

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Criptosporidiosis: problemática actual y perspectivas futuras para su control

Máster en Seguridad y Calidad de los Alimentos

Curso académico 2020-2021

Alumna: Lidia Jubera Hernández

Tutora: Atteneri López Arencibia

Cotutor: José E. Piñero Barroso

Área de conocimiento: parasitología

Resumen

Las enfermedades de transmisión hídrica causan anualmente un elevado número de casos de enfermedades graves en todo el mundo y son consideradas un peligro para la salud pública. *Cryptosporidium spp.* se ha descrito como uno de los principales patógenos que causan brotes por protozoos parásitos de transmisión hídrica. La criptosporidiosis es la enfermedad originada por este parásito y es considerada la segunda casusa de diarrea en niños. Su forma infecciosa es el ooquiste esporulado, el cual presenta una elevada resistencia a los métodos usuales de tratamiento de aguas, lo que provoca que la infección se pueda dar de manera directa de persona a persona o de manera indirecta a través del agua, cursando generalmente como una diarrea aguda autolimitada. Sin embargo, el cuadro clínico puede ser más grave en pacientes inmunocomprometidos y niños, pudiendo llegar a causar la muerte. Los tratamientos farmacológicos eficaces aún no se encuentran disponibles debido a la falta de información acerca de las interacciones hospedador-parásito. Su diagnóstico se realiza por la detección de ooquistes en muestras de heces y su identificación a través de técnicas morfológicas y moleculares. La criptosporidiosis es una enfermedad de declaración obligatoria dentro de la Unión Europea, dónde por ejemplo sólo en España, se han notificado 433 infecciones por *Cryptosporidium* durante el año 2017. Además de los brotes relacionados por consumo de agua, se han identificado algunos alimentos como causa de los mismos, y su prevención más sencilla se basa en una correcta higiene.

Abstract

Waterborne diseases annually cause a high number of cases of serious diseases throughout the world and are considered a danger to public health. *Cryptosporidium spp.* has been described as one of the main pathogens causing outbreaks by waterborne parasitic protozoa. Cryptosporidiosis is the disease caused by this parasite and is considered the second cause of diarrhea in children. Its infectious form is the sporulated oocyst, which has a high resistance to the usual methods of water treatment wich causes the infection to occur directly from person to person or indirectly through water, generally

occurring as a self-limited acute diarrhea. However, the clinical diagnosis can be more severe in immunocompromised patients and children and can cause death. Effective treatments are not yet available due to a lack of information about host-parasite interactions. Its diagnosis is made by the detection of oocysts in stool samples and their identification through morphological and molecular techniques. Cryptosporidiosis is a notifiable disease within the European Union. In Spain, 433 *Cryptosporidium* infections have been notified during 2017. In addition to the outbreaks related to water consumption, food outbreaks have been identified and their simplest prevention is based on a proper hygiene.

Índice

Resumen.....	2
Introducción	6
<i>Cryptosporidium</i> sp.....	6
Ciclo de vida	8
Patología en humanos	10
Diagnóstico	10
Tratamiento.....	12
Objetivos	13
Material y métodos.....	13
Resultados y discusión	14
Brotos	14
<i>Cryptosporidium</i> en aguas.....	14
<i>Cryptosporidium</i> en alimentos	16
Control y prevención.....	18
Factores físicos.....	18
Factores químicos.....	19
Legislación	19
Profilaxis	20
Conclusiones	21
Bibliografía	22

Introducción

La seguridad del agua potable tiene un impacto notable para la salud humana. En este sentido, la contaminación de las aguas con agentes patógenos juega un papel importante en la salud pública ya que se trata de uno de los vehículos principales de transmisión de parásitos que infectan por vía oral, nasal o cutánea (Fernández, 2002).

En 2015, la OMS estimó que la contaminación del agua potable provoca más de 502 000 muertes por diarrea al año (<https://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/drinking-water>; consultado 19/6/2021). El ser humano adquiere a través del agua las formas parasitarias infectantes, actuando posteriormente como hospedador definitivo o intermediario de los mismos (Fernández, 2002).

Los protozoos parasitarios han sido identificados como uno de los principales agentes etiológicos de brotes transmitidos por el agua, siendo responsables de 905 brotes reportados en todo el mundo desde 1900 a 2016 (Lim et al., 2017). Dentro de este grupo, el género *Cryptosporidium* se ha descrito como uno de los principales protozoos parásitos patógenos causante de brotes de transmisión hídrica.

La necesidad de identificar y prevenir los riesgos potenciales en los sistemas de distribución de agua potable es de especial importancia para evitar la aparición de brotes y sus posibles consecuencias para la salud.

Cryptosporidium sp.

Cryptosporidium es un género de protozoos parásitos que fue descrito por primera vez en 1907 en el intestino delgado de ratones (Tyzzer, 1907). Entre 1961 y 1981, se identificaron diferentes especies de *Cryptosporidium* en peces, reptiles, aves y mamíferos. En 1976 se identificó por primera vez en humanos (Meisel et al., 1976).

El género *Cryptosporidium* pertenece a la familia *Cryptosporiidae*, dentro del filo *Apicomplexa* (Arro-wood, 1997). Actualmente se han identificado 26 especies de

Cryptosporidium, las cuales se han aislado de una gran variedad de huéspedes, incluidos los humanos (Tabla 1) (Ryan *et al.*, 2014).

ESPECIE	LUGAR DE INFECCIÓN	HOSPEDADOR
<i>C. parvum</i>	Intestino delgado	Mamíferos
<i>C. hominis</i>	Intestino delgado	Humanos
<i>C. muris</i>	Estómago	Mamíferos
<i>C. bailey</i>	Tráquea, bolsa de Fabricio, cloaca	Aves
<i>C. meleagridis</i>	Intestino	Pavos
<i>C. suis</i>	Intestino delgado	Cerdos
<i>C. andersoni</i>	Estómago	Bovinos y camellos

Tabla 1 Especies de *Cryptosporidium* (Adaptado de Ryan *et al.*, 2014)

En todos los hospedadores en los que se aisló el parásito, se observó que daban origen a cuadros diarreicos. El interés por estudiar el parásito *Cryptosporidium* aumentó considerablemente durante la década de 1980, debido a numerosos estudios que indicaban que la criptosporidiosis era una infección potencialmente mortal en pacientes con síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA), el cual se había descrito recientemente (Casemore *et al.*, 1985).

Las especies más comunes de *Cryptosporidium* que causan infección en humanos son *Cryptosporidium parvum* y *Cryptosporidium hominis*. *C. parvum* infecta a humanos y animales mientras que *C. hominis* carece de reservorios animales importantes y parece transmitirse principalmente entre humanos (Tanriverdi *et al.*, 2008), en concreto, este parásito infecta las microvellosidades de las células epiteliales del tracto digestivo de los vertebrados (Rojas, 2012).

La forma infecciosa es el ooquiste esporulado, el cual es eliminado a través de las heces del hospedador infectado, caracterizándose por presentar cuatro esporozoitos desnudos, contenidos dentro de un ooquiste de paredes gruesas y no contener esporoquistes

(Blackman y Bannister, 2001). En esta etapa, presentan una elevada resistencia a las técnicas usuales de filtración y cloración del agua para consumo humano, por lo que la transmisión, además de poder ocurrir de manera directa de persona a persona o de animal a persona, también puede tener lugar de manera indirecta a través del consumo de agua y alimentos contaminados. Una vez contaminado el medio ambiente, los alimentos o el agua, los ooquistes pueden ser ingeridos por otros huéspedes y, una vez en el tracto digestivo o respiratorio de los mismos, los esporozoítos salen del ooquiste y parasitan las células epiteliales digestivas.

Se denomina criptosporidiosis a la enfermedad causada por parásitos del género *Cryptosporidium*. Debido a su alta prevalencia y su amplia distribución, es reconocida como uno de los tres enteropatógenos más comunes que causan diarrea en humanos en el mundo (Casemore *et al.*, 1997). La criptosporidiosis es una enfermedad generalmente aguda, de corta duración y que genera diarrea en individuos sanos. Aún así, la infección puede ser de elevada gravedad en pacientes inmunodeprimidos y niños menores de 2 años.

Ciclo de vida

El ciclo de vida de *Cryptosporidium* es similar al de otros coccidios, donde los estadios del parásito se desarrollan en un solo huésped, por lo que se considera de ciclo directo.

El ciclo inicia cuando el hospedador ingiere el ooquiste a través de la contaminación del medio ambiente, los alimentos o el agua. Cuando el ooquiste alcanza el intestino, se liberan los 4 esporozoítos que parasitan a las células epiteliales del intestino y sus microvellosidades. Este ciclo incluye una primera fase asexual de trofozoíto, al que le sigue el meronte tipo I, merozoíto tipo I, meronte tipo II, merozoíto tipo II y finalmente el gamonte. A continuación, los merozoítos de los merontes de tipo II se multiplican sexualmente para producir microgametos y macrogametos. El macrogameto es fertilizado por los microgametos para formar cigotos, que maduran en ooquistes (Hijjawi, 2010).

El cigoto forma ooquistes esporulados de dos tipos, uno de pared gruesa, que se elimina por las heces y que persiste en el medio ambiente por períodos más prolongados, y otro de pared fina que permanece en el organismo y es el causante de procesos de autoinfección (Ilustración 1).

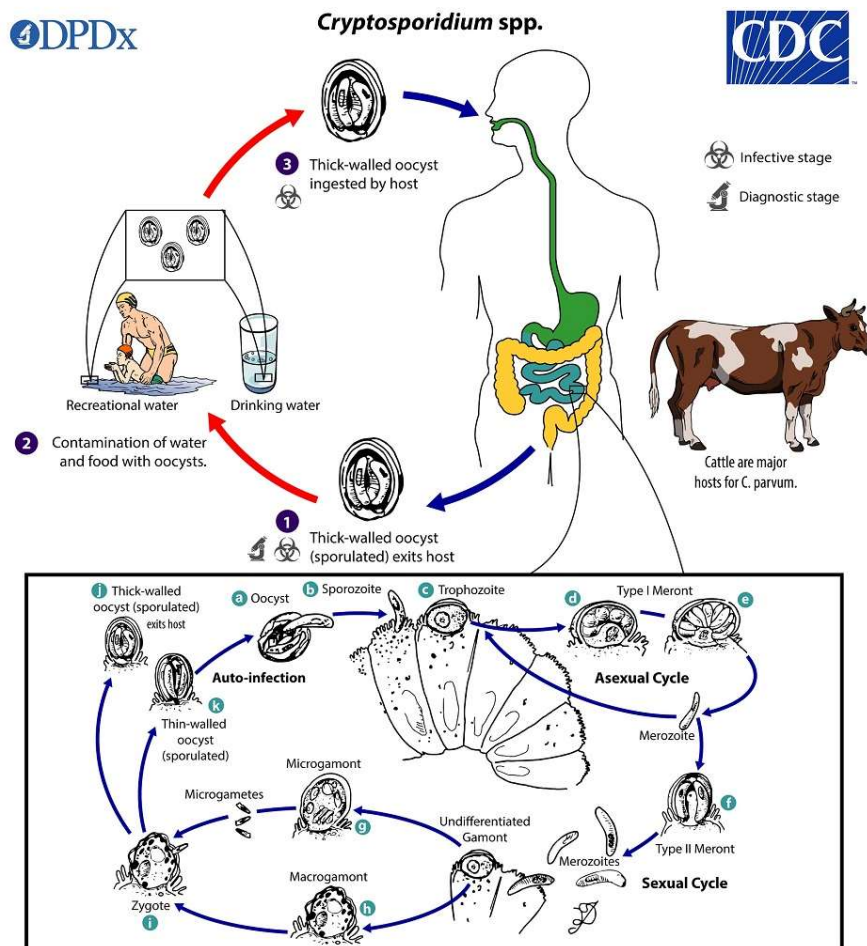


Ilustración 1. Ciclo vital de *Cryptosporidium* spp. (Centers for Disease Control and Prevention (CDC), 2021)

Patología en humanos

Cuando el *Cryptosporidium* parasita las células epiteliales del intestino, se produce una destrucción de la capa epitelial, así como una reducción del tamaño de las vellosidades de la mucosa intestinal, lo que provoca alteraciones en la función de la barrera intestinal y un aumento de su permeabilidad. Como resultado, se produce una absorción insuficiente y un aumento de la secreción de líquidos, electrolitos y nutrientes, lo que conduce a desnutrición y diarrea acuosa (Rossle *et al.*, 2013).

El período de incubación o prepatencia es de unos 5-12 días, dónde el síntoma más frecuente es la diarrea, sin embargo, otros síntomas documentados son dolor abdominal, náuseas y fiebre (Parte-Pérez *et al.*, 2005). La prevalencia y la gravedad de las manifestaciones clínicas de la criptosporidiosis están directamente relacionadas con el estado del sistema inmunitario del hospedador. En individuos inmunocompetentes, se manifiesta como un cuadro de diarrea aguda generalmente autolimitada, que se resuelve sin necesitar un tratamiento específico. Dentro de este grupo, los niños entre 1 y 5 años componen el colectivo principalmente afectado. Por el contrario, los síntomas son mucho más graves para los enfermos inmunocomprometidos, los cuales desarrollan una diarrea crónica que puede persistir durante varias semanas y llegar a ser mortal (Vergara y Quílez, 2004).

Diagnóstico

Para la detección de *Cryptosporidium* es necesario realizar análisis directos de muestras fecales, ya que su detección mediante cultivos no es posible. Actualmente, la técnica más utilizada se basa en la detección de ooquistes de *Cryptosporidium* bajo microscopio de fluorescencia. Debido al pequeño tamaño de los ooquistes y su similitud con diversas levaduras, esta técnica exige una preparación previa de la muestra empleando técnicas coprológicas (flotación y sedimentación) y tinciones específicas (Clark, 1999).

Dentro de las técnicas de tinción, la más utilizada es el Método de Kinyoun. Para esta técnica se utiliza dos colorantes denominados Carbol Fucsina y azul de metileno. Una vez realizada la tinción sobre las muestras de heces, los ooquistes de *Cryptosporidium* toman un color rosa intenso, observable al microscopio, mientras que el resto de la preparación

toma un color azulado. Esta técnica, a pesar de ser rápida y barata, presenta desventajas debido a su baja sensibilidad.

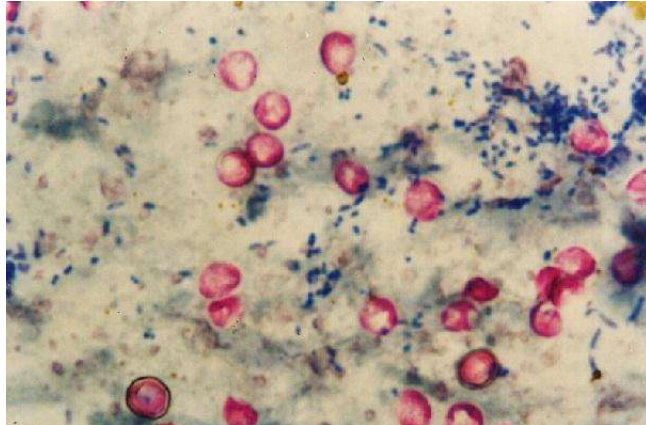


Ilustración 2. Tinción de los ooquistes de *Cryptosporidium* mediante el método de tinción de Kinyoun

Otros métodos de detección menos utilizados se basan en técnicas inmunológicas como la inmunofluorescencia indirecta (IFI), o los ensayos por inmunoabsorción ligado a enzimas (ELISA), que con la ayuda de anticuerpos policlonales o monoclonales presentan varias ventajas: capacidad de detectar los ooquistes de *Cryptosporidium* en diferentes tipos de matrices (heces, aguas) con una alta sensibilidad (Fayer *et al.*, 1999). Sin embargo, estas técnicas también presentan una desventaja importante, ya que no permite distinguir si se trata de una infección activa o si la presencia del antígeno se debe a una infección anterior (Omoruyi *et al.*, 2014).

La reacción en cadena de la polimerasa (PCR) es una técnica que también se caracteriza por su alta sensibilidad, siendo de especial utilidad para el diagnóstico y realización de estudios taxonómicos (Chacin-Bonilla, 1995). Esta técnica es utilizada para detectar y diferenciar entre las diferentes especies de *Cryptosporidium* en muestras donde se ha confirmado su presencia.

Los métodos aprobados en la actualidad que permiten el recuento de los ooquistes de *Cryptosporidium* se encuentran en las orientaciones del *Drinking Water Inspectorate* (2005), la norma ISO 15553 (2006), NF T90-455 (2001) y el *Method 1623* de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (ANSES, 2016).

Actualmente se está trabajando en la optimización de métodos para la detección de parásitos protozoarios en alimentos como frutas y verduras (Cook *et al.*, 2006). Las

variaciones en las características bioquímicas y físicas que presentan los diferentes alimentos impiden aplicar una misma técnica. La inmunofluorescencia indirecta es el único procedimiento normalizado actualmente y se encuentra designado en la norma ISO 18744: 2016 para la detección de *Cryptosporidium* en vegetales y bayas (ANSES, 2016).

Tratamiento:

Debido a que la gravedad de esta enfermedad puede variar en función del estado del sistema inmunitario del paciente, no siempre requiere de un tratamiento específico. En la mayoría de los casos, donde solo se presenta una diarrea sin ningún otro síntoma grave, una rehidratación y reposición de electrolitos suele ser suficiente. Por el contrario, los pacientes inmunocomprometidos o que presenten una sintomatología más grave, requerirán un tratamiento farmacológico (Chen *et al.*, 2002).

En este aspecto, a pesar de haberse llevado a cabo numerosos estudios con más de 200 fármacos, todavía no se han encontrado tratamientos efectivos capaces de eliminar este parásito. Esto se debe a que la vacuola parasitófora en la que se encuentra durante las primeras fases de su ciclo de vida, lo protege frente a la acción de los compuestos antimicrobianos (Tzipori and Griffiths, 1998).

Dentro de los fármacos estudiados, la nitazoxanida (Ilustración 3) es la más efectiva actualmente. En el año 2002, la *US Food and Drugs Administration* (FDA) aprobó el uso de la nitazoxanida en el tratamiento de criptosporidiosis en pacientes inmunocompetentes, ya que diversos estudios han demostrado que este principio activo es capaz de reducir la sintomatología que presentan algunos pacientes (Ryan *et al.*, 2014).

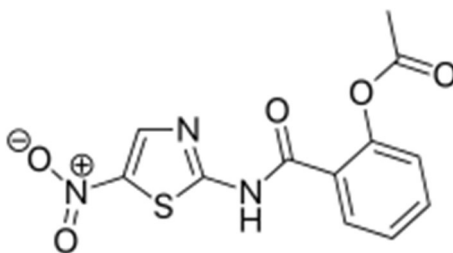


Ilustración 3 Estructura molecular del fármaco nitazoxanida

Objetivos

El objetivo principal del presente trabajo se basa en conocer la problemática de la infección en humanos por *Cryptosporidium*, uno de los principales patógenos de transmisión hídrica, así como alimentaria, a través de la búsqueda bibliográfica.

Dentro del objetivo principal, destacan una serie de objetivos específicos como son:

- Recoger datos epidemiológicos y obtener información relevante sobre brotes de *Cryptosporidium* registrados en España en los últimos años, así como en el resto de Europa.
- Determinar las medidas de prevención y control más efectivas para la vigilancia de esta parasitosis.

Material y métodos

Para la revisión bibliográfica se seleccionaron artículos originales en la literatura sobre el género *Cryptosporidium*, la infección por criptosporidiosis, los brotes reportados y las medidas de prevención. Se recopiló información de revistas científicas, artículos, libros y páginas web oficiales tanto en inglés como en español publicados entre 1997 y 2021. Se excluyeron artículos procedentes de páginas no oficiales, protocolos y artículos con información no relevante o desactualizada.

La búsqueda de información se realizó en las bases de datos Google Académico, Pubmed, PuntoQ y *Eurosurveillance*. Para ello, los términos de búsqueda utilizados fueron “*Cryptosporidium*”, “criptosporidiosis”, “*waterborne outbreaks*”, “*protozoan parasites*”, “*life cycle*”, “*zoonotic*”, “*species*”, “*C. parvum*”, “*C. hominis*”, “*epidemiology*”, “*treatment*”, “*detection*” y “*prevention*”.

Resultados y discusión

Brotos:

La criptosporidiosis es una enfermedad de declaración obligatoria (EDO) dentro de la Unión Europea y los datos de vigilancia se recopilan a través de la *European Basic Surveillance Network*. Esta normativa entra en vigor a partir del año 2009, y por esta razón se observa un aumento en los casos registrados a partir de ese año.

La prevalencia del microorganismo dependerá de las características socioeconómicas de la población. Las zonas con problemas de infraestructura en las canalizaciones de agua potable presentan, en este sentido, un mayor riesgo. Se estima que protozoos del género *Cryptosporidium* se encuentran en las heces de 1% a 3% de los habitantes de los países desarrollados (Europa y América del Norte), en el 5% de los países asiáticos, en el 10% de los países africanos y en el 40% de los países de Sudamérica. Sin embargo, la falta de información y de medios hace que no se notifiquen la mayoría de los casos en estos países.

Cryptosporidium en aguas:

Los grandes brotes de criptosporidiosis se han asociado fundamentalmente al agua y también se han demostrado algunos brotes por ingesta de alimentos, aunque en la mayoría de estos casos se concluyó que los manipuladores de dichos alimentos estaban implicados. La dosis mínima para causar infección por *Cryptosporidium* es muy baja (10 ooquistes), esto unido a la elevada resistencia que presenta hace que se considere como una enfermedad altamente infecciosa.

