfermedad propagada a través de los mosquitos, que afecta a las poblaciones humanas a nivel mundial. El *Cryptosporidio* es responsable de varias epidemias incluyendo el brote más amplio que ha ocurrido hasta la fecha en los EE.UU.—el de Milwaukee en 1993.

Mientras se encuentran en el sistema

Al estar presentes en el agua, los ooquistes de *Cryptosporidio* son ingeridos por el huésped donde las temperaturas corporales y las sales biliares ayudan al rompimiento de la pared del ooquiste, resultando en exquistación, la distribución de esporozoítos. Los protozoos pueden colonizarse en el intestino, ingresar a la corriente sanguínea, y eventualmente invadir los tejidos de los órganos o el sistema linfático. La infección en los huéspedes sanos es por lo general auto-limitante, si bien después de un caso profuso de diarrea acuosa que puede durar varios días, pero para aquellos individuos con sistemas inmunológicos comprometidos, las infecciones protozoarias pueden ser persistentes y a menudo fatales. En la actualidad no existen medicamentos efectivos para controlar o prevenir la enfermedad.

Los animales domésticos también corren el riesgo de contraer enfermedades serias o morir a causa de infecciones protozoarias. Por ejemplo, el *Histomonas* tiene un porcentaje de probabilidad de muerte de 50 a 100 por ciento en los pavos infectados y el *Tricomonas* causa el aborto prematuro en 50 a 100 por ciento de las vacas infectadas.

El control de los protozoos parásitos ha comprobado ser problemático ya que estos tienden a ser relativamente pequeños en tamaño, son resistentes a los desinfectantes convencionales del agua, y tienen una amplia variedad de rutas de transmisión incluyendo el agua, alimentos, vectores (mosquitos, garrapatas, moscas, pulgas), y por contacto directo de persona a persona. Además, una amplia variedad de mamíferos (roedores, perros, monos, gatos, simios, seres humanos, vacas y muchos más), reptiles, y aves sirven como huéspedes, ayudando en la propagación de las poblaciones de parásitos protozoarios.

En el agua potable

El *Cryptosporidio* es común y abundante en las aguas ambientales donde puede persistir por varios meses. Han ocurrido brotes después de un tratamiento municipal avanzado, particularmente en las poblaciones inmunocomprometidas. El monitoreo directo del *Cryptosporidio* es muy costoso y difícil y además los indicadores bacterianos a menudo no pueden predecir la presencia de protozoarios patógenos.

En más de 25 estudios, se ha encontrado *Cryptosporidio* en 5.6 a 87.1 por ciento de las aguas de origen (es decir, muestras de aguas superficiales, manantiales, y subterráneas no impactadas por los residuos domésticos y/o agrícolas) en concentraciones de 0.0003 a 4.74 ooquistes por litro (L).¹ Asimismo se han reportado ooquistes en 60.2 por ciento de las aguas superficiales que han sido examinadas en

los Estados Unidos y Canadá.² Recientemente, de las 199 muestras de agua subterránea que fueron examinadas, 5 por ciento de los pozos verticales, 20 por ciento de los manantiales, 50 por ciento de las galerías de infiltración, y 45 por ciento de los pozos horizontales dieron positivo para ooquistes de *Cryptosporidio*, incitando una re-evaluación de la noción de que el agua subterránea se encuentra inherentemente libre de parásitos protozoarios.³

El *criptosporidio* es ahora regulado por el gobierno federal como un contaminante primario del agua potable. La Regla Interina de Tratamiento Mejorado del Agua Superficial de la USEPA se enfoca directamente en el control del *Cryptosporidio* fijando un nivel máximo de contaminante de cero para las compañías de servicios de agua que utilizan aguas superficiales o subterráneas bajo la influencia directa del agua superficial y que sirven a más de 10,000 personas. Para aquellos sistemas que filtran el agua, esta regla requiere un mínimo de 2 log (99 por ciento) de eficiencia de eliminación del *Cryptosporidio*. Mientras que se espera que esta regla disminuya la tasa de enfermedades epidémicas y reducir la probabilidad de ocurrencia de brotes, las deficiencias en los sistemas de tratamiento del agua son a menudo mencionadas como una de las razones principales de estos brotes. La historia ha demostrado que aun los mejores sistemas pueden quedar agotados por una alta densidad de ooquistes que ingresan a las aguas de origen durante un corto período de tiempo. Para empeorar la situación, es suficiente la presencia de menos de 30 ooquistes para causar enfermedades en los seres humanos.

Conclusión

El tratamiento de aguas municipales por sí solo ha demostrado ser inadecuado para la protección de individuos altamente susceptibles con respecto a los protozoarios patógenos. Existe una gran necesidad para la aplicación de una desinfección efectiva (es decir, a través de luz ultravioleta y ozono) y un mayor desarrollo de métodos alternos para la desactivación y remoción del *Cryptosporidio* en las municipalidades. Algunos aparatos específicos para filtración en el punto-de-uso pueden ofrecer una protección adicional en la llave, particularmente aquellos con un tamaño absoluto de poro de 1 µm o menos, certificados para la Norma 53 de ANSI/NSF para eliminación de quistes, o que utilizan ósmosis inversa. Para una protección máxima, la USEPA y los Centros para el Control y Prevención de Enfermedades les aconsejan a los individuos con sistemas inmunológicos comprometidos que hiervan su agua potable durante 1 o 2 minutos antes de consumirla.

Referencias

1. Lisle, J.T., and J.B. Rose, "Cryptosporidium contamination of water in the USA and UK: a mini-review," *Journal of Water SRT-Aqual*, 44:3:103-117, 1995.
2. LeChevallier, M.W., and W.D. Norton, "Giardia and Cryptosporidium in raw and finished water," *Journal of the American Water Works Association (AWWA)*, 87:9:54-68, 1995.
3. Hancock, C.M., et al., "Crypto and Giardia in U.S. groundwater," *Journal AWWA*, 90:3:58-61, 1998.

Acerca de la autora

La Dra. Kelly A. Reynolds es una investigadora de la Universidad de Arizona con un enfoque en el desarrollo de métodos rápidos para la detección de virus patógenos humanos en el agua potable. Ella posee una maestría en salud pública (MSPH, en inglés) de la Universidad del Sur de la Florida y un doctorado en microbiología de la Universidad de Arizona. La Dra. Reynolds ha sido también miembro del Comité de Revisión Técnica de WC&P desde 1997.