

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“EFICIENCIA DE TRES FILTROS CERÁMICOS EN EL CONTROL DE LOS PRINCIPALES PATÓGENOS ACUÁTICOS EN EL AGUA DE CONSUMO HUMANO”

Tesis para optar el título profesional de

Ingeniera Ambiental

Autora:

Luz Merly Huaman Milian

Asesor:

Dra. Irma GERALDA Horna Hernández

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico en primer lugar a Dios, quien es el que guía cada uno de mis pasos. En segundo lugar, a mis queridos padres, Berardo y Marta, quienes en todo momento me han brindado su apoyo para seguir adelante y cumplir con mis objetivos. En tercer lugar, a mis hermanos: Leonor, Marcelino y Segundo; y finalmente a mi gran tesoro, mi hija Valentina.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi Dios, por la vida, la salud y por iluminar siempre mi camino. Asimismo, a mis padres y hermanos, por estar siempre pendientes de mí, por sus consejos para ir por el camino del bien,

y sobre todo por brindarme ese apoyo moral en los momentos difíciles de mi vida.

De igual forma, agradezco a cada uno de los docentes que me enseñaron y dotaron de conocimiento durante toda la carrera de Ingeniería Ambiental. Finalmente, agradezco a cada uno de mis compañeros y amigos con quienes compartí gratos momentos de aprendizaje en la Universidad, ¡Muchas gracias a todos!

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	9
1.1. Realidad problemática.....	9
1.2. Formulación del Problema	37
1.3. Objetivos	37
1.4. Hipótesis.....	38
CAPÍTULO II. MÉTODO.....	39
2.1. Tipo de Investigación.....	39
2.2. Población y muestra.....	39
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	41
2.4. Procedimiento	42
2.5. Aspectos Éticos.....	45
CAPÍTULO III. RESULTADOS	46
3.1. Componentes de los filtros y tamaños de sus poros cerámicos	46
3.2. Eficiencia de los filtros cerámicos: olla, vela y disco, en el control de los principales patógenos presentes en el agua de consumo humano.	48
3.3. Tipos de filtros y marcas existentes en el mercado	57
3.4. Comparación de la remoción de contaminantes microbiológicos de los 3 tipos de filtros con la Normativa Nacional Peruana e Internacionales: Europea y de la OMS	58
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	60
4.1. Discusión	60
4.2. Conclusiones.....	70
REFERENCIAS	72
ANEXOS	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Principales Patógenos Acuáticos en agua de consumo</i>	15
Tabla 2 <i>Muestra considerada para la investigación</i>	40
Tabla 3 <i>Componentes y tamaños de los poros de los filtros cerámicos</i>	46
Tabla 4 <i>Tipos y marcas de los filtros cerámicos</i>	57
Tabla 5 <i>Comparación del porcentaje de remoción de microorganismos con la normativa peruana</i>	58
Tabla 6 <i>Porcentaje de retención de la bacteria Escherichia coli con la normativa peruana e internacionales de la UE y OMS</i>	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Tamaños mínimo y máximo de los virus patógenos.....</i>	18
Figura 2 <i>Tamaño máximo de los virus</i>	19
Figura 3 <i>Tamaño promedio de las bacterias patógenas</i>	23
Figura 4 <i>Longitud de las bacterias</i>	24
Figura 5 <i>Tamaños de quistes y ooquistes de protozoos.....</i>	27
Figura 6 <i>Tamaño mínimo de quistes y ooquistes protozoos</i>	28
Figura 7 <i>Longitud del quiste protozoo Giardia lamblia.....</i>	28
Figura 8 <i>Tamaño de los huevos de helmintos patógenos</i>	31
Figura 9 <i>Longitud de los huevos de helmintos</i>	32
Figura 10 <i>Tamaño mínimo del huevo de helminto Taenia solium</i>	32
Figura 11 <i>Procedimiento para la obtención de las publicaciones incluidas en el presente estudio.....</i>	43
Figura 12 <i>Diagrama de flujo del procedimiento para el análisis de datos.....</i>	44
Figura 13 <i>Tamaños de los poros de los filtros cerámicos</i>	47
Figura 14 <i>Anchura de las bacterias vs tamaño mínimo de poros de los 3 filtros cerámicos</i>	48
Figura 15 <i>Anchura de las bacterias vs tamaño máximo de poros de los 3 filtros cerámicos</i>	49
Figura 16 <i>Longitud de bacterias vs tamaño mínimo de poros de los 3 filtros cerámicos..</i>	50
Figura 17 <i>Longitud de bacterias vs tamaño máximo de poros de los 3 filtros cerámicos .</i>	51
Figura 18 <i>Tamaño de virus vs tamaño mínimo de los poros de los 3 filtros cerámicos</i>	52

Figura 19 *Tamaño mínimo de quistes y ooquistes protozoos vs tamaño máximo de los poros de filtros cerámicos* 53

Figura 20 *Quiste Giardia lamblia vs tamaño máximo de los poros de los filtros cerámicos* 54

Figura 21 *Ancho de los huevos de helmintos vs tamaño máximo de los poros de los filtros* 55