El brote de mayor importancia causado por este parásito ocurrió en Milwaukee, EEUU, en 1993, afectando a 403.000 personas y causando aproximadamente 100 muertes (Duffy *et al.*, 2004). Durante el período de 2009 a 2017, los servicios de salud pública de los Estados Unidos notificaron un total de 444 brotes de criptosporidiosis que produjeron 7,475 casos, 287 hospitalizaciones y una muerte (Gharpure *et al.*, 2019).

La distribución de la enfermedad en Europa en 2005 mostró 7.960 casos de criptosporidiosis notificados en 16 países. En 2015, se notificaron 10.915 casos

confirmados de criptosporidiosis (Reh *et al.*, 2019). Para 2017, 21 países notificaron 11.449 casos de criptosporidiosis, de los cuales se confirmaron 11.418 (99,7%) (Ilustración 4). Alemania, los Países Bajos y el Reino Unido representaron el 71% de todos los casos confirmados, y solo el Reino Unido representó el 44% (*European Centre for Disease Prevention and Control*, 2017)

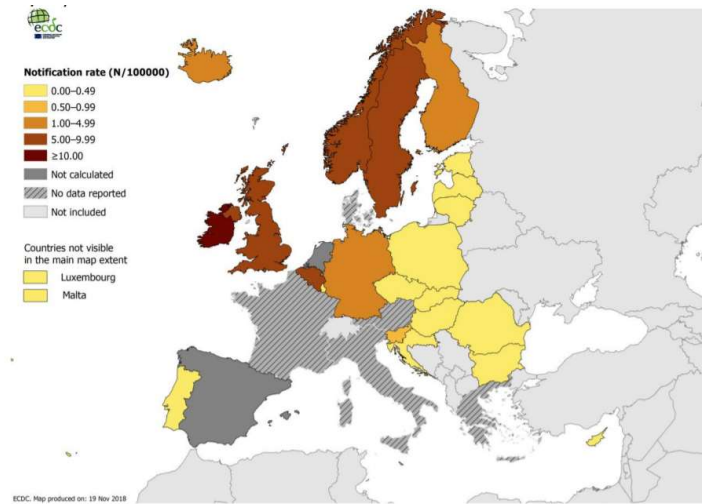


Ilustración 4 Distribución de los casos confirmados de criptosporidiosis por cada 100 000 habitantes en la UE, 2017

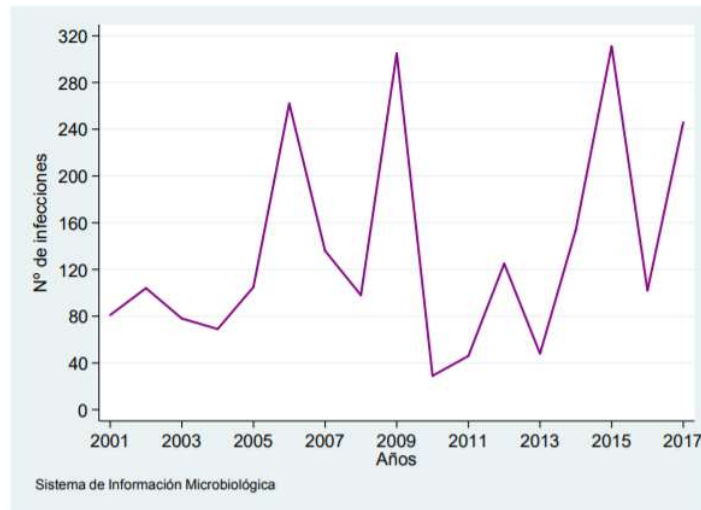


Figura 1. Distribución por año de las infecciones por *Cryptosporidium* correspondientes a los laboratorios (Sistema de Información Microbiológica, 2001-2017)

En España, en 2011, se produjo un brote de 26 casos de criptosporidiosis en una guardería de Gipuzkoa (Artieda *et al.*, 2012). Sin embargo, el brote de mayor relevancia ocurrió en Mallorca en el año 2003, donde 214 turistas británicos se infectaron tras bañarse en la piscina de un hotel (Galmes *et al.*, 2003).

En nuestro país, se han notificado al Sistema de Información Microbiológica (SIM) 433 infecciones por *Cryptosporidium* durante el año 2017, procedentes de 25 laboratorios de 9 CCAA (Red Nacional de Vigilancia epidemiológica, 2017). En 2017, cuatro CCAA notificaron 7 brotes por *Cryptosporidium*. La Comunidad Valenciana notificó 3 brotes con 8 casos, Navarra notificó 2 brotes con 5 casos y las CCAA de Castilla y León y La Rioja notificaron 1 brote cada una con 3 casos en cada brote. En 2018, se notificaron 5 brotes: Castilla y León notificó 2 brotes con 19 casos y Andalucía, Madrid y Comunidad Valenciana un brote cada una con 12, 2 y 2 casos respectivamente. Los brotes notificados se produjeron en el ámbito familiar, en piscinas y en guarderías (Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica, 2017).

Cryptosporidium en alimentos:

Además, de los brotes relacionados por consumo de agua, se han identificado algunos alimentos como causa de los mismos. En 2003 se originó un brote de criptosporidiosis por la contaminación de sidra fresca insuficientemente ozonizada en Ohio, EE.UU. (Blackburn *et al.*, 2006). Debido a la alta prevalencia que presenta *Cryptosporidium* sp., estos datos sugieren que tanto las manzanas, como otras frutas y verduras cultivadas con aguas de riego, pueden ser potencialmente de riesgo en la transmisión del parásito (Calvo *et al.*, 2004). También se han detectado brotes asociados a derivados lácteos, productos cárnicos y moluscos.

Entre 1984 y 2017, se notificaron 25 brotes de criptosporidiosis transmitidos por los alimentos en todo el mundo. La distribución geográfica estaba sesgada hacia países con sistemas de vigilancia y notificación establecidos. En el período 2005-2016, se notificaron a la EFSA un total de 53 brotes de criptosporidiosis en Europa, de los cuales siete se atribuyeron a los alimentos (EFSA, 2018). Los brotes transmitidos por alimentos se relacionaron principalmente con productos frescos, seguidos por la leche sin

pasteurizar y los productos lácteos. Otros alimentos que presentan un riesgo son los productos cárnicos y los moluscos (Tabla 2).

Alimento	Fuente de contaminación	Medidas de control
Frutas y verduras	<p>Excrementos de animales o personas infectados durante el cultivo</p> <p>Agua contaminada usada para el cultivo</p> <p>Manipuladores infectados durante cualquier fase de la producción</p> <p>Agua de lavado contaminada</p>	<p>Aplicar buenas prácticas agrícolas</p> <p>Evitar regar con aguas fecales</p> <p>Aplicación de fertilizantes no orgánicos</p> <p>Evitar que los animales accedan a las zonas de cultivo</p> <p>No utilizar las frutas que se han caído al suelo</p>
Productos lácteos	<p>Excrementos de animales o personas infectados durante el ordeño</p> <p>Manipuladores infectados durante cualquier fase de la producción</p>	<p>Pasteurización de los productos</p> <p>Los ooquistes en la leche no se inactivan por procesos de fermentación utilizados para la fabricación de yogur</p> <p>El proceso de mezcla y congelación en la fabricación de helados es suficiente para inactivarlos</p>
Carne	<p>Excrementos de animales o personas infectados</p> <p>Contaminación del entorno y la superficie de la carne en el matadero durante el sacrificio.</p> <p>Manipuladores infectados durante cualquier fase de la producción</p>	<p>En carnes curadas, se puede controlar por la alta salinidad y un bajo valor de actividad de agua</p> <p>Cocción antes de consumir</p> <p>Lavar las canales de vacuno con agua a 85°C</p>
Moluscos bivalvos	<p>Filtración del agua de mar contaminada durante el cultivo.</p> <p>Contaminación cruzada durante la depuración.</p> <p>Manipuladores infectados durante cualquier fase de la preparación.</p>	<p>Se precisa, como mínimo, tres días de depuración con agua de mar limpia para eliminar los ooquistes</p>

Tabla 2 Alimentos que presentan un elevado riesgo frente a las criptosporidiosis (Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria, 2020).

Control y prevención

Durante la fase infectante de la criptosporidiosis, los animales y humanos infectados eliminan con sus heces grandes cantidades de ooquistes, los cuales además de mantenerse infectantes durante períodos prolongados, presentan una elevada resistencia a las condiciones adversas ambientales, así como frente a diferentes soluciones desinfectantes y desinfectantes.

Factores físicos:

En las piscinas, la principal protección a la criptosporidiosis se basa en su eliminación por filtración (OMS, 2016). A partir del proceso físico de filtración, se pueden eliminar las partículas suspendidas en el agua. A estas muestras de agua se le añade coagulantes cuya función es la de favorecer la sedimentación para un posterior filtrado de manera que se eliminen más partículas y protozoos.

En 2017 se realizó un estudio sobre la presencia de *Cryptosporidium* en aguas de consumo en España, que incluía un análisis de la eficacia de los tipos de filtración más comunes, como son: los sistemas de filtración rápida donde el agua fluye a través de varias capas de arena y grava de grano grueso, los sistemas que combinan filtración de arena y carbón activo y los sistemas de filtración lenta que aprovechan las propiedades físicas y biológicas de la arena. En este estudio no se observaron diferencias obvias en la eficiencia de eliminación en relación con el tipo de filtración. Sin embargo, a pesar de ser un método ampliamente utilizado, se observó que en muchas ocasiones la filtración no es suficiente para la completa eliminación de los ooquistes (Ramo *et al.*, 2017). Otros estudios han demostrado la eficacia de métodos de filtración por ósmosis inversa o la utilización de filtros absolutos de 1 μm para la eliminación de ooquistes de *Cryptosporidium* (García *et al.*, 2004).

Otro método que permite la reducción de los casos de diarrea provocada por consumo de agua contaminada se basa en la irradiación UV de las aguas, diversos estudios confirman que este método presenta una elevada eficacia en la eliminación de protozoos en el agua

de bebida (García *et al.*, 2004). En cuanto a la temperatura, un estudio experimental demostró que son capaces de mantener su infectividad en ratones lactantes tras permanecer hasta 6 meses en soluciones acuosas a 20°C, siendo necesarias temperaturas de hasta 70°C para inactivarlos (Fayer, 1994).

Factores químicos:

Entre los posibles tratamientos que se pueden realizar sobre el agua, los tratamientos con cloro y con ozono son los más utilizados:

La cloración es el método más utilizado en España y en Europa, aunque se ha demostrado que la gruesa pared que presentan los ooquistes de *Cryptosporidium* les confiere una elevada resistencia que provoca que este tratamiento no sea completamente eficaz (García *et al.*, 2004). Esta gran resistencia también afecta a los procesos de potabilización del agua, ya que los ooquistes son capaces de sobrevivir a concentraciones muy superiores a las utilizadas rutinariamente en los tratamientos de cloración, por este motivo *Cryptosporidium* es considerado uno de los microorganismos de transmisión hídrica más resistentes (Rose *et al.*, 1997). Por su parte, el tratamiento del agua con ozono presenta la ventaja de no dejar residuos, ya que no se emplean productos químicos. La elevada eficacia de este método para la eliminación de los ooquistes se debe a que se generan radicales libres, capaces de alterar la permeabilidad de sus paredes (García *et al.*, 2004).

Legislación:

La alta incidencia de *Cryptosporidium* en las redes de distribución de agua potable, así como su resistencia a los tratamientos convencionales, demuestran que su control debe ser objetivo primordial para las autoridades competentes, siendo la eliminación constante y eficaz de este parásito del suministro de agua una necesidad.

En Europa, la detección de *Cryptosporidium* en los alimentos y el agua no está regulada, excepto en el Reino Unido, donde se establece que el agua de la red de distribución deberá contener menos de 1 ooquiste por 10 litros. En la legislación medioambiental de la Unión

Europea se establece que el agua destinada al consumo humano no debe contener organismos patógenos (Directiva del Consejo 98/83/CE).

Actualmente, en España no existe una legislación que contemple los niveles máximos aceptables de concentración de *Cryptosporidium* sp. en aguas de consumo. Según el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, sólo se determinará la presencia de *Cryptosporidium* en muestras que cuyo resultado sea positivo en *Clostridium perfringens* y presenten una turbidez superior a 5 UNF, si la autoridad sanitaria lo considera oportuno.

En relación con los alimentos, actualmente no se requieren legalmente medidas de control de *Cryptosporidium*. Los productos lácteos sometidos a una etapa de pasteurización suelen presentar un menor riesgo, mientras que los alimentos como las frutas y verduras, que se consumen crudos, requieren un mayor control sobre la presencia este parásito.

Profilaxis:

Debido a que la transmisión se produce principalmente a través del contacto directo y el consumo de agua contaminada, las medidas generales de higiene y el tratamiento del agua de consumo constituyen las principales medidas de prevención (Cacciò y Pozio, 2006).

Algunas de las medidas que se deben tomar para prevenir posibles brotes son:

- Beber preferiblemente agua embotellada.
- Mantener una higiene personal adecuada.
- Lavar y cocinar los alimentos antes de consumirlos.
- Evitar tragar agua de áreas de recreación.
- Tener especial cuidado en los lugares con mayor riesgo como son las guarderías.
- En los lugares donde se trabaje con animales, asegurar la adecuada higiene personal de los trabajadores.
- Concienciar a la población sobre la importancia de esta enfermedad ya que es frecuente la confusión de los cuadros diarreicos con intolerancias a alimentos.
- Optimizar el sistema de inspección y vigilancia de este parásito con el fin de detectar los casos con la mayor brevedad.

Conclusiones

1.- La actual legislación española, que sólo sugiere la búsqueda de *Cryptosporidium* en aguas con presencia de bacterias entéricas y valores altos de turbidez, unido a los resultados encontrados en diferentes estudios realizados sobre aguas de consumo en España, justifican la necesidad de mejorar la legislación española sobre la calidad del agua potable.

2.- A pesar del importante papel que presentan los alimentos en los brotes de criptosporidiosis registrados en Europa, estos productos tienen pocos controles para *Cryptosporidium*, por lo que la implantación de medidas de control en los alimentos que se consumen crudos son especialmente importantes.

3.- Debido a la alta resistencia que presentan los ooquistes de *Cryptosporidium* a los diferentes desinfectantes, las instalaciones de tratamiento de aguas de consumo y aguas residuales deberían comprobar la eficacia de los tratamientos con ozono o con radiación ultravioleta para la inactivación de sus ooquistes.

4.- Las conductas de higiene como el lavado de manos, la preparación de alimentos y la correcta limpieza tras el contacto con animales, son las medidas de prevención más importantes para reducir notablemente el número de brotes.

Bibliografía

Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES). Fiche de description de danger biologique transmissible par les aliments: *Cryptosporidium* spp. 2016-SA-0077 (actualizado en diciembre, 2019).

Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria (ACSA). *Cryptosporidium* spp., un nuevo peligro emergente, mayo-junio 2020.

Artieda, J., Basterrechea, M., Arriola, L., Yague, M., Albisua, E., Arostegui, N., Astigarraga, U., Botello, R., & Manterola, J. M. Outbreak of cryptosporidiosis in a child day-care centre in Gipuzkoa, Spain, October to December 2011, 2012. *Euro Surveill*, 17, pii: 20077.

Avery, B., Lemley, A., & Hornsby, A. (2003). *Cryptosporidium*: Un Patógeno Transmitido por el Agua. *Rev. University of Florida*, 54, 11-17.

Blackburn BG., Mazurek JM., Hlavsa M., et al. Criptosporidiosis asociada a la sidra de manzana ozonizada. *Emerg Infect Dis*. 2006; 12 (4): 684-686.

Calvo, M., Carazo, M., Arias, M. L., Chaves, C., Monge, R., Chinchilla, M. Prevalencia de *Cyclospora* sp., *Cryptosporidium* sp., microsporidios y determinación de coliformes fecales en frutas y vegetales frescos de consumo crudo en Costa Rica, 2004. *Archivos Latinoamericanos de nutrición*, 54(4), 428-432.

