



EFFECTIVIDAD DEL USO DE DIATOMEAS EN LA FILTRACIÓN DE BACTERIAS DE TRANSMISIÓN HÍDRICA

EFFECTIVENESS OF THE USE OF DIATOMS IN THE FILTRATION OF WATERBORNE BACTERIA

Cristian Joao Vázquez^{*1} , Betzy Moreno Salazar²  y Denisse Cadena
Samaniego² 

¹Distrito de Salud 03D03, Departamento de Laboratorio Clínico, Ministerio de Salud Pública del Ecuador.

²Laboratorio de Microbiología, Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Nacional de Chimborazo.

*Autor para correspondencia: vazquezjcristian@hotmail.com

Manuscrito recibido el 09 de mayo de 2021. Aceptado, tras revisión, el 10 de diciembre de 2021.

Resumen

La transmisión bacteriana al ser humano puede vehiculizarse por el agua y ocasionar enfermedades entéricas, por lo que el objetivo de la presente investigación es evaluar la efectividad del uso de diatomeas en la filtración de bacterias hidrotransmisibles. El estudio fue realizado en la Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador, desde octubre de 2019 a marzo de 2020, combinando técnicas de cultivo en agar sangre y agar MacConkey; cuantificación de colonias y filtración frente a tiempo y longitud de filtro. Se utilizaron 120 muestras de diluciones de cepas comerciales de *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* para contaminar el agua de tal forma que se pudiera evidenciar la eficacia de la filtración en diatomeas de distinta procedencia. Los resultados fueron contrastados con los rangos establecidos por la Organización Mundial de la Salud y se realizaron controles positivos y negativos de los medios de cultivo y agua. Las diatomeas de Guayaquil fueron las que indujeron a una mejor filtración del agua frente a las diatomeas de Palmira. Al aplicar el lecho filtrante de 10 cm de diatomeas, se obtuvo un crecimiento de 86 UFC/100ml en 24 horas, mientras que al aumentarse la cantidad del filtro a 20 cm se observó un descenso de la carga bacteriana del agua en 21 UFC/100ml en 10 horas. De acuerdo al rango establecido por la OMS el crecimiento bacteriano disminuyó, lo que indica que los filtros de diatomeas tienen la capacidad de retener bacterias. Por esto, se presume que, al combinarlas con materiales adicionales como carbón activado, su potencial filtrante se incrementaría.

Palabras clave: Diatomeas, filtro, cultivo, lecho filtrante.

Abstract

Bacterial transmission to humans can be carried by water and cause enteric diseases, so the objective of this paper is to evaluate the effectiveness of the use of diatoms in the filtration of waterborne bacteria. The study was carried out

at Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador; from October 2019 to March 2020, combining culture techniques on blood agar and MacConkey agar, colony quantification and filtration versus filter time and length. 120 dilutions samples of commercial strains of *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* were used to contaminate the water in such a way that the efficiency of filtration in diatoms of different origins could be observed. The results were contrasted with the ranges established by the World Health Organization and positive and negative controls were carried out on the culture media and water. The diatoms of Guayaquil were the ones that induced a better filtration of the water compared to the diatoms of Palmira. When applying the filter bed of 10 cm of diatoms, a growth of 86 CFU/100ml was obtained in 24 hours, while when the amount of the filter was increased to 20 cm, a decrease in the bacterial load of the water was observed by 21 CFU/100ml in 10 hours. According to the range established by the WHO, bacterial growth decreased, which indicates that diatom filters have the ability to retain bacteria. For this reason, it is presumed that, when combined with additional materials such as activated carbon, their filtering potential would increase.

Keywords: Diatoms, filter, culture, filter bed.

Forma sugerida de citar: Vázquez, C., Moreno Salazar, B. y Cadena Samaniego, D. (2022). Efectividad del uso de diatomeas en la filtración de bacterias de transmisión hídrica. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*. [Acceso Temprano] <http://doi.org/10.17163/lgr.n36.2022.07>.

IDs Orcid:

Cristian Joao Vázquez: <http://orcid.org/0000-0001-6827-599X>

Betzy Juliette Moreno: <http://orcid.org/0000-0002-0046-4206>

Denisse Iveth Cadena: <http://orcid.org/0000-0002-9672-4550>

1 Introducción

Alrededor del mundo se han documentado diversos brotes microbianos de origen hídrico, debido a diferentes factores como la contaminación fecal de este recurso, por el que son perfectamente vehiculizados hasta encontrar un hospedero (Araujo y col., 1997; Rodríguez Miranda, García-Ubaque y García-Ubaque, 2016). Ejemplos de ello se pueden evidenciar incluso en países industrializados como Estados Unidos, en donde han existido diferentes casos (Rodríguez Gutiérrez, Guzmán Osorio y Verjan García, 2015; Lösch y Merino, 2016; Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades, 2020; OMS, 2020) de brotes bacterianos de *Escherichia coli*, *Campylobacter jejuni* y *Legionella* spp., según lo publicado por la revista Química Viva (Córdoba, Del Coco y Basualdo, 2010). Sin embargo, el brote microbiano de origen hídrico de mayor significancia ocurrió en Milwaukee, Estados Unidos, donde el coccidio *Cryptosporidium parvum* infectó alrededor de 403 000 personas, de entre las cuales causó serias complicaciones a pacientes inmunocomprometidos (Arora y Arora, 2009; Del Coco, Córdoba y Basualdo, 2009).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), al menos 2 000 millones de personas a nivel mundial se abastecen de agua potable que está contaminada por heces, otros 159 millones dependen de aguas superficiales que tienen una gran probabilidad de estar contaminadas. Además, se indica que el agua contaminada transmite enfermedades como diarrea (Godoy y col., 2011; Cabezas Sánchez, 2018), cólera (González, Casanova y Pérez, 2011; Zelada-Valdés, Ledón-Pérez y Fando-Calzada, 2015), disentería (González-Ramírez y col., 2020), fiebre tifoidea (Peranovich, 2019) y poliomielitis (Cué Bruguera, 2000), provocando más de 502 000 muertes por diarrea al año (OMS, 2019).

Estas infecciones suelen ocurrir debido a que las bacterias pueden usar el agua como vehículo hasta llegar a un hospedero nuevo (Ferrari y Torres, 1998; Rodríguez y col., 2015; Hernández y col., 2017; Palomino-Camargo y col., 2018), además de que estos microorganismos pueden mantenerse íntegros y sobrevivir durante semanas y meses en el agua (Marin y col., 2020). Factores como instalaciones defectuosas de tuberías, grifos en mal estado, reparaciones sin las medidas de seguridad necesas-

rias, contenedores en malas condiciones o con malos cuidados higiénico-sanitarios y falta del debido mantenimiento de estas instalaciones, son motivos potenciales por los cuales el agua potable de consumo humano puede contaminarse (Duran y Torres, 2006), predisponiendo al ingreso y multiplicación de microorganismos, llegando a ocasionar patologías variadas en la persona que lo consume (Grupo de Tratamiento de Aguas Residuales Universidad de Sevilla, 2020).

En Ecuador, en un estudio realizado por Palacios (2013), en el que se analizó la condición del agua de consumo humano en una región de Cotopaxi se observó que la contaminación por coliformes fecales alcanzaba una prevalencia del 35%, lo que representa un importante problema de salud pública, siendo así un foco de transmisión de infecciones para las personas que dispongan de estas fuentes de agua.

Así también, en varias zonas de la provincia de Chimborazo se han realizado varios estudios que han demostrado la contaminación hídrica de aguas tanto de riego agrario como de consumo humano. Además, se evidenció que las comunidades rurales de la región son las más afectadas debido a la ausencia de abastecimiento de agua de calidad, ya que se disponen de agua directamente de tuberías sin el previo tratamiento correspondiente (Lara y Martínez, 2019; Tipán y Martínez, 2019). Las bacterias encuentran en el agua un medio propicio para su proliferación y transporte, siendo así movilizadas de un punto geográfico a otro, suponiendo riesgo de contaminación a todo ser vivo que se vea involucrado en este ciclo.

Teniendo en cuenta que es posible eliminar la mayoría de microorganismos presentes en el agua potable mediante el uso de filtros de diferentes materiales (Chulluncuy, 2011; OMS, 2012; Ríos-Tobón, Agudelo-Cadavid y Gutiérrez-Builes, 2017), se espera que su aplicación reduzca considerablemente la carga bacteriana de este recurso, gracias a la acción de retención tanto de impurezas como de microorganismos que se encuentren en ella. Esta agua post filtración tiene que presentar una carga bacteriana baja o nula (según el rango de la OMS) para considerarse como consumible por el ser humano. La disminución de bacterias en el agua evidencia la efectividad de los filtros. Sin embargo, al requerirse

de varios materiales para la elaboración de filtros comerciales, se ha magnificado la investigación sobre materiales económicos y fáciles de encontrar para darles uso en la fabricación de filtros y por ende poder obtener agua potable de manera eficiente y a un bajo costo (Leal, 2014). En consideración a esto, varios autores han considerado el estudio de la acción de varios materiales que funcionen como lechos filtrantes, ya sea arena (Gil, Khan y Hernández, 2002; Blacio y Palacios, 2011), carbón (Silupú y col., 2017; Marín Velásquez, Heredia-Jiménez y Alcarraz-Curi, 2019), diatomeas (Valencia, 2014), etc., y que, además de eso, sean de alta efectividad y de costo reducido.