Figura 22 *Taenia solium vs tamaño máximo de los poros de los filtros* 56

RESUMEN

El agua potable es un recurso importante para la vida y salud del ser humano, sin embargo, a pesar del tratamiento que recibe, puede presentar problemas de contaminación microbiológica debido a la deficiencia de seguridad en sus diferentes etapas de potabilización. Esta investigación tuvo por objetivo evaluar la eficiencia de tres filtros cerámicos en el control de los principales patógenos acuáticos en el agua de consumo humano; para lo cual, se consideró como técnica la revisión de literatura, donde a partir de diferentes buscadores académicos se encontró artículos, tesis, reportes, páginas de empresas e informes sobre mencionados filtros, y luego de un minucioso análisis y a través de criterios de inclusión y exclusión se consideró a cuatro marcas de filtros, siendo estos en forma de: olla (Ecofiltro), vela (Doulton y Stéfani) y disco (Terafil). Los resultados mostraron que todos los filtros retienen en un 100% a los quistes protozoos y huevos de helmintos, mientras que para la retención total de bacterias (100%) se tiene a los filtros de vela Doulton y disco Terafil, pero al considerar a los virus, ninguno de ellos logró su eliminación. Finalmente, se concluyó que estos filtros si son eficientes en la retención de bacterias, protozoos y helmintos.

Palabras clave: Filtro cerámico, aserrín, carbón activado, poros, microorganismos

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El recurso hídrico es muy importante para el desarrollo económico y social, pues gracias a este se puede mantener la salud, realizar el cultivo de alimentos, gestionar el medio ambiente, y asimismo crear condiciones de empleo (Banco Mundial, 2017). Sin embargo, a pesar de su importancia, presenta inconvenientes en cuanto a su calidad, ello debido al incremento de contaminantes emergentes y la propagación de especies invasoras (ONU, 2018a como se citó en Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos [WWAP], 2019, p.17).

Aunque existen diversos métodos para mejorar estas condiciones insalubres del agua, tales como la potabilización; es importante señalar que su falta de seguridad en la fuente, tratamiento, almacenamiento o distribución puede conllevar nuevamente a su contaminación microbiológica, y, por ende, generar brotes de diversas enfermedades infecciosas, causadas principalmente por bacterias, virus, protozoos y helmintos presentes en mencionada agua de consumo humano (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2018, p.140).

En el mundo, al menos 2000 millones de personas se abastecen de una fuente de agua potable que está contaminada por heces, lo cual puede provocar enfermedades como la diarrea, el cólera, la fiebre tifoidea, entre otros; e incluso, se estima que anualmente el consumo de esta agua contaminada genera alrededor de 502 000 muertes por diarrea (OMS, 2022).

En América Latina, el acceso a agua potable y saneamiento básico es insuficiente e inadecuado, repercutiendo en impactos negativos en la salud pública, siendo los factores

limitantes: la capacidad financiera limitada de los organismos encargados de proveer estos servicios y la institucionalidad débil del sector (Flores, 2014). En el año 2010, en América Latina y el Caribe se registraron la muerte de aproximadamente 12000 niños menores de 5 años, siendo la causa principal del mismo, las enfermedades diarreicas (Academy of Nutrition and Dietetics, 2022).

En Perú, cerca del 90% de la población cuenta con abastecimiento de agua, sin embargo, el servicio presenta importantes limitaciones, con un suministro intermitente, baja presión y calidad deficiente del agua potable (Casma, 2015). Por ejemplo, en Moquegua, se encontró la presencia de protozoarios y helmintos en sistemas de abastecimiento de agua de consumo humano que sí recibían tratamiento previo, lo cual señala la ineficiencia en el tratamiento de este recurso hídrico (Mamani, 2012, sección de Resumen, párr. 3)

Antecedentes del estudio

Herrera y Silva (2019), en su artículo “Evaluación de la eficiencia de remoción de turbiedad y *Escherichia coli* en tres tasas de filtración del modelo de filtro de olla cerámica Ekofil®” tiene por finalidad determinar la eficacia en la eliminación de *Escherichia coli* y turbidez del agua para destinarse al consumo poblacional, mediante el filtro Ekofil®; para lo cual evaluaron 6 filtros de cerámica de la empresa Replacol del Valle de Cuenca, a tasas de filtración de 1L/h, 2L/h y 3L/h (2 filtros por cada una de estas tasas), evaluando parámetros de pH, sólidos totales, conductividad, turbidez y *Escherichia coli*; ello por el lapso de 4 meses. Como resultados tuvieron que los parámetros de pH, conductividad y sólidos totales fueron similares en el agua filtrada y el agua sin filtrar, es decir los cambios no fueron significativos para estos parámetros; sin embargo, hubo una eliminación de *Escherichia coli* entre 95.33% y 99.16%, y de turbidez entre 96.32% y 96.48%.

Da Costa et al. (2016), en su artículo “Eficacia de las velas filtrantes en la retención de quistes de *Giardia duodenalis* en agua contaminada experimentalmente” tuvo como finalidad evaluar la eficiencia filtros en forma de vela para la retención de quistes *Giardia duodenalis*, así como también identificar la porosidad más pertinente en la eliminación de estos patógenos; para lo cual elaboraron a partir de dos galones cada unidad de filtro, y utilizaron velas de porosidades de 0.5 – 1 μm y 5 – 15 μm con y sin carbón activado, realizándose ensayos por triplicado. Los resultados que obtuvieron los analizaron aplicando análisis de varianza y la prueba de Turkey donde se determinó que los filtros en forma de vela con porosidades de 0.5 – 1 μm con y sin carbón activado retienen el 100% del quiste *Giardia duodenalis*, mientras que los filtros que tuvieron tamaño de poro entre 5 – 15 μm , considerando los que tuvieron carbón activado removieron el 100% de este patógeno y los que por el contrario no contaban con este insumo tuvieron una retención promedio de 98.9%.

Pérez et al. (2014), en su proyecto “Estudio comparativo de dos sistemas de filtración casera para el tratamiento de agