

CONTROL DE *Fasciola hepatica* EN EL AGUA DE CONSUMO ANIMAL A TRAVÉS DE FILTRACIÓN RÁPIDA Y LENTA

CAROLINA GONZÁLEZ MORALES*
GLADYS ADRIANA SÁNCHEZ**
CAMILO CÉSAR CASTRO JIMÉNEZ***
CATALINA GÓMEZ CARMONA****
FRANCISCO MOLINA PÉREZ*****
LUZ ELENA VELÁSQUEZ TRUJILLO*****

RESUMEN

La fasciolosis bovina es una zoonosis causada por *Fasciola hepatica*, parásito que se adquiere al consumir agua o vegetales contaminados con el digéneo. Esta enfermedad ocasiona pérdidas económicas importantes en las regiones lecheras de Antioquia. En este trabajo, y con el objetivo de remover los huevos del parásito presentes en el agua, se diseñaron y construyeron dos filtros empleando como lecho filtrante arena industrial (T.E entre 0,45 y 0,55 mm), con los cuales se evaluó un sistema de filtración rápida operado a velocidades de 5 y 8 m/h (altura del lecho 60 cm) y un sistema de filtración lenta a una velocidad de 1,46 m/h (alturas del lecho 30 y 40 cm). Se determinó la variación del caudal y la turbiedad del efluente durante la carrera de filtración y la eficiencia de remoción de los huevos del parásito. Los filtros operando bajo las características descritas, fueron 100% eficientes para remover los huevos de *F. hepatica* presentes en el agua. Los porcentajes de remoción de turbiedad fueron del 85,5 y 79,4% para filtros trabajando a velocidades de 5 m/h y 8 m/h, respectivamente. Los ensayos realizados para ambas alturas del lecho filtrante (30 y 40 cm) operando con la velocidad de 1,46 m/h, mostraron una remoción promedio de turbiedad del 80,4 y 76,6%, respectivamente.

PALABRAS CLAVES: *Fasciola hepatica*; filtración rápida; filtración lenta; caudal; turbiedad.

* Ingeniera Sanitaria, Universidad de Antioquia. Correo electrónico: carogonza88@hotmail.com

** Ingeniera Sanitaria, Universidad de Antioquia. Correo electrónico: hypatia60700@gmail.com

*** Ingeniero Sanitario, Universidad de Antioquia; Magíster en Ingeniería Ambiental, Universidad de Antioquia; integrante del Grupo de Ingeniería y Gestión Ambiental, Universidad de Antioquia. Correo electrónico: milocastro@gmail.com

**** Microbióloga y Bioanalista, Estudiante Magíster en Ciencias Básicas Biomédicas, Universidad de Antioquia, integrante de la Unidad de Malacología y Tremátodos-Pecet, Universidad de Antioquia. Correo electrónico: catalina.carmona@gmail.com

***** Ingeniero Sanitario, Universidad de Antioquia; Magíster en Ingeniería Sanitaria, Universidad del Valle; Doctor en Ingeniería Química Ambiental, Universidad de Santiago de Compostela. Coordinador del Grupo de Investigación en Gestión y Modelación Ambiental, Universidad de Antioquia. Correo electrónico: fmolina3105@gmail.com

***** Bióloga, Magíster en Biología Marina, Universidad Nacional de Bogotá, Coordinadora de la Unidad de Malacología y Trematodos-Pecet, Universidad de Antioquia. Correo electrónico: luzelena333@yahoo.com

Historia artículo

Artículo recibido 12-IX-2012

Aprobado 21-II-2013

Discusión abierta 01-VI-2014

CONTROL OF *Fasciola hepatica* IN ANIMAL DRINKING WATER BY FAST AND SLOW FILTRATION

ABSTRACT

The bovine fasciolosis is a zoonosis caused by *Fasciola hepatica* transmitted by consuming water and / or vegetables contaminated with the digenea. This disease causes significant economic losses in the dairy producer regions of Antioquia. In order to remove the eggs of the parasite from water, we designed and built two filters (rapid and slow filtration), using industrial sand as filter bed (effective size 0.45-0.55 mm). A rapid filtration system was evaluated at speeds of 5 and 8 m/h for a sand bed height of 60 cm and a slow filtration system at a speed of 1.46 m/h for sand bed heights of 30 and 40 cm. The variation of effluent flow and removal efficiency of both turbidity and parasite eggs were determined during the run of each filtration. The results show that all filters operating under the described features are 100% efficient in removing the *F. hepatica* eggs from the water. The turbidity removal percentages were 85.5% and 79.4% for filters operating at speeds of 5 m/h and 8 m/h respectively. The tests performed for bed heights (40 and 30 cm), operating at 1.46 m/h, showed average turbidity removals of 80.4% and 76.6% respectively.

