

Trabajo completo

Filtro rápido de arena para el estudio de remoción de enteroparásitos protozoos en agua

RECIBIDO: 26/07/2017

REVISION: 12/10/2017

ACEPTADO: 29/11/2017

Modini, L.B.* • Pizarro, A.V. • Pizarro, M.A. • Zerbato, M.G.

* Cátedra Tratamiento de Efluentes. Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina. Edificio FBCB, Ciudad Universitaria UNL, Ruta Nacional N° 168, km 472 CC 242. CPA S3000ZAA. Tel.: 54-0342-4575211

*lmodini@fbcbl.unl.edu.ar

RESUMEN: Con el objetivo de evaluar la remoción por filtración de quistes de *Giardia duodenalis* y oocistos de *Cryptosporidium* spp. en agua se construyó un filtro rápido por gravedad, a escala laboratorio, con arena como material filtrante. El filtro se operó a tasa constante (200 ml/min) y nivel ascendente. Mediante pruebas hidráulicas se estableció el espesor del lecho (0,75 m) y el tiempo de retención (5 min). El agua para las pruebas de remoción se preparó diluyendo una suspensión de (oo)quistes con agua destilada. Para recuperar los (oo)quistes no removidos, el agua filtrada se pasó a través de membranas de nitrato de celulosa de 0,45 μ m de tamaño de poro. Los quistes se contaron en cámara de Neubauer mientras que para estimar la concentración de oocistos se usó el método de Breed con coloración de Kinyoun. Se logró una remoción de 2,4 log

(99,6 %) de oocistos y 1,5 log (96,9 %) de quistes. Con un diseño y funcionamiento apropiado la filtración rápida puede actuar como una barrera eficaz pero no garantiza la eliminación completa de oocistos de *Cryptosporidium* ni quistes de *Giardia*.

PALABRAS CLAVES: *Giardia*, *Cryptosporidium*, tratamiento, agua potable

SUMMARY: *Rapid sand filter for the study of removal of protozoan enteroparasites in water*

With the objective of evaluating the filtration removal of cysts of *Giardia duodenalis* and oocysts of *Cryptosporidium* spp. in water, a rapid gravity filter, laboratory scale, was constructed with sand as filter material. The filter was operated at constant rate (200 ml/min) and ascending level. The bed thickness (0.75 m) and the retention

time (5 min) were established by hydraulic tests. The water for the removal tests was prepared by diluting a suspension of (oo)cysts with distilled water. To recover the unremoved (oo)cysts, the filtered water was passed through cellulose nitrate membranes of 0.45 μm pore size. The cysts were counted in Neubauer's chamber while the method of Breed with Kinyoun stain was used to estimate the

concentration of oocysts. A removal of 2.4 log (99.6 %) of oocysts and 1.5 log (96.9 %) of cysts was achieved. With a proper design and performance, rapid filtration can act as an effective barrier but does not guarantee the removal of *Cryptosporidium* oocysts neither *Giardia* cysts.

KEYWORDS: *Giardia*, *Cryptosporidium*, treatment, drinking water

Introducción

Los brotes epidémicos de origen hídrico debido a la contaminación por parásitos protozoos continúan siendo una preocupación en salud pública debido a la resistencia de estos microorganismos a los factores ambientales y a los tratamientos convencionales de potabilización (1, 2). Su ocurrencia aún en países industrializados que cumplen con las normas de calidad de agua de bebida corrobora lo antedicho (3). En países en desarrollo, donde la potabilización del agua y el saneamiento son deficientes, la prevalencia de infección es todavía mayor. En estos últimos no se poseen datos sobre brotes debido a que las parasitosis suelen ser endémicas y por lo tanto, aquellos son difíciles de detectar.

Giardia y *Cryptosporidium* se encuentran entre los parásitos protozoos transmitidos por el agua más frecuentemente reportados en todo el mundo (3). En estudios llevados a cabo en distintas áreas y grupos de población en Argentina, la prevalencia de estas parasitosis en humanos varió entre 0,2 y 21 % para *Cryptosporidium* y desde 3,7 hasta 60 % para *Giardia* (4, 5, 6, 7, 8, 9, 10). Los síntomas gastrointestinales que producen pueden ser especialmente graves y hasta mortales en individuos inmunodeprimidos (11).

Los quistes de *Giardia* y los ooquistes de *Cryptosporidium* se eliminan al ambiente en gran número con las heces de los hospederos infectados y pueden contaminar fuentes de agua cruda (sin tratamiento) y suministros de agua de bebida (12, 13, 14, 15, 16, 17). Además del hombre, existe un amplio rango de especies animales que pueden liberar en el ambiente estas formas infectantes, aumentando así su potencialidad de transmisión hídrica (11). En una investigación realizada en la toma de agua superficial que abastece a la planta potabilizadora de la ciudad de Santa Fe (Argentina), se halló *Cryptosporidium* en el 92 % de las muestras analizadas (< 20 - 539 ooquistes/100 L), mientras que *Giardia* se detectó en el 31 % de las mismas (< 20 - 65 quistes/100 L) (18).

Para ser apta para consumo humano, el agua requiere de una serie de tratamientos que se establecen de acuerdo con su calidad inicial (19). En general, las aguas superficiales necesitan como mínimo ser sometidas a procesos de filtración y desinfección para alcanzar los estándares de calidad exigidos. La filtración consiste en la remoción de partículas presentes en una suspensión acuosa que escurre a través de un medio poroso (20). Debido a su tamaño relativamente pequeño, la eliminación de quistes

de *Giardia* y principalmente de ooquistes de *Cryptosporidium* representa un desafío para los sistemas de filtración basados en medios granulares convencionales y adquiere especial interés ya que, si sobrepasan esta barrera física, la cloración es poco efectiva para inactivarlos (21). Dada la complejidad del proceso, es conveniente realizar estudios a nivel de laboratorio o planta piloto cuando se quiere conocer el comportamiento de un determinado filtro con una cierta suspensión, pues cualquier alteración en ésta o en el lecho filtrante, significa un cambio en los parámetros del proceso (20). En este trabajo se propuso diseñar y construir, a escala laboratorio, un filtro rápido, de lecho simple, por gravedad y flujo descendente para evaluar la remoción de ooquistes de *Cryptosporidium* spp. y quistes de *Giardia duodenalis* en agua por filtración.

Materiales y Métodos

Montaje de los filtros

Para construir los filtros se empleó una columna de vidrio de 1,5 m de longitud y 5 cm de diámetro interno. Como material filtrante se usó arena con $0,95 \pm 0,03$ mm de tamaño efectivo, coeficiente de uniformidad = 1,5 y densidad relativa entre 2,60 y 2,65 g/cm³. Una capa de 6 cm de grava sirvió de soporte del lecho. La columna del filtro se limpió cuidadosamente y se llenó con una nueva capa de arena al comienzo de cada ensayo. La arena fue provista por la empresa Aguas Santafesinas S.A. (ASSA) (planta potabilizadora de la ciudad de Santa Fe, Argentina). En la figura 1 se expone una fotografía del filtro construido.



Figura 1. Equipo de filtración

Pruebas hidráulicas

El agua superficial cruda (sin tratamiento) fue suministrada por ASSA. Las pruebas de caracterización (alcalinidad, pH, turbiedad, materia orgánica natural (NOM – UV₂₅₄) se llevaron a cabo de acuerdo con Standard Methods (22). Previamente fue coagulada, floculada y sedimentada. Se empleó sulfato de aluminio (7,58 % de Al₂O₃) como coagulante y polielectrolito catiónico (densidad: 1,14 - 1,16 g/ml) como coadyuvante de coagulación. Para determinar la dosis óptima (DO) de coagulante se usó un equipo de prueba de jarras (Phipps & Bird, USA) compuesto por 6 vasos prismáticos de acrílico. Se agregaron distintos volúmenes de coagulante al agua cruda contenida en las jarras, de manera de obtener concentraciones finales de 40 a 90 mg Al₂O₃/L y 0,5 mg/L de polímero catiónico (11). En concordancia con ASSA, el ensayo se realizó de acuerdo al siguiente protocolo: 3 min a 140 rpm para la mezcla rápida, 15 min a 40 rpm para la floculación y 10 min de sedimentación. El polielectrolito se agregó a los 2 min de iniciada la mezcla rápida. Se midió la turbiedad final del agua decantada en cada jarra. Se consideró DO a la concentración de coagulante necesaria para obtener una turbiedad entre 3 y 5 UNT; valor con el cual el agua ingresa a los filtros rápidos de la planta potabilizadora de la ciudad de Santa Fe.