El objetivo de este trabajo es verificar las bacterias de transmisión hídrica después de la utilización de lechos filtrantes con diatomeas procedentes de la región costera de Guayaquil y de la región andina de Palmira, ubicadas en el Ecuador, con la finalidad de comparar y demostrar la capacidad de filtración y purificación del agua frente a bacterias que puedan ser vehiculizadas en ella.

2 Materiales y Métodos

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo, de cohorte transversal, con un nivel exploratorio-descriptivo y un diseño experimental. La población considerada para el estudio se constituyó por las bacterias que se encontraban en las aguas analizadas en diferentes intervalos, en base a los rangos de riesgo de contaminación establecidos por la OMS (OMS, 2006), lo cual se realizó con el rango de riesgo intermedio. La muestra se determinó en base a la relación entre la altura del lecho filtrante (centímetros) y el tiempo de filtración del agua (horas).

Se incluyeron los datos pertenecientes al control positivo del agua, así como control positivo del filtro y los resultados realizados por triplicado que tuvieron una aproximación entre sí, excluyendo aquellos datos cuyos controles denotaban contaminación, especialmente el control negativo del agua y control negativo del filtro. El estudio no requirió de un permiso de bioética por no tratarse de una investigación humana.

Debido al diseño de tipo experimental de la in-

vestigación, se probó gradualmente los filtros con diatomeas (*Bacillariophyceae sensu lato*) de diferente origen geográfico (diatomeas comerciales de procedencia de Guayaquil y Palmira), contra bacterias de diferente tamaño, *Escherichia coli* (ATCC 25922) y *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) de cultivos comerciales, bacterias de amplia distribución hídrica (Robert Pullés, 2014), y se evaluaron posterior a la filtración en medios de cultivo bacteriológico; Agar Tripton Soja (TSA) como medio de enriquecimiento y medios específicos (agar sangre de carnero 5%) y diferenciales (agar MacConkey). Los medios de cultivo se prepararon de acuerdo a las especificaciones indicadas por la casa comercial HIMEDIA®. Se comprobó que los filtros no tuviesen contaminantes que pudieran alterar los resultados.

Para contaminar el agua, se realizaron diluciones 1/10 hasta obtener la dilución de rango intermedio de contaminación deseado, dilución 10^{-11} para *S. aureus*, mientras que para *E. coli* la dilución que le correspondió fue 10^{-13} , a lo cual se añadieron 9 ml de solución fisiológica estéril y 1 ml de caldo en el que se encontraba la bacteria contaminante.

Una vez obtenidas las diluciones de agua contaminada con bacterias a una concentración conocida, se procedió a usar las diatomeas en los filtros. Se utilizaron dos ensamblajes, la primera con diatomeas de Guayaquil y la segunda con diatomeas de Palmira. La cantidad de diatomeas utilizadas como lecho filtrante fue de 10 cm, 15 cm y 20 cm para cada procedencia respectivamente; mientras que en ambos casos los intervalos de tiempo de filtración fueron de 30 minutos, 3 horas, 10 horas y 24 horas. En cada tiempo establecido se realizó el cultivo para la verificación de la carga bacteriana.

Para la elaboración del filtro se utilizó un soporte de vidrio (Figura 1) en el cual se introdujeron las diatomeas por separado según su procedencia y altura del filtro (10 cm, 15 cm, y 20 cm). Los bordes fueron cubiertos con malla metálica y su base fijada a un grifo para controlar la filtración realizada. En el otro extremo del filtro, se dispuso un bidón el cual contenía el agua contaminada para ser filtrada, misma que desembocó en un matraz estéril en el que se recolectaba el material filtrado para su posterior cultivo y cuantificación bacteriana.

3 Resultados

De las 120 muestras analizadas, se pudo comprobar que la diferencia es mínima entre las dos clases de diatomeas. Sin embargo, los filtros elabora-

dos con diatomeas de procedencia de Guayaquil demostraron tener una mayor capacidad filtrante frente a aquellas diatomeas de Palmira. Obsérvese en la Tabla 1 que se utilizaron 2 filtros, siendo el filtro 1 de Guayaquil y el filtro 2 de Palmira.



Figura 1. Las diatomeas se colocaron en un soporte de vidrio el cual, a su vez, se conectaba a un grifo en un extremo, y a un bidón al otro.

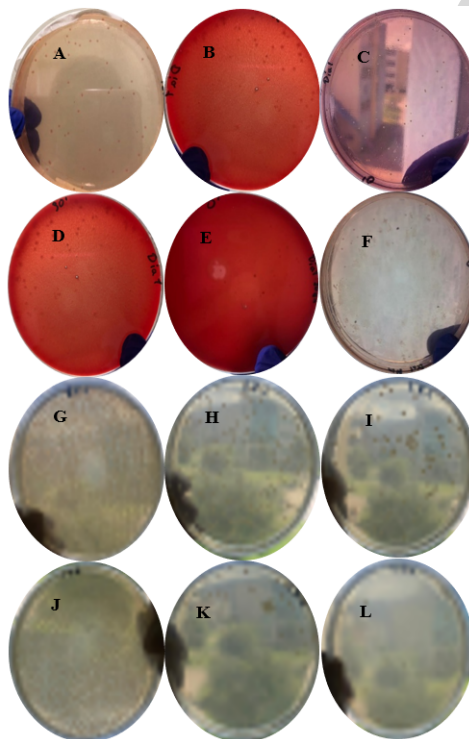


Figura 2. Al usar el filtro 2 (Palmira) de 10 cm, **A)** el crecimiento fue de 95 UFC/100ml con respecto a *E. coli*, en un período de 30 minutos (filtración escasa). **B)** se puede evidenciar el crecimiento de *S. aureus*, 74 UFC/100ml a las 3 horas. Al usar el filtro 2 de 15 cm, **C)** el crecimiento de *E. coli* fue de 74 UFC/100ml en 0 horas. **D)** crecimiento de *S. aureus* fue de 108 UFC/100ml a los 30 minutos. El uso del filtro 2 con 20 cm de longitud, arrojó los siguientes resultados: **E)** crecimiento de *S. aureus* de 24 UFC/100ml a las 0 horas. **F)** crecimiento de *E. coli*, 125 UFC/100ml a las 0 horas. **G, H, I)** se observa el patrón de diluciones consecutivas para *E. coli* hasta alcanzar una dilución de 10^{-13} . **J, K, L)** diluciones consecutivas de *S. aureus* hasta obtener una concentración de 10^{-11} .

En cuanto al filtro 1, el uso de 10 cm de diatomeas tiene una filtración mínima dando un crecimiento de 86 UFC/100ml a las 10 horas de espera mientras que al utilizar una distancia de diatomea de 15 y 20 cm se obtuvo un crecimiento de 77 UFC/100ml a las 3 horas y 80 UFC/100ml a las 24 horas de espera, respectivamente en referencia a la cepa de *S. aureus*. Con respecto a la cepa de *E. coli*, al usar 10 cm de diatomea se obtuvo un crecimiento de 88 UFC/100ml a los 30 minutos de espera mientras que al usar 15 cm de diatomea se obtuvo un crecimiento de 53 UFC/100ml a las 3 horas y 21 UFC/100ml a las 10 horas con 20 cm de diatomeas.

En cuanto al filtro 2 (Palmira) el uso de 10 cm de diatomeas tiene una filtración mínima dando un crecimiento de 92 UFC/100ml a las 10 horas de espera, mientras que al utilizar una distancia de diatomea de 15 y 20 cm se obtuvo un crecimiento de 94 UFC/100ml a las 3 horas y 65 UFC/100ml a las 24 horas de espera respecto a la cepa de *S. aureus*. En cuanto a *E. coli*, al usar 10 cm de diatomea se obtuvo un crecimiento de 95 UFC/100ml a los 30 minutos de espera mientras que al usar 15 cm de diatomea se obtuvo un crecimiento de 96 UFC/100ml a las 3 horas y 65 UFC/100ml a las 10 horas al usar 20 cm de diatomeas.

La Tabla 2 refleja los resultados de la filtración del agua con utilización de diatomeas de Guayaquil como lecho filtrante. Se puede notar que el

crecimiento varía a diferente medida de la diatomea. Al usar 10 cm de diatomeas el crecimiento fue de 94 UFC/100ml a los 30 minutos, mientras que ese crecimiento disminuyó a las 10 horas con 86 UFC/100ml y a las 24 horas hubo un crecimiento de 99 UFC/100ml. Con 15 cm de diatomeas el crecimiento fue similar, siendo 80 UFC/100ml a los 30 minutos, 77 UFC/100ml a las 3 horas y llegando a reducir el crecimiento a las 24 horas con 27 UFC/100ml. Por otra parte, con 20 cm de diatomeas se pudo tener un crecimiento de cifras menores, siendo 49 UFC/100ml a los 30 minutos, 21 UFC/100ml a las 10 horas y 37 UFC/100ml a las 24 horas.

La Tabla 3 muestra los resultados de la filtración del agua con utilización de diatomeas de Palmira como lecho filtrante. Al usar 10 cm de diatomeas el crecimiento fue de 95 UFC/100ml a los 30 minutos mientras que ese crecimiento se redujo a las 10 horas con 85 UFC/100ml y a las 24 horas hubo un crecimiento de 87 UFC/100ml. Con 15 cm de diatomeas el crecimiento fue de 88 UFC/100ml a los 30 minutos, 96 UFC/100ml a las 3 horas y llegando a disminuir el crecimiento a las 24 horas con 85 UFC/100ml. Por otra parte, con 20 cm de diatomeas se pudo tener un crecimiento de cifras menores, siendo 32 UFC/100ml a los 30 minutos, 59 UFC/100ml a las 10 horas y 53 UFC/100ml a las 24 horas.

Tabla 1. Comparación entre los filtros de diatomeas de Guayaquil y Palmira

Medida del lecho filtrante		0 horas		30 minutos		3 horas		10 horas		24 horas		Pm
		UFC/100ml										
		S. <i>aureus</i>	E. <i>coli</i>	S. <i>aureus</i>	E. <i>coli</i>	S. <i>aureus</i>	E. <i>coli</i>	S. <i>aureus</i>	E. <i>coli</i>	S. <i>aureus</i>	E. <i>coli</i>	
Filtro 1	10 cm	15	24	94	88	49	57	86	80	84	99	67,6
Filtro 2		65	82	95	95	74	40	92	85	65	87	78,0
Filtro 1	15 cm	77	82	80	90	77	53	27	44	27	40	59,7
Filtro 2		80	74	88	92	94	96	67	71	85	89	83,6
Filtro 1	20 cm	85	54	58	49	99	43	74	21	80	37	60,0
Filtro 2		24	86	32	81	83	96	59	61	65	83	67,0

UFC/100ml: unidades formadoras de colonias presentes en 100 mililitros de solución. **Pm:** promedio de crecimiento por filtro y medida. **Filtro 1:** Procedencia de Guayaquil. **Filtro 2:** Procedencia de Palmira.

Tabla 2. Filtración del agua con lecho filtrante, diatomeas de Guayaquil

FILTRO 1	0 horas		30 minutos		3 horas		10 horas		24 horas	
	UFC/100ml									
	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>
10 cm	15	24	94	88	49	57	86	80	84	99
15 cm	77	82	80	90	77	53	27	44	27	40
20 cm	85	54	58	49	99	43	74	21	80	37

UFC/100ml: unidades formadoras de colonias presentes en 100 mililitros de solución.

Tabla 3. Filtración del agua con lecho filtrante, diatomeas de Palmira

FILTRO 2	0 horas		30 minutos		3 horas		10 horas		24 horas	
	UFC/100ml									
	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>
10 cm	65	82	95	95	74	40	92	85	65	87
15 cm	80	74	88	92	94	96	67	71	85	89
20 cm	24	86	32	81	83	96	59	61	65	83

UFC/100ml: unidades formadoras de colonias presentes en 100 mililitros de solución.

4 Discusión

Los filtros tienen la función de reducir la contaminación presente en el agua, ya sean estos contaminantes elementos macroscópicos o microorganismos como las bacterias (Apella y Araujo, 2000). Los materiales que han sido de gran uso en las industrias para su elaboración han ido variando conforme surgen nuevas técnicas e investigaciones que favorecen la purificación del agua con mayor efectividad, como el polvo, carbón, entre otros. Debido a esto, en los últimos años se ha observado el incremento en la utilización de diatomeas para múltiples propósitos relacionados a la filtración del agua (Colín-García y col., 2013). En una investigación realizada por Valencia (2014), se menciona que las diatomeas tienen una amplia gama de utilidades, de entre las cuales el autor comprueba su validez para la filtración de agua de mar y eliminación de la carga salina. Es por ello que se considera que según se vaya avanzando e innovando el conocimiento con respecto a filtración por diatomeas, se aproveche su capacidad purificadora al momento de crear filtros de agua que faciliten la retención de contaminantes como polvo y, en el mejor de los casos, reducir la presencia de bacterias y parásitos.

Las diatomeas poseen múltiples utilidades al momento de innovar e investigar. Colín-García

y col. (2013), mencionan la utilidad de las diatomeas como fuente de sílice (SiO_2) mismo que tiene muchas aplicaciones tecnológicas como son “la liberación de fármacos, las células fotovoltaicas y materiales cerámicos de alto rendimiento”. De la misma manera, Nájera-Arce y col. (2018), hace referencia a la actividad antimicrobiana de las diatomeas, de tal forma que los extractos obtenidos de las especies pertenecientes a la clase Bacillariophyceae s.l., tienen cualidades bactericidas frente a Enterobacterias comunes como *E. coli*, *S. aureus*, *Pseudomona. sp*, entre otras; por lo tanto, la aplicación de diatomeas a la filtración de agua de consumo humano permite una acción tanto filtrante como antimicrobiana.

Al totalizar los resultados y contrastar las diatomeas de las regiones de Guayaquil y Palmira, se pudo evidenciar que los resultados obtenidos por filtración con las diatomeas de Guayaquil presentaron una mayor capacidad filtrante (en promedio 77.03 UFC/100ml) a diferencia de las diatomeas de Palmira (en promedio de 114.7 UFC/100ml) tanto en la cepa de *S. aureus* como en *E. coli*. La efectividad de filtración y retención de bacterias aumentó conforme se incrementó la cantidad de diatomeas utilizadas en el lecho filtrante, siendo mayor la purificación al utilizar una longitud de 20 centímetros de diatomeas, seguido de la cantidad de 15 centímetros y finalmente con la menor capacidad filtrante

al usar 10 centímetros de diatomeas.

Estos resultados difieren de los obtenidos por Caballero y Zuni (2017), quienes, en su investigación sobre la efectividad de filtros de agua con utilización de diatomeas y quitosano, tuvieron efectividad con el manejo de diatomeas de una región andina ubicada a aproximadamente 3000 msnm. Mediante el filtro que elaboraron en su investigación, se pudo reducir la carga bacteriana de una cepa de *E. coli* de 48 a 5 UFC/100ml mientras que en el estudio presente se logró una considerable mejoría en la filtración mediante el uso de diatomeas de la región costera (baja altitud geográfica), llegando a reducir la presencia de la cepa utilizada de 100 UFC/100ml a 77.03 UFC/100ml. Los datos obtenidos reflejan que las diatomeas por sí solas tienen la capacidad de retener bacterias y disminuir la carga bacteriana presente en el agua contaminada (Caballero y Zuni, 2017). De acuerdo al estudio realizado por Pereira y col. (2017), el carbón activado obtenido de las cáscaras de arroz actúa satisfactoriamente en la purificación del agua. Sin embargo, no se garantiza la eliminación de microorganismos presentes en ella. Por eso, se cree necesario el estudio de la combinación de diatomeas con carbón activado en el mismo filtro con la finalidad de evaluar el comportamiento de estos dos.

Pérez-Vidal y col. (2016), menciona que el uso de filtros comerciales cuya composición es mejor y más compleja, tienen una mayor efectividad en cuanto a la filtración del agua. Esto se debe a que los diferentes materiales dispuestos a lo largo del lecho filtrante cumplen con un porcentaje de la filtración del agua, por lo que, si se añadiese una capa de diatomeas, la filtración bacteriana se aumentaría y se obtendría un resultado más favorable (Calizaya-Anco, Avendaño-Cáceres y Delgado-Vargas, 2013).

5 Conclusiones

Al comparar las tierras de diatomea como lechos filtrantes tanto de Guayaquil como de Palmira se puede comprobar que la tierra de diatomea de Guayaquil es la que arrojó mejores datos.

Se utiliza *S. aureus* para obtener las concentraciones variadas para contaminar el agua y pasarla por el filtro para verificar el lecho filtrante. Hay un

crecimiento no menos de 15 UFC/100ml a la hora 0 en el filtro 1 con 10 cm de tierra de diatomea de Guayaquil.

Se realiza la contaminación de agua con bacilos *E. coli* para obtener las concentraciones variadas para contaminar el agua y pasarla por el filtro y verificar el lecho filtrante. Hay un crecimiento no menos de 21 UFC/100ml a las 10 horas en el filtro 1 con 20 cm de tierra de diatomea de Guayaquil.

El tiempo de filtración no es de gran influencia en la purificación del agua debido a que aún con la variación de tiempo, la contaminación seguía siendo la misma.

Referencias

- Apella, M. y P. Araujo (2000). *Microbiología del agua. Conceptos básicos*. Tucumán.
- Araujo, R. y col. (1997). «Phages of enteric bacteria in fresh water with different levels of faecal pollution». En: *Journal of Applied Microbiology* 82.3, 281-286. Online: <https://bit.ly/3DJ9QPe>.
- Arora, D. y B. Arora (2009). «AIDS-associated parasitic diarrhoea». En: *Indian Journal of Medical Microbiology* 27.3, 185-190. Online: <https://bit.ly/3x7Somd>.
- Blacio, D. y J. Palacios (2011). «Filtros biológicos para la potabilización del agua, posibilidades de uso de FLA (filtros lentos de arena) con agua superficial de nuestra región». Universidad de Cuenca. Online: <https://bit.ly/3vHDmRZ>.
- Caballero, P. y D. Zuni (2017). «Elaboración de filtros de diatomita activada con adición de quitosano para la descontaminación de las aguas del río Chili a nivel de laboratorio». Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Online: <https://bit.ly/3EEUtrJ>.
- Cabezas Sánchez, C. (2018). «Infectious diseases related to water in Perú». En: *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública* 35.2, 309-316. Online: <https://bit.ly/37zDaLZ>.
- Calizaya-Anco, J., M. Avendaño-Cáceres e I. Delgado-Vargas (2013). «Evaluación de la calidad del agua fluvial con diatomeas (Bacillariophyceae), una experiencia en Tacna, Perú». En: *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública* 30.1, 58-63. Online: <https://bit.ly/3uciL8H>.

- Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (2020). *La E. coli y la seguridad de los alimentos*. Online: <https://bit.ly/3uaO5of>.
- Chulluncuy, N. (2011). «Tratamiento de agua para consumo humano». En: *Ingeniería industrial* 29, 153-170. Online: <https://bit.ly/3Ozctbp>.
- Colín-García, M. y col. (2013). «Sílice de las Algas Diatomeas (Clase Bacillariophyceae) como material complejo y su importancia nanotecnológica». En: *La Granja* 17.1, 5-15. Online: <https://bit.ly/3LJlts9>.
- Córdoba, M., V. Del Coco y J. Basualdo (2010). «Agua y salud humana». En: *Química viva* 9.3, 105-119. Online: <https://bit.ly/3y5LZsv>.
- Cué Brugueras, M. (2000). «Erradicación de la poliomiélitis». En: *Revista Cubana de Farmacia* 34.3, págs. 221-224.
- Del Coco, V., M. Córdoba y J. Basualdo (2009). «Criptosporidiosis: una zoonosis emergente». En: *Revista Argentina de Microbiología* 41.3, 185-196. Online: <https://bit.ly/37kluD9>.
- Duran, J. y A. Torres (2006). «Los problemas del abastecimiento de agua potable en una ciudad media». En: *Espiral, Estudios sobre Estado y Sociedad* 12.36, 129-162. Online: <https://n9.cl/odats>.
- Ferrari, C. y E. Torres (1998). «Contaminación de los alimentos por virus: un problema de salud pública poco comprendido». En: *Revista Panamericana de Salud Pública* 3.6, 359-366. Online: <https://bit.ly/3ucqCDo>.
- Gil, J., L. Khan y A. Hernández (2002). «Arenas de río procesadas como filtros de riegos localizados». En: *Agronomía Tropical* 52.4. Online: <https://bit.ly/38mibwE>.
- Godoy, P. y col. (2011). «Brote de gastroenteritis por el consumo de agua de suministro público causado por *Shigella sonnei*». En: *Gaceta Sanitaria* 25.5, 363-367. Online: <https://bit.ly/370tbzp>.
- González-Ramírez L. and Falconí-Ontaneda, F. y col. (2020). «Dispersión hídrica de enteroparásitos en una zona agropecuaria de gran altitud, en Los Andes Ecuatorianos». En: *Kasmera* 48.2, Online: <https://n9.cl/9tz2d>.
- González, L., M. Casanova y J. Pérez (2011). «Cólera: historia y actualidad». En: *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río* 15.4, 280-294. Online: <https://bit.ly/3r2hhvV>.
- Grupo de Tratamiento de Aguas Residuales Universidad de Sevilla (2020). *Bacterias*. Online: <https://bit.ly/3xejacV>.
- Hernández, S. y col. (2017). «Bacterias enteropatógenas asociadas a enfermedad diarreica aguda en niños». En: *Acta Médica del Centro* 11.2, 28-34. Online: <https://bit.ly/3udDOHU>.
- Lara, I. y E. Martínez (2019). «Identificación de bacterias de importancia clínica en productos agrícolas de la cuenca del Río Guamote». Universidad Nacional de Chimborazo. Online: <https://bit.ly/3OBuy8E>.
- Leal, M. (2014). *Tecnologías convencionales de tratamiento de agua y sus limitaciones*.
- Lösch, L. y L. Merino (2016). «Presencia de *Legionella* spp. en depósitos domiciliarios de agua potable en Resistencia, Chaco, Argentina». En: *Revista Argentina de Microbiología* 48.4, 329-332. Online: <https://bit.ly/3r6riIe>.
- Marín Velásquez, T., V. Heredia-Jiménez y M. Alcarraz-Curi (2019). «Filtro de cascarilla de *Ricinus communis* y carbón vegetal para tratamiento de agua contaminada con hidrocarburos: diseño de un sistema en serie por etapas». En: *Ingeniería del agua* 23.3, 187-198. Online: <https://bit.ly/38qQm6p>.
- Marin, M. y col. (2020). «Caracterización de agentes bacterianos aislados en brotes de enfermedades transmitidas por alimentos». En: *Medisan* 24.2, 235-251. Online: <https://bit.ly/37JD5G1>.
- Nájera-Arce, C. y col. (2018). «Actividad antibacteriana de diatomeas marinas aisladas de Acapulco, Guerrero, México». En: *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 53.2, 195-207. Online: <https://bit.ly/3r9i3Hz>.
- OMS (2006). *Guías para la calidad del agua potable*. Organización Mundial de la Salud.
- (2012). *Evaluación de métodos para el tratamiento doméstico del agua*. Organización Mundial de la Salud. Online: <https://bit.ly/3v9MDD4>.
- (2019). *Agua, datos y cifras*. Organización Mundial de la Salud. Online: <https://bit.ly/3uYCVT1>.
- (2020). *Campylobacter*. Organización Mundial de la Salud. Online: <https://bit.ly/3j9deJM>.
- Palacios, C. (2013). «Distribución de coliformes fecales en el área marina de la costa ecuatoriana en las provincias de Esmeraldas y Manabí, 2008-2013». En: *Acta Oceanográfica del Pacífico* 18.1, 59-64. Online: <https://bit.ly/3NSsbxZ>.
- Palomino-Camargo, C. y col. (2018). «Delphi methodology in food safety management and food-borne disease prevention». En: *Revista Peruana*

- de Medicina Experimental y Salud Pública 35.3, 483-490. Online: <https://bit.ly/3v3a6F3>.
- Peranovich, A. (2019). «Waterborne diseases in Argentina and Brazil at the beginning of the 21st century». En: *Saúde e Sociedade* 28.2, 297-309. Online: <https://bit.ly/3NVGpy3>.
- Pereira, F. y col. (2017). «Purificación de agua mediante carbón activo proveniente de la cáscara de arroz». En: vol. 1. 1. Universidad Técnica de Machala, 767-777. Online: <https://bit.ly/3K0ivyg>.
- Pérez-Vidal, Andrea y col. (2016). «Evaluación del tratamiento de agua para consumo humano mediante filtros Lifestraw® y Olla Cerámica». En: *Revista de Salud Pública* 18.2, 275-289. Online: <https://n9.cl/8ktu0n>.
- Ríos-Tobón, S., R. Agudelo-Cadavid y L. Gutiérrez-Builes (2017). «Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano». En: *Revista Facultad Nacional de Salud Pública* 35.2, 236-247. Online: <https://n9.cl/t9rx1>.
- Robert Pullés, M. (2014). «Microorganismos indicadores de la calidad del agua potable en Cuba». En: *Revista CENIC Ciencias Biológicas* 45.1, 25-36. Online: <https://bit.ly/3jcqvBi>.
- Rodríguez Gutiérrez, V., L. Guzmán Osorio y N. Verjan García (2015). «Campylobacter spp. in poultry products and its impact in public health». En: *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia* 10.2, 203-213. Online: <https://bit.ly/3LCoo66>.
- Rodríguez Miranda, J., C. García-Ubaque y J. García-Ubaque (2016). «Enfermedades transmitidas por el agua y saneamiento básico en Colombia». En: *Revista de Salud Pública* 18.5, 738-745. Online: <https://bit.ly/3r782un>.
- Rodríguez, H. y col. (2015). «Las enfermedades transmitidas por alimentos, un problema sanitario que hereda e incrementa el nuevo milenio». En: *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria* 16.8, 1-27. Online: <https://n9.cl/ng3zc>.
- Silupú, C. y col. (2017). «Caracterización de filtros comerciales para agua a base de carbón activado para el tratamiento de agua del río Tumbes-Perú». En: *Revista Colombiana de Química* 46.3, 37-45. Online: <https://n9.cl/pzbcv>.
- Tipán, I. y Martínez (2019). «Detección de bacterias de importancia clínica en el agua del río Guamoto, 2019». Universidad Nacional de Chimborazo. Online: <https://bit.ly/3k8bO2U>.
- Valencia, L. (2014). «Utilización de diatomitas para desalinizar aguas de mar». Universidad Nacional de San Agustín. Online: <https://bit.ly/393cFzm>.
- Zelada-Valdés, A., T. Ledón-Pérez y R Fando-Calzada (2015). «El cólera: una enfermedad infecciosa reemergente. El candidato vacunal cv 638, una herramienta para su prevención». En: *Revista CENIC. Ciencias Biológicas* 46.2, 131-143. Online: <https://bit.ly/3E0Cs6Z>.