KEY WORDS: *Fasciola hepatica*; rapid filtration; slow filtration; flow; turbidity.

CONTROLE DE *Fasciola hepatica* NA ÁGUA DE CONSUMO ANIMAL ATRAVÉS DE FILTRAÇÃO RÁPIDA E LENTA

RESUMO

A fasciolosis bovina é uma zoonose causada por *Fasciola hepatica*, parasita que se adquire ao consumir água ou vegetais contaminados com o digeneo. Esta doença ocasiona perdas económicas importantes nas regiões lecheras de Antioquia. Neste trabalho, e com o objectivo de remover os ovos dos parasita presentes no água, desenharam-se e construíram dois filtros empregando como leito filtrante areia industrial (T.E entre 0,45 e 0,55 mm), com os quais se avaliou um sistema de filtración rápida operado a velocidades de 5 e 8 m/h (altura do leito 60 cm) e um sistema de filtración lenta a uma velocidade de 1,46 m/h (alturas do leito 30 e 40 cm). Determinou-se a variação do volume e a turbiedad do efluente durante a carreira de filtración e a eficiência de remoción dos ovos do parasita. Os filtros operando baixo as características descritas, foram 100% eficientes para remover os ovos de *F. hepatica* presentes no água. As percentagens de remoción de turbiedad foram de 85,5 e 79,4% para filtros trabalhando a velocidades de 5 m/h e 8 m/h, respectivamente. Os ensaios realizados para ambas alturas do leito filtrante (30 e 40 cm) operando com a velocidade de 1,46 m/h, mostraram uma remoción.

PALAVRAS-CÓDIGO: *Fasciola hepatica*; filtração rápida; filtração lenta; fluxo, turbidez.

1. INTRODUCCIÓN

La fasciolosis es una enfermedad parasitaria causada por *Fasciola hepatica* (Tremátoda: Digenea) reconocida como un problema de salud pública (Mas-Coma, 2004), que está íntimamente ligado con el consumo de agua y vegetales contaminados con el digeneo. La Organización Mundial de la salud (OMS) ha estimado que 2,4 millones de personas están infectadas con este parásito y cerca de 180 millones están en riesgo de infestación. En la actualidad, el número de personas

infectadas puede ser mayor si se tiene en cuenta el desconocimiento sobre la enfermedad en muchos países africanos, americanos y asiáticos (Mas-Coma, 2009).

Los cuerpos de agua superficiales se contaminan con los huevos del digeneo, que aportan las heces de mamíferos parasitados. Los huevos miden de 130 a 150 μm de largo y de 60 a 90 μm de ancho, los cuales dan origen a una forma larvaria llamada miracidio, que penetra en caracoles del género *Lymnaea*, dentro de estos evolucionan hasta formar cientos de cercarias,

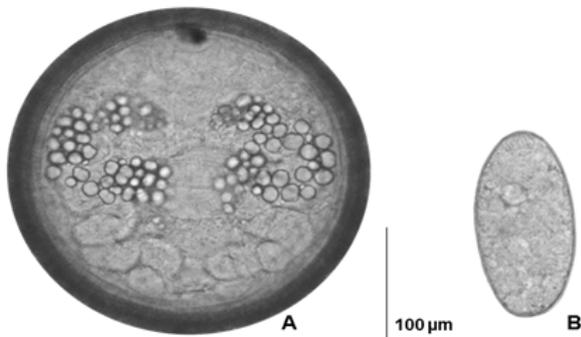


Figura 1. A. Metacercaria de *Fasciola hepatica*. B. Huevo de *F. hepatica*. Fotografías tomadas en el Laboratorio de Malacología Médica y Tremátodos-Pecet, Universidad de Antioquia.

las cuales abandonan el caracol para luego transformarse en metacercarias, formas hemisféricas del parásito cuyo diámetro varía de 110 a 180 μm , y con capacidad para infectar a los mamíferos que las ingieran (Olaechea, 2004), (Carrada, 2007; Díez, 2011). En la figura 1 se ilustran la metacercaria y el huevo de *F. hepatica*.

F. hepatica tiene un gran potencial de expansión gracias a la capacidad de colonización de los agentes transmisores y de adaptación a los hábitats y climas diferentes, incluso a condiciones extremas como en las regiones de alta montaña de los Andes (Mas-Coma, 2009).

Según estudios de campo y laboratorio, el agua contaminada con metacercarias es responsable de un gran porcentaje de la infestación en humanos y animales. En humanos puede ser por su consumo directo, o por la contaminación de alimentos (especialmente verduras) y de utensilios de cocina (Mas-Coma, 2004). La fasciolosis es una enfermedad que va desde leve hasta grave, llegando a generar la muerte del paciente dependiendo del número de parásitos que lo infectan y de su estado general de salud. De igual forma, los animales rumiantes como los bovinos y ovinos, se infectan al ingerir metacercarias del agua o en plantas acuáticas contaminadas. En los animales, la parasitosis causa problemas reproductivos, que reducen el índice de fertilidad en un 47% (Instituto Colombiano Agropecuario, 1980); además, provoca la disminución de la producción de leche y carne, y el decomiso de los hígados infectados, ocasionando pérdidas económicas de más de 3 mil millones de dólares en la economía ganadera y la industria alimentaria del mundo (Olaechea, 2004; Jaros,

2010). En Colombia estas pérdidas se estimaron en 12.483 millones de pesos durante 1996 (Pulido, *et al.*, 2010).

En Colombia la prevalencia de *F. hepatica* en los bovinos se ha estimado en un 25% en zonas frías y ricas en humedad, que propician el establecimiento del ciclo de vida del parásito (Becerra, 2001); sin embargo, investigaciones recientes en la región lechera altoandina del departamento de Antioquia han registrado hatos con prevalencias mayores al 30% (López *et al.*, 2007 y 2008) y municipios con prevalencias que superan el 40% (Universidad de Antioquia, Colanta y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural; 2008-2011).

Para controlar la fasciolosis bovina se ha implantado el uso de medicamentos fasciolocidas y molusquicidas (Olaechea, 2004). Los primeros exigen retiro en leche y los últimos no son específicos y causan envenenamiento de otras especies acuáticas, motivo por el cual no son acogidos por la comunidad y no resuelven el problema debido a que no evitan la reinfección de los bovinos. Por estas razones es necesario desarrollar nuevas estrategias que ayuden a reducir el riesgo de la infección, entre estas, la remoción de los estadios libres del parásito presentes en el agua para consumo, utilizando la filtración en arena, técnica que es ampliamente empleada para la eliminación de microorganismos patógenos presentes en el agua (Schoenen, 2002).

La filtración consiste en la remoción de partículas suspendidas y coloidales presentes en una suspensión acuosa que escurre a través de un medio poroso (Cánepa, 2004). Esta remoción se da por mecanismos de transporte y adherencia.

No se tiene un modelo matemático que describa con precisión el comportamiento hidráulico y los diferentes parámetros de operación que intervienen en un sistema de filtración (Cánepa, 2004), como la pérdida de carga, que es la fricción que el fluido sufre al atravesar los poros del lecho; producida por el tamaño, forma y porosidad del mismo, y la velocidad y viscosidad del agua, pérdida que aumenta cuando se presenta colmatación del lecho. Por lo cual, cuando se requiere conocer el comportamiento de un determinado sistema es conveniente realizar estudios con filtros piloto.

Esta investigación pretende aportar en uno de los componentes del control integral de la fasciolosis, a través del diseño y evaluación bajo condiciones de laboratorio de dos sistemas de filtración en arena (rápida y lenta), con

el fin de retener huevos y metacercarias de *F. hepatica* del agua de suministro al ganado bovino, dado que estos sistemas de filtración remueven partículas con diámetro entre $1 \mu\text{m}$ y 1mm (Arboleda, 2000).

2. METODOLOGÍA

Para realizar el estudio se tomaron como referencia dos fincas lecheras ubicadas en la zona rural de los municipios de Donmatías y La Unión, ambas con focos de fasciolosis (Universidad de Antioquia, Colanta y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2008-2011).

2.1. Montaje de filtros.

El montaje se realizó en el laboratorio de procesos fisicoquímicos de la Escuela Ambiental de la Universidad de Antioquia, donde se construyeron dos filtros en acrílico de 0,4 cm de espesor, con 9 cm de diámetro y 150 cm de altura.

Se utilizó como material filtrante arena de tamaño efectivo (T.E.) entre 0,45 y 0,55 mm, con una densidad promedio de $2,65 \text{ g/cm}^3$, porosidad de 0,42 y esfericidad de 0,8. Como soporte del lecho filtrante se emplearon tres capas de grava de 5 cm de espesor cada una, distribuidas en forma ascendente de mayor a menor tamaño, iniciando con grava de 1" y finalizando con 1/8", tal como se muestra en la figura 2.

El agua para filtrar en cada ensayo se preparó en forma artificial, teniendo en cuenta la turbiedad del agua utilizada para el consumo bovino en las fincas referenciadas (para filtración rápida de 10 UNT y para filtración lenta de 12,5 UNT). Esta preparación se realizó en un tanque de acrílico de 80 litros, dotado con un sistema mecánico de agitación que permitió mezclar adecuadamente el agua con los componentes agregados: bentonita para generar la turbiedad y huevos de *F. hepatica* obtenidos de los parásitos adultos. Se utilizó una bomba peristáltica para el transporte del agua desde esta unidad de almacenamiento hasta los filtros.

A la salida de cada filtro y con la finalidad de retener los huevos de *F. hepatica* no removidos por el lecho filtrante, se colocó un cedazo cubierto por una tela de *nylon* con un espacio entre hilos de 60 mm, con capacidad de retener los huevos del parásito que miden de 130 a 150 mm de longitud y 60 a 90 mm de ancho (figura 2).



Figura 2. Elementos del ensayo

2.2. Selección de la velocidad de filtración

2.2.1. Filtración rápida

Para los ensayos de filtración rápida se seleccionaron las velocidades de 5 y 8 m/h de acuerdo con un estudio sobre remoción de plancton, que demostró que el aumento de la velocidad de filtración por encima de los 10 m/h, disminuye considerablemente la remoción



de partículas con tamaños entre 3 y 18 μm (Vásquez, 2000). Estos ensayos se realizaron con una altura de lecho filtrante de 60 cm.

2.2.2. Filtración lenta

Para estos ensayos se utilizó una velocidad de filtración de 1,46 m/h (clasificada en este trabajo como filtración lenta, debido a que es menor a las evaluadas en los ensayos de filtración rápida). Dicha velocidad se seleccionó a partir de las condiciones de abastecimiento de agua de la finca localizada en el municipio de Donmatías, dado que en una segunda fase del trabajo de investigación se pretende evaluar en campo este sistema.

Con el fin de evaluar la influencia de la altura del lecho filtrante en la remoción de los huevos del parásito y la turbiedad, se emplearon las alturas de 30 y 40 cm. La velocidad de filtración se mantuvo constante.

Las condiciones de operación para los ensayos de filtración rápida y lenta se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Condiciones de operación para los ensayos de filtración rápida y lenta

Variable	Filtración rápida		Filtración lenta	
Velocidad de filtración (m/h)	5	8	1,46	1,46
Altura del lecho de arena (cm)	60	60	30	40
Carrera de filtración (horas)	4,7	4,9	4,3	4,3
Caudal de filtración (mL/min)	530	848	155	155
Concentración de huevos de <i>F. hepatica</i> (huevos/litro)	10	10	10	10
Turbiedad agua afluyente (UNT)	10	10	12,5	12,5
Agua filtrada (L)	150	250	40	40
Número de repeticiones del ensayo	3	3	2	2

2.3. Procedimiento para cada ensayo

Con cada velocidad de filtración rápida se realizó una prueba hidráulica para evaluar la variación del caudal y la turbiedad durante una carrera de filtración, en estos ensayos se empleó agua con turbiedad de 10 UNT. Luego se realizaron los ensayos de filtración adicionando los huevos de *F. hepatica*.

Al finalizar cada ensayo, la tela de *nylon* localizada a la salida del filtro se lavó con 50 ml de agua destilada, la cual se dejó sedimentar durante 15 minutos y se descartó el sobrenadante. La tela y el sedimento se observaron bajo estereomicroscopio para evaluar la presencia o ausencia de huevos de *F. hepatica* y realizar su conteo si fuese necesario, siguiendo la metodología de Dennis *et al.* (1954), modificada en el laboratorio de malacología médica y trematodos-Pecet (López *et al.*, 2008).

Al terminar cada carrera de filtración se hizo el retrolavado de los filtros mediante bombeo con una velocidad ascensional de 0,2 m/min.

3. RESULTADOS

3.1. Filtración rápida

3.1.1. Pruebas hidráulicas

En la tabla 2 se registran los resultados de las pruebas hidráulicas, donde se observa una pequeña variación en el caudal de salida de los dos filtros. El caudal efluente del filtro 1 varió entre 485 ml/min. y 530 ml/min., y el del filtro 2 entre 827 ml/min. y 889 ml/min. Al evaluar la turbiedad final, los filtros 1 y 2 registraron concentraciones similares al final de la carrera de filtración, con valores de 2,7 UNT y 2,4 UNT, respectivamente, los cuales corresponden a porcentajes de remoción de 73,3 y 76,0%.

Tabla 2. Variación del caudal y turbiedad efluente durante las pruebas hidráulicas

Tiempo (min.)	Filtro 1 Velocidad 5 m/h		Filtro 2 Velocidad 8 m/h	
	Turbiedad de salida (UNT)	Caudal de salida (ml/min.)	Turbiedad de salida (UNT)	Caudal de salida (ml/min.)
0	-	530,0	-	862,0
15	1,9	514,6	2,3	827,6
30	1,9	487,4	2,2	826,8
45	2,0	498,0	2,3	831,0
90	2,5	484,7	2,2	888,9
105	2,7	493,0	2,4	851,0

3.1.2. Ensayos con huevos de *F. hepatica*

En el efluente de los tres ensayos con filtración rápida no se observaron huevos de *F. hepatica*, lo que indica una eficiencia del 100% en la remoción de estos, bajo las condiciones de operación evaluadas.

Con respecto a la remoción de turbiedad, las dos primeras pruebas que utilizaron una velocidad de filtración de 5 m/h reportaron porcentajes promedio de remoción muy similares (85,6 y 85,4%). En las dos pruebas realizadas con la velocidad de filtración de 8 m/h se obtuvo una mayor diferencia en la remoción de turbiedad (77,5% para la prueba 1 y 81,4% para la prueba 2). Según lo anterior, el filtro que operó con una velocidad de 5 m/h, en promedio presentó un 6% más de remoción de turbiedad que el filtro operado con una velocidad de 8 m/h. Los resultados de la turbiedad del efluente durante el tiempo de filtración en cada prueba se ilustran en la figura 3.

En la figura 3 se presenta el comportamiento del caudal de agua filtrada, el cual fue similar al obtenido en las pruebas hidráulicas. La mayor variación se presentó al inicio del primer ensayo realizado con la velocidad de filtración de 8 m/h, donde se registró un caudal máximo de 867 ml/min. y un caudal mínimo de 686 ml/min.

En la tercera repetición de los ensayos de filtración rápida no se realizó medición de turbiedad y solo se determinó el caudal al inicio y al final de cada ensayo, con el fin de disminuir la manipulación de las muestras tomadas en el efluente para la medición de estos parámetros y no alterar la cantidad de huevos retenidos por el sistema de filtración.

En el filtro que operó con una velocidad de 5 m/h se obtuvo en el primer ensayo una pérdida de carga de 4,0 cm, en el segundo ensayo se presentó una pérdida de 3,0 cm y en el tercer ensayo de 3,5 cm. Debido a que las pérdidas de carga iniciales son proporcionales a la velocidad de filtración, el filtro que funcionó con una velocidad de 8 m/h presentó mayores pérdidas para todos los ensayos, registrando valores de 8,5 cm, 7,5 cm y 8,0 cm para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente. Lo anterior demuestra que a mayor velocidad de filtración se presenta mayor pérdida de energía, lo que obedece al aumento de la fricción y a la colmatación del material filtrante, con el consecuente aumento en la altura del nivel del agua por encima del lecho filtrante para compensar esta pérdida o la disminución del caudal filtrado (Cánepa, 2004).