El filtro se operó a tasa constante de 200 ml/min y nivel variable (ascendente). El caudal se reguló mediante una bomba peristáltica (Apema, Argentina) que condujo el agua pretratada hasta la entrada del filtro. Para evaluar su comportamiento se midió la turbiedad del agua filtrada y la pérdida de carga en función del tiempo. Los ensayos se repitieron con dos espesores de arena: 0,40 y 0,75 m. El tiempo de retención hidráulico

(TRH) se calculó usando soluciones buffer de pH = 4,0 (10,21 g/L C₈H₅KO₄) y pH = 8,9 (5,04 g/L Na₂B₄O₇) como trazadores.

Ensayos de remoción por filtración de quistes de Giardia y ooquistes de Cryptosporidium.

Preparación de las suspensiones de parásitos: Los quistes de *Giardia duodenalis* se obtuvieron a partir de muestras de heces de humanos infectados aportadas por Hospitales de la ciudad de Santa Fe. Los ooquistes de *Cryptosporidium* spp. se aislaron de muestras de estiércol de ganado vacuno parasitado. En ambos casos, las muestras se concentraron por el método de flotación con centrifugación (Rolco, Argentina) en solución saturada de sacarosa sin agregado de fenol (densidad a 15 °C: 1300 kg/m³) (23). Para estimar la concentración de parásitos en cada suspensión, los quistes de *Giardia* se contaron en cámara de Neubauer (Brand, Alemania) usando microscopio óptico (Arcano, China) con aumentos de 100X y 400X. Mientras, el recuento de ooquistes de *Cryptosporidium* se realizó por el método de Breed con coloración de Kinyoun empleando una magnificación de 400X y 1000X (24). La identificación de ambos parásitos se efectuó teniendo en cuenta su tamaño, coloración y características morfológicas (23).

Pruebas de remoción: Estas pruebas se llevaron a cabo durante el periodo de filtración o estado estable del filtro. Las condiciones de operación del filtro en los ensayos de remoción de cada parásito se observan en la tabla 1. Por limitaciones técnicas y a fin de asegurar la presencia de (oo)quistes en el filtrado, el agua para las pruebas de remoción se obtuvo diluyendo la suspensión de (oo)

quistes con agua destilada hasta una turbiedad final según se indica en la tabla 1. Esta preparación se llevó a cabo en un tanque dotado de un sistema de agitación por aireación y una bomba peristáltica permitió transportarla hasta la entrada del filtro.

Tabla 1. Condiciones de operación del filtro en los ensayos de remoción de *Cryptosporidium* spp. y *Giardia duodenalis* por filtración rápida

Variable	<i>Cryptosporidium</i>	<i>Giardia</i>
Velocidad de filtración (m/h)	9	9
Caudal de filtración (ml/min)	200 (188-206)*	200 (180-230)*
Altura del lecho de arena (m)	0,75	0,75
Turbiedad agua afluyente (UNT)	4,67	3,43
Concentración de parásitos ((oo)quistes/L) en el agua afluyente	760	2,2.10 ⁴
Volumen de agua filtrada (L)	46,1	162,8

*Rango (máx.- min.)

Para recuperar los (oo)quistes no removidos, el agua recogida a la salida del filtro se pasó a través de membranas de nitrato de celulosa de 47 mm de diámetro y 0,45 μm de tamaño de poro mediante una bomba de vacío (Lambi, Argentina). Cada membrana se eluyó con 10 ml de agua destilada. Las alícuotas de lavado se juntaron y se concentraron por centrifugación. Con el sedimento resuspendido (vol. final = 2 ml) se prepararon extendidos y se colorearon con la técnica de Kinyoun para la identificación y recuento de ooquistes de *Cryptosporidium* (método de Breed). En la evaluación de *Giardia*, el conteo de los quistes (vol. final = 5 ml) se realizó en cámara de Neubauer. En ambos

casos, se procesó la totalidad del sedimento obtenido. Como procedimiento de control, se realizaron ensayos de recuperación de (oo)quistes en una alícuota del agua preparada para los respectivos ensayos de remoción, la que fue procesada de manera idéntica que el agua filtrada.

Resultados

Pruebas hidráulicas

En la tabla 2 se presentan los parámetros principales de caracterización del agua cruda. Los ensayos de coagulación se realizaron a temperatura ambiente. La DO típica fue de 60 mg/l.

Tabla 2. Caracterización del agua superficial cruda

Parámetros	Rango (máx. - min.)
Alcalinidad (mg/L CO ₃ Ca)	24 - 33
pH	7,0 - 7,4
NOM (UV ₂₅₄) (cm ⁻¹)	0,353 - 0,658
Turbiedad (UNT)	35 - 84

El comportamiento de los filtros se muestra en la figura 2. Al comienzo de la filtración, la turbiedad del agua disminuye *período de maduración* y luego se mantiene aproximadamente constante *período de filtración* durante un tiempo variable según la altura de la capa filtrante. Continuando la filtración, la turbiedad se incrementa, dando comienzo al *período de perforación* del filtro. Por razones de diseño, la pérdida de carga máxima se fijó en 1,2 m.c.a. (metros columna de agua). La pérdida de carga indica el grado de dificultad que encuentra el agua a su paso a través de la arena y permite hacer un seguimiento del estado

de atascamiento del filtro. Cuando la profundidad del lecho filtrante fue de 0,40 m, la perforación del filtro ocurrió a 0,81 m.c.a. Para aprovechar el atascamiento de la casi totalidad de la altura del lecho previsto, el ensayo se repitió con una capa de arena de 0,75 m de espesor. En este caso, la turbiedad del agua filtrada cuando la c.a. alcanzó los 1,2 m fue de 0,47 UNT; valor inferior al recomendado por la Ley 11220 que regula la prestación de agua potable en la provincia de Santa Fe (25). Por esto, las pruebas de remoción de parásitos se realizaron usando un espesor de arena de 0,75 m.

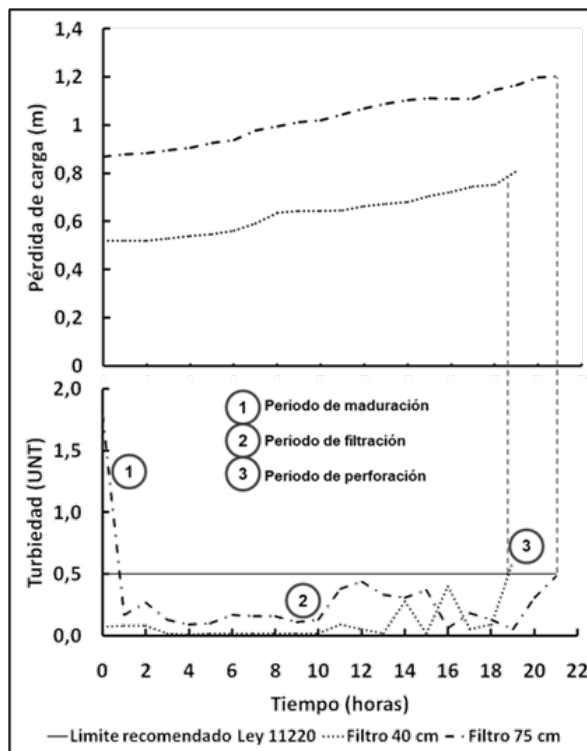
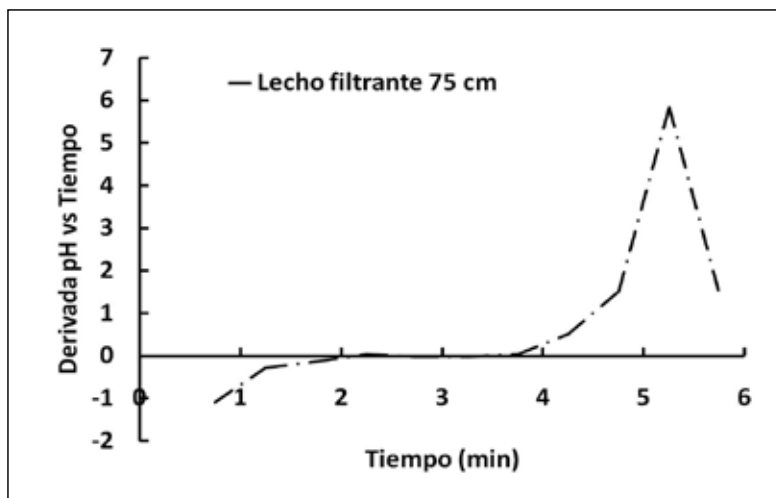


Figura 2. Relación entre turbiedad del agua filtrada y pérdida de carga en el lecho filtrante en función del tiempo. El límite máximo de turbiedad del agua filtrada se estableció en 0,5 UNT (Límite recomendado para la provisión de agua potable de la provincia de Santa Fe según Ley 11220).

Estimación del tiempo de retención hidráulico

Una vez determinado el espesor óptimo de la capa filtrante, se calculó el TRH. Para el filtro con 0,75 m de arena el TRH fue de 5 min (Figura 3).

Figura 3. Curva de la Derivada (pH vs tiempo) en función del tiempo medio del intervalo considerado (1 min). El valor máximo representa el tiempo de retención.



Ensayos de remoción de ooquistes de Cryptosporidium spp.

La filtración rápida a través de un lecho de arena de 0,75 m de espesor logró remover el 99,6 % (2,4 log) de los ooquistes de *Cryptosporidium* presentes en el agua de entrada. Durante este ensayo la turbiedad del agua filtrada fue < 2 UNT (Límite obligatorio de acuerdo con la Ley 11220) (25).

Ensayos de remoción de quistes de Giardia duodenalis

La concentración de este parásito en el agua filtrada fue de 667 quistes/L, obteniéndose una remoción de 96,9 % (1,5 log). La turbiedad del agua durante el periodo de filtración fue $\leq 1,22$ UNT.

Discusión

La transmisión hídrica de parásitos protozoarios como *Giardia* y *Cryptosporidium* se considera uno de los problemas de salud pública más prominentes en el mundo entero (11). Los quistes y ooquistes de estos parásitos son resistentes a muchos desinfectantes químicos, lo cual ha trasladado la carga de protección de la salud pública hacia los procesos de remoción física tales como la filtración (26). Este proceso trata el agua pasándola a través de un material granular que remueve las partículas suspendidas. En el mismo intervienen mecanismos de transporte y adherencia. Inicialmente, las partículas por remover son transportadas de la suspensión acuosa a la superficie de los granos

del medio filtrante. Allí puede ocurrir la adherencia de éstas a los granos o a las partículas previamente retenidas, dependiendo de las propiedades de superficie de estos materiales (20, 27).

Los sistemas de filtración convencionales están precedidos por coagulación, floculación y sedimentación. Sin embargo, puede ser que el agua se someta a filtración directamente después de la coagulación y la floculación y que los flóculos sean removidos por el filtro (filtración directa) (19).

En esta investigación, la remoción de ooquistes de *Cryptosporidium* fue de 2,4 log (99,6 %), mientras que los quistes de *Giardia* solamente se redujeron en 1,5 log (96,9 %). Las tasas de referencia de eliminación de protozoos por filtración rápida en medio granular varían entre 70 y 99,9 % en condiciones de coagulación óptima (21). La calidad del agua cruda y el diseño del filtro también pueden contribuir a las diferencias reportadas en la capacidad de remoción de los filtros (28). Otros investigadores mostraron que los cambios hidráulicos durante la operación del filtro deterioran la calidad del agua filtrada debido a la separación de las partículas previamente adheridas (27). La alteración de las condiciones de operación estable del filtro, aun durante un período de tiempo pequeño, podría provocar el pasaje de un gran número de (oo)quistes en un volumen pequeño de agua causando la propagación esporádica de estas enfermedades en un área extensa del sistema de distribución (26).

Los valores de remoción reportados en este trabajo se obtuvieron filtrando agua de baja turbiedad sembrada con (oo)quistes sin pretratamiento químico. Los quistes de *Giardia* y los ooquistes de *Cryptosporidium* presentan carga eléctrica superficial

negativa en el rango de pH de las fuentes de agua natural (pH= 6-8), al igual que los materiales filtrantes usuales como las arenas (30, 30). De esta manera, la eficiencia de remoción de un filtro rápido de arena (sin acondicionamiento químico) se puede ver reducida debido a la repulsión electrostática entre los (oo)quistes y la superficie de los granos, lo cual dificulta su adherencia (20, 29). Por otro lado, la adición de coagulante provocaría la desestabilización de la mayor parte de las partículas parasíticas favoreciendo la remoción. Debido a que el proceso de coagulación, floculación y sedimentación afecta por sí mismo la remoción (11), la eliminación de los (oo)quistes por filtración podría no coincidir con la lograda en un agua cruda que ha recibido un tratamiento convencional completo. Se han informado para este último caso, remociones desde 1,75 hasta > 5 log para *Giardia* y entre 1,4 y 4 log para *Cryptosporidium* (27, 28, 32). Otros factores que pueden afectar los porcentajes de remoción de los filtros están relacionados con las condiciones propias de las experiencias como el volumen de muestra procesado, los límites de detección del método o la concentración de (oo)quistes en el agua afluente.

Numerosos estudios han demostrado la presencia de quistes de *Giardia* y ooquistes de *Cryptosporidium* en aguas superficiales, ríos, lagos y en aguas prístinas (18, 32, 33). Los patógenos se introducen en las aguas superficiales a través de diferentes vías como los efluentes industriales, las aguas negras y la escorrentía pluvial, además de la eliminación de residuos sólidos industriales y domésticos. Dentro de un plan de seguridad hídrica, las medidas para el control del riesgo de infección por estos protozoos deben centrarse en la prevención de la

contaminación de las fuentes de agua por desechos humanos y de animales, un tratamiento adecuado y la protección del agua durante la distribución. Cuanto mayor sea la protección de la fuente de agua, la dependencia de eliminación de estos patógenos con el tratamiento será menor (21).

Conclusiones

Con un diseño y funcionamiento adecuados, el filtro rápido de arena puede actuar como una barrera sólida y eficaz contra ooquistes de *Cryptosporidium* y quistes de *Giardia* presentes en el agua, pero no garantiza su remoción completa. Este trabajo confirma que aún en condiciones de filtración apropiadas (por ej. turbiedad del agua filtrada < 2 UNT), los (oo)quistes pueden aparecer en el agua tratada cuando ocurre una elevada contaminación de la fuente. Dado que sólo los (oo)quistes viables son capaces de producir infección, se continuará investigando para determinar si el pasaje a través del filtro tiene algún efecto sobre su viabilidad.

Agradecimientos

El presente trabajo fue realizado en el marco del Proyecto CAI+D 2011 (50120110100201LI) que financia la Universidad Nacional del Litoral. Los autores agradecen al personal del laboratorio (Sección Parasitología) de los Hospitales J.M Cullen y Orlando Alassia de la ciudad de Santa Fe y a la Escuela de Agricultura, Ganadería y Granja de la UNL por su colaboración en la obtención de muestras.

Los datos de este trabajo fueron enviados para su presentación a: XXVI Congreso Nacional del Agua CONAGUA 2017 y Congreso internacional Agua, Ambiente y Energía 2017.

Referencias bibliográficas

1. Feng, Y.; Zhao, X.; Chen, J.; Zhou, X.; Li, N.; Wang, L.; Xiach, L., 2011. Occurrence, source, and human infection potential of *Cryptosporidium* and *Giardia* spp. in source and tap water in Shanghai, China, *Applied. and Environ. Microbiol.* **77**: 3609 - 3616.
2. Helmi, K.; Skraber, S.; Burneo, JB.; Leblanc, L.; Hoffmann, I.; Cauchi, HM., 2011. Two-year monitoring of *Cryptosporidium parvum* and *Giardia lamblia* occurrence in a recreational and drinking water reservoir using standart microscopic and molecular biology techniques. *Environ. Monit. Assess.* **179**: 162 - 172.
3. Baldursson, S.; Karanis, P., 2011. Waterborne transmission of protozoan parasites: Review of worldwide outbreaks - an update 2004-2010. *Water Res.* **45**: 6603 - 6614.
4. Minvielle, MC.; Pezzani, BC.; Cordoba, MA.; De Luca, MM.; Apezteguia, MC.; Basualdo, JA., 2004. Epidemiological survey of *Giardia* spp. and *Blastocystis hominis* in an Argentinian rural community. *Korean J. Parasitol.* **42**: 121 - 127.
5. Basualdo, JA.; Cordoba, MA.; De Luca, MM.; Ciarmela, ML.; Pezzani, BC.; Grenovero, MS.; Minvielle, MC., 2007. Intestinal parasitoses and environmental factors in a rural population of Argentina, 2002 - 2003. *Rev. Inst. Med. Trop. Sao Paulo.* **49** (4): 251 - 255.
6. Pezzani, BC., Minvielle, MC., Ciarmela, ML.; Apezteguia, MC.; Basualdo, JA., 2009. Community participation in the control of intestinal parasitosis at a rural site in Argentina. *Rev. Panam. Salud Pública.* **26**: 471 - 477.
7. Salomón, M.; Tonelli, R.; Borremans, C.; Bertello, D.; De Jong, L.; Jofré, C.; Enriquez, V.; Carrizo, L.; Costamagna, S., 2007. Prevalencia de parásitos intestinales en niños de la ciudad de Mendoza, Argentina. *Parasitol. Latinoam.* **62**: 49 - 53.
8. Gamboa, MI.; Navone, GT.; Orden, AB.; Torres, MF.; Castro, LE.; Oyhenart, EE., 2011. Socio-environmental conditions, intestinal parasitic infec-

tions and nutritional status in children from a suburban neighborhood of La Plata, Argentina. *Acta Trop.* **118** (3): 184 - 189.

9. Indelman, P.; Echenique, C.; Bertorini, G.; Racca, L.; Gomez, C.; Luque, A.; Magaró, H., 2011. Parasitosis intestinales en una población pediátrica de la ciudad de Rosario, Santa Fe, Argentina. *Acta Bioquim. Clin. Latinoam.* **45**: 329 - 334.

10. Molina, N; Pezzani, B; Ciarmela, M; Orden, A.; Rosa, D.; Apezteguía, M.; Basualdo, J.; Minvielle, M., 2011. Intestinal parasites and genotypes of *Giardia intestinalis* in school children from Berisso, Argentina. *J. Infect. Dev. Ctries.* **5**:527 - 534.

11. Zerbato, MG.; Lerman, B., 2016. "Coagulación optimizada en el tratamiento de potabilización de agua: Efecto sobre la remoción de quistes de *Giardia intestinalis* y ooquistes de *Cryptosporidium* spp.". Editorial Académica Española (Alemania), 1 - 122.

12. Lura, MC.; Beltramino, D.; Abramovich, B.; Carrera, E.; Haye, MA.; Contini, L., 2000. El agua subterránea como agente transmisor de protozoos intestinales. *Arch. Argent. Pediatr.* **98** (1): 18 - 26.

13. Costamagna, SR.; Visciarelli, E.; Lucchi, L.; Basualdo, JA., 2005. Parásitos en aguas del arroyo Naposta, aguas de recreación y de consumo en la ciudad de Bahía Blanca (Provincia de Buenos Aires, Argentina). *Parasitol. Latinoam.* **60**: 122 - 126.

14. Castro-Hermida JA.; García-Presedo, I.; González-Warleta, M.; Mezo, M., 2010. *Cryptosporidium* and *Giardia* detection in water bodies of Galicia, Spain. *Water Res.* **44**: 5887 - 5896.

15. Poma; HR.; Gutierrez Cacciabue, D.; Garce, B.; Gonzo, EE.; Rajal, VB., 2012. Towards a rational strategy for monitoring of microbiological quality of ambient waters. *Sci.Total. Environ.* **433**: 98 - 109.

16. Betancourt, WQ.; Duarte, DC.; Vásquez, RC.; Gurian, PL., 2014. *Cryptosporidium* and *Giardia* in tropical recreational marine waters contaminated with domestic sewage: Estimation of bathing-associated disease risks. *Mar. Pollut. Bull.* **85** (1): 268 - 273.

17. Pitkänen, T.; Juselius, T.; Isomäki, E.; Ilkka, T.; Miettinen, IT.; Valve, M.; Kivimäki, A.; Kirsti, L.; Hänninen, M., 2015. Drinking water quality and occurrence of *Giardia* in Finnish small groundwater supplies. *Resources.* **4**: 637 - 654.

18. Abramovich, BL.; Gilli, MI.; Haye, MA.; Carrera, E.; Lura, MC.; Nepote, A., 2001. *Cryptosporidium* y *Giardia* en aguas superficiales. *Rev. Argent. Microbiol.* **33**: 167 - 176.

19. Leal Ascencio, M., 2005. Tecnologías convencionales de tratamiento de agua y sus limitaciones. En Blesa, M.; Blanco Galvez, J. (Ed.), "Tecnologías solares para la desinfección y descontaminación de agua". Editorial Escuela de Posgrado UNSAM (Buenos Aires), 63 - 72.

20. Maldonado Yactayo, V., 2004. Filtración. En: De Vargas, L. (Ed.), "Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. OPS/CEPIS, Lima (Perú), **II**. 83 - 151.

21. World Health Organization, 2011. "Guidelines for Drinking-water Quality. 4th ed". Who Press (Malta), 1-541. Disponible en: http://apps.who.int/iris/bits-tream/10665/44584/1/9789241548151_eng.pdf

22. Rice, EW.; Baird, RB.; Eaton, AD.; Clesceri, LS., (Ed.), 2012. "Standard Methods for the examination of water and wastewater. 22nd ed." American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. (USA), 1 - 1496.

23. García LS., 2009. "Practical guide to diagnostic parasitology. 2nd ed.": ASM Press (USA), 1 - 465.

24. Henriksen, SA.; Pohlenz, JFL., 1981. Staining of *Cryptosporidia* by a modified Ziehl-Neelsen technique. *Acta Vet.Scand.* **22**: 594 - 596.

25. Ley 11220. Transformación del sector público de agua potable, desagües cloacales y saneamiento. Boletín oficial de la provincia de Santa Fe, Santa Fe, Argentina, 12 de diciembre de 1994. Disponible en: <http://www.enress.gov.ar/prestadores/area-de-servicios-assa/ley-11220/>

26. Amburgey, J.; Amirtharajah, A.; York, M.; Brouckaert, B.; Spivey, N.; Arrowood, M., 2005.

- Comparison of Conventional and biological filter performance for *Cryptosporidium* and microsphere removal. J. AWWA. **97** (12): 77 - 91.
- 27.** Emelko, M.; Huck, P.; Coffey, B., 2005. A review of *Cryptosporidium* removal by granular media filtration. J. AWWA. **97** (12): 101 - 113.
- 28.** Huck, P.; Coffey, B.; Emelko, M.; Maurizio, D.; Slawson, R.; Anderson, W.; Van Den Oever, J.; Douglas, I.; O'Melia, C., 2002. Effects of filter operation on *Cryptosporidium* removal. J. AWWA. **94** (6): 97 - 111.
- 29.** Shaw, K.; Walker, S.; Koopman, B., 2000. Improving filtration of *Cryptosporidium*. J. AWWA. **92**: 103 - 111.
- 30.** Ongerth, J.; Pecoraro, J., 1996. Electrophoretic mobility of *Cryptosporidium* oocysts and *Giardia* cysts. J. Environ. Eng. **122**: 228 - 231.
- 31.** Betancourt, WQ., Rose, JB., 2004. Drinking water treatment processes for removal of *Cryptosporidium* and *Giardia*. Vet. Parasitol. **126**(1-2): 219 - 234.
- 32.** Zumaeta, M., 2004. Aspectos biológicos de la calidad del agua. En: De Vargas, L. (Ed.), "Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. OPS/CEPIS, Lima (Perú), I. 59 - 102.
- 33.** Juárez, M.; Rajala, V., 2013. Parasitosis intestinales en Argentina: principales agentes causales encontrados en la población y en el ambiente. Rev. Argent. Microbiol. **45** (3): 191 - 204.