Casemore DP., Wright SE., Coop RL. Cryptosporidiosis - Human and animal epidemiology. In: *Cryptosporidium* and cryptosporidiosis. Fayer, R (Edit). Boca Ratón, Florida. CRC Press, 1997, pp. 65-92.

Chacin-Bonilla, L. Cryptosporidiosis in humans. Review. *Investigacion Clinica*, 2012, Vol.36, pp. 207-250.

Chen XM., Keithly JS., Paya CV., LaRusso NF., Cryptosporidiosis, 2002, *N. Engl. J. Med.*, Vol. 346(22), pp. 1723-1731

Clark DP. New insights into human cryptosporidiosis. Clin Microbiol Rev, 1999. Vol.12: pp. 554-563.

Cook, N., Paton, CA., Wilkinson, N., Nichols, RAB., Barker, K., Smith, HV. Towards standard methods for the detection of *Cryptosporidium* parvum on lettuce and raspberries. Part 1: development and optimization of methods, 2006. International journal of food microbiology, 109(3), 215-221.

Directiva del Consejo 98/83/CE. Sobre la calidad del agua destinada al consumo humano. Official Journal of the European Communities, 1998. 330, 32-54.

EFSA Panel on Biological Hazards (BIOHAZ), Koutsoumanis K, Allende A, Alvarez-Ordóñez A, Bolton D, Bover-Cid S, Chemaly M, et al. Public health risks associated with foodborne parasites. EFSA J. 2018. 16:5495–608.

European Centre for Disease Prevention and Control. Cryptosporidiosis. Annual epidemiological report for 2017. Stockholm: ECDC; 2019.

Fayer R., Lewis EJ., Trout J. et al. *Cryptosporidium* parvum in oysters from commercial harvesting sites in the Chesapeake Bay. Emerg Infect Dis. 1999; Vol.5, pp.706-710.

Fernández, AM. Agua y transmisión parasitaria. Monografías de la Real Academia Nacional de Farmacia, 2002.

Galmes A., Nicolau A., Arbona G., Gomis E., Guma M., Smith Palmer A., Hernandez-Pezzi G., Soler P. Cryptosporidiosis outbreak in British tourists who stayed at a hotel in Majorca, Spain Eurosurv. Weekly, 2003, p. 7.

Gharpure R, Perez A, Miller AD, Wikswo ME, Silver R, Hlavsa MC. Cryptosporidiosis Outbreaks — United States, 2009–2017. MMWR Morb Mortal Wkly Rep 2019;68:568–572

Hijjawi N., Estcourt A., Yang R., Monis P., Ryan U. Complete development and multiplication of *Cryptosporidium hominis* in cell-free culture, 2010, Vet. Parasitol., Vol. 169 , pp. 29-36

Lim, Y., Nissapatorn, V. 2017. Transmission of waterborne parasites in the Association of Southeast Asian Nations (ASEAN): Overview and direction forward. Food and Waterborne Parasitology, 8-9, 75-83.

Omoruyi BE, Nwodo UU, Udem CS, Okonkwo FO. Comparative diagnostic techniques for *Cryptosporidium* infection. *Molecules*. 2014, Vol.19(2), pp.2674–83.

OMS 2006 Directrices para entornos acuáticos recreativos seguros. Volumen 2: Piscinas y entornos similares, Organización Mundial de la Salud, Ginebra.

Parte-Pérez M, Bruzual E, Brito A, Hurtado M. *Cryptosporidium* spp y criptosporidiosis. *Rev Soc Ven Microbiol*, 2005, Vol. 25(1).

Ramo, A., Del Cacho, E., Sánchez-Acedo, C., & Quílez, J. Occurrence of *Cryptosporidium* and *Giardia* in raw and finished drinking water in north-eastern Spain. *Science of the Total Environment*, 2017. 580, 1007-1013.

Reh, L., Muadica, A. S., Köster, P. C., Balasegaram, S., Verlander, N. Q., Chércoles, E. R., & Carmena, D. Substantial prevalence of enteroparasites *Cryptosporidium* spp., *Giardia duodenalis* and *Blastocystis* sp. in asymptomatic schoolchildren in Madrid, Spain, November 2017 to June 2018, 2019, *Eurosurveillance*, Vol.24(43).

Rojas C. *Cryptosporidium* spp: Un parásito emergente asociado a diarrea, 2012, *Rev Gastrohnp* 4 (Supl. 1), S20-S24.

Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica. Informe anual del Sistema de Información Microbiológica. 2017; pp. 19-21.

Rossle N., Latif B. Cryptosporidiosis as threatening health problem: A review. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, November 2013, Vol.3(11), pp.916-924

Ryan, U., Fayer, R. and Xiao, L. *Cryptosporidium* species in humans and animals: current understanding and research needs. *Parasitology*, 2014, Vol.141 (13). pp. 1667-1685.

Tapia, A., del Álamo, C., López, C., García, P., Casanova, P. M. Brotes epidémicos de criptosporidiosis, 2004.

Tzipori S, Griffiths J K. Natural history and biology of *Cryptosporidium parvum* . In: *Opportunistic Protozoa in Humans*, 1998, *Adv Parasitol*, vol. 40. Baker, R. y col. (Edits.); pp. 5-36.

Vergara C, Quílez J. Criptosporidiosis: una zoonosis parasitaria, 2004, *MVZ-Córdoba* Vol. 9(1), pp. 363-372.