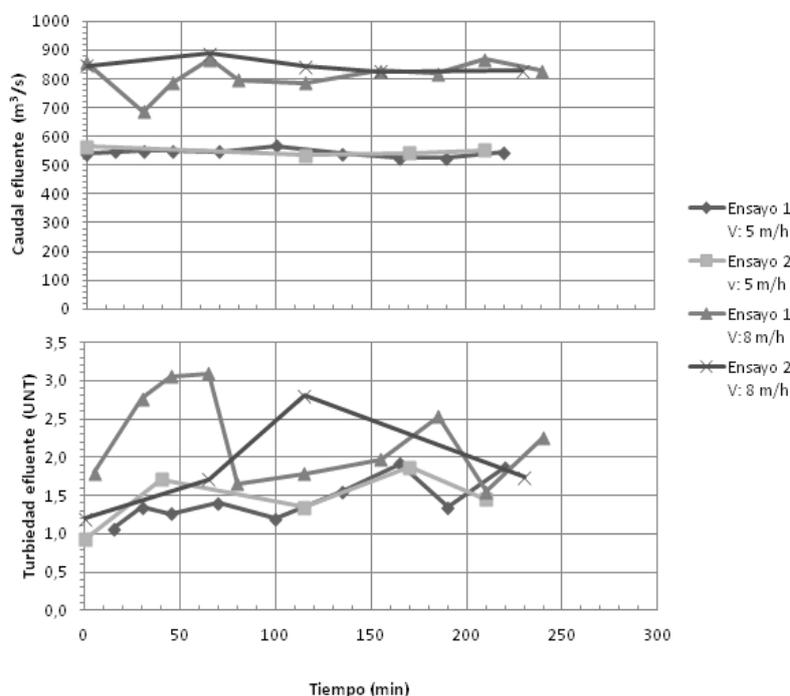


Figura 3. Variación del caudal y la turbiedad en el efluente durante las carreras de filtración



Tabla 3. Resultados de los ensayos de filtración lenta

Filtro	Altura de lecho filtrante (cm)	Ensayo	Tiempo de filtración (min.)	Turbiedad efluente (UNT)	Caudal efluente (ml/min.)		Pérdida de carga (cm)	Huevos de <i>F. hepatica</i> en el efluente
					Inicial	Final		
Filtro 1	30	1	100	2,16	173,3	175,7	5,7	0
			220	2,59				
		2	230	2,50	167,0	172,0	4,0	0

3.2. Filtración lenta

Los resultados de los ensayos de filtración lenta se presentan en la tabla 3, en la cual se puede apreciar que no se observaron huevos de *F. hepatica* en el efluente de los filtros para ambas alturas de lecho filtrante (30 y 40 cm), indicando que la filtración lenta en las condiciones de operación evaluadas es 100% eficiente para la remoción de esta forma del parásito.

El promedio de remoción de turbiedad de los dos ensayos realizados con ambos filtros fue del 80%, registrándose turbiedades en el efluente cercanas a 2,5 UNT, después de toda la carrera de filtración final (tabla 3).

Adicionalmente se observó que ambos filtros trabajaron con pequeñas variaciones en los caudales efluentes y nivel de agua variable, reportándose una mayor pérdida de carga para el filtro 2, debido a que operó con mayor altura del lecho (40 cm) que el filtro 1 (30 cm).

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La eficiencia de remoción de huevos de *F. hepatica* del 100%, obtenida por filtración rápida y lenta bajo las condiciones evaluadas, indica que estos sistemas tendrían una capacidad similar en la remoción de metacercarias del parásito (forma infectante para los mamíferos) ya que esta última tiene mayor tamaño que el huevo.

En la filtración rápida y lenta la remoción de turbiedad y de huevos de *F. hepatica* se explica mediante los mecanismos físicos de transporte y adherencia (Arbolea, 2000), debido a que los huevos tienen un tamaño mucho mayor de 1,4 μm , que es el tamaño de partícula

crítica para la colección o remoción de partículas en el lecho filtrante por estos mecanismos (Cánepa, 2004).

A pesar de que los filtros rápidos presentan la ventaja con respecto a los filtros lentos de tratar mayor cantidad de agua en menos tiempo, requieren una mayor frecuencia de lavado, debido a que el lecho filtrante se colmata más rápidamente. La limpieza de estos filtros se ha de hacer por retrolavado ya que las impurezas se deben extraer desde lo profundo del lecho, lo que genera la estratificación del mismo, donde las partículas más grandes migran a la parte inferior y las partículas más pequeñas hacia la parte superior (Scholz, 2006). También se debe hacer una adecuada disposición final del agua de lavado, ante la posibilidad de que contenga estadios libres del parásito viables y para evitar que se convierta en una fuente de transmisión de la *F. hepatica*.

En lo que respecta a la remoción de turbiedad por filtración lenta, la similitud de resultados al operar los filtros con alturas del lecho de 30 y 40 cm, sugiere que es posible iniciar la operación con una altura de 40 cm y realizar la limpieza del filtro mediante el método del raspado de la capa superior del lecho (Cánepa, 1992a), manteniendo una altura final de 30 cm, sin afectar significativamente el porcentaje de remoción de turbiedad y de huevos de *F. hepatica*. Luego del raspado del lecho hasta los 30 cm, la arena se debe reponer hasta la altura inicial de 40 cm para no alterar la eficiencia del filtro.

Sin embargo, es importante aclarar que en este caso la altura del lecho de arena no tuvo influencia significativa en el porcentaje de remoción de turbiedad, debido a que la diferencia entre las alturas evaluadas era solo de 10 cm. Para diferencias mayores es de esperarse un cambio más notorio en la eficiencia de remoción, como lo demostró el estudio realizado por (Carvalho, 2006), donde se encontró menor remoción de turbiedad

y células de la cianobacteria *M. aeruginosa* y su toxina microcistina en un lecho de arena de 60 cm de altura que en los lechos de 90 y 110 cm.

Adicionalmente, en la filtración lenta el desarrollo de la capa biológica aumentaría la eficiencia en la remoción de turbiedad (Fernández, 2009), bacterias, huevos de nematodos, quistes de *Giardia lamblia*, los cuales miden menos de 20 μm y son removidos mediante el proceso de filtración lenta, en filtros maduros (Cánepa, 1992b) y, por lo tanto, se esperaría que este mecanismo también contribuya a la remoción de huevos de parásitos. Por tal motivo se propone evaluar el papel de la biopelícula en la remoción de huevos de *F. hepatica* en futuras investigaciones.

Los resultados obtenidos implican un avance importante en la elaboración de una estrategia ambiental contra la fasciolosis, ya que se comprobó en el laboratorio que la filtración rápida y lenta en arena con las condiciones de operación evaluadas tienen la capacidad de retener los huevos presentes en el agua, interrumpiendo el ciclo de vida de *F. hepatica*. No obstante, es necesario continuar con la evaluación de los sistemas de filtración en campo.

Es importante resaltar que para controlar y prevenir la infección de los bovinos con *F. hepatica*, se recomienda combinar en forma integral: la filtración del agua de consumo con estrategias terapéuticas, barreras físicas en los cuerpos de agua, el uso de moluscicidas para el control de las poblaciones de lymneidos y el empoderamiento a la comunidad de toda esta información, por medio de programas de educación.

AGRADECIMIENTOS

A los administradores y propietarios de las fincas evaluadas. Al laboratorio de procesos fisicoquímicos del programa de Ingeniería Sanitaria y a la Unidad de Malacología Médica y Trematodos-Pecet de la Universidad de Antioquia. Este proyecto fue financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, en el marco del proyecto código: MADR 2007 O 4629-680 2008-2011.

REFERENCIAS

- Arboleda, Jorge (2000). *Teoría y práctica de la purificación del agua*. Colombia: McGraw Hill-Interamericana S.A.
- Becerra, Wlida "Consideraciones sobre estrategias sostenibles para el control de *Fasciola hepatica* en Latinoamérica". *Revista Colombiana Ciencias Pecuarias* [en línea] 2001: [consultado el 25 de julio de 2011] Disponible en: <http://rccp.udea.edu.co/index.php/ojs/article/viewFile/14/13>.
- Calvalho J. (2006). *Influência das características da camada filtrante e da taxa de filtração na eficiência de remoção de Microcystis aeruginosa e microcistina na filtração lenta em areia*. Tese de doutorado. Brasília: Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília.
- Cánepa de Vargas, Lidia (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano, plantas de filtración rápida, Tomo I*. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS), pp 83-152.
- Cánepa de Vargas, Lidia (1992a). *Tratamiento: filtración lenta. Manual III, operación, mantenimiento y control*. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS). pp. 7-8.
- Cánepa de Vargas, Lidia (1992b). *Tratamiento: filtración lenta. Manual I, Teoría y evaluación*. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS). pp. 4-6.
- Carrada. T. (2007). "Fasciola hepatica: ciclo biológico y potencial biótico". *Revista Mexicana Patología Clínica*, vol. 54, No. 1, pp. 21-27.
- Dennis, W.; Stone, W. and Swanson. L. (1954). "A new laboratory and field diagnostic test for fluke ova in feces". *Florida Agricultural Experiment Station Journal Series*. No. 172, pp. 47-50.
- Díez. P. (2011). "Fasciola y fasciolosis: un problema anti-guio con nuevas soluciones impulsadas por la relación pluridisciplinar de la parasitología con otras ciencias". *Academia de Farmacia de Galicia*, Discurso de ingreso como académico de número. Santiago de Compostela. pp. 1-214.
- Fernández Naranjo D. (2009). *Desarrollo de un sistema compacto de potabilización*. Tesis de maestría. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Instituto Colombiano Agropecuario. (1980). *Posible efecto de la distomatosis sobre la reproducción en ganado de leche de la Sabana de Bogotá*. Bogotá: Corpoica. pp. 92-97.
- Jaros, Slawomir; Jaros, Dorota; Wesolowska, Agnieszka; Zygnier, Wojciech y Wedrychowicz, Halina (2010). "Blocking *Fasciola hepatica*'s energy metabolism – a pilot study of vaccine potential of a novel gene– phosphoglycerate kinase". *Veterinary Parasitology*, vol. 172 (septiembre), pp. 229-237.
- López. L., Romero. J. y Velásquez. L. (2008). "Aislamiento de *Paramphistomidae* en vacas de leche y en el hospeda-



- dor intermediario (*Lymnaea truncatula* y *Lymnaea columella*) en una granja del trópico alto en el occidente de Colombia”. *Revista Colombiana Ciencias Pecuarias*, vol. 21, pp. 9-18.
- López. J.; Pineda. J.; Vallejo. V.; Galeano. M.; Velásquez. L. (2007). *Foco de fasciolosis hepática bovina en la hacienda El Progreso (Barbosa, Antioquia). Proyecto de grado para optar al título de veterinario*. Medellín: Escuela Veterinaria Universidad de Antioquia.
- Mas-Coma, Santiago (2004). “Waterborne Zoonoses: Identification, Causes and Control”. IWA Publishing, pp. 307-316.
- Mas-Coma, Santiago; Valero, María Adela y Bargues, María Dolores (2009). “*Fasciola*, Lymnaeids and Human Fascioliasis, with a Global Overview on Disease Transmission, Epidemiology, Evolutionary Genetics, Molecular Epidemiology and Control”. *Advances in Parasitology*, vol. 69, pp. 44-68.
- Olaechea, Fermín V. *Fasciola hepatica*. Red de helminología para América Latina y el Caribe [en línea] 2004: [consultado el 1º de agosto de 2011] Disponible en: <http://cni.inta.gov.ar/helminto/Fasciola/FASCIOLA%20HEPATICA%20Fermin%20Olaechea.pdf>
- Pulido. A.; Salazar. R. y Arbeláez. G. (2010). “*Fasciola hepatica*: pedagogía de diagnóstico por laboratorio y su situación en Colombia”. *REDVET*, Vol 12. No 5B, pp: 1-11.
- Schoenen.D (2002). “Role of disinfection in suppressing the spread of pathogens with drinking water: possibilities and limitations”. *Water Research*, vol. 36, (September), pp 3874-3888.
- Scholz, Miklas. *Wetland systems to control Urban Runoff*. Edingburgh: Elsevier, 2006. pp 73-79.
- Universidad de Antioquia; Colanta y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Proyecto “Levantamiento de un mapa de distribución de fasciolosis y evaluación de tres estrategias para su control en zonas del trópico alto Antioqueño” MADR 2007 O4629-680 2008-2011.
- Vazquez H, Contento L, Ingallinella A.M, Sanguinetti G, Bachur J, Matiuzzi M. Remoción de plancton en el proceso filtración rápida. [en línea], 2000 : [consultado el febrero de 2011]. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/tratagua/peru/argtar008.pdf> (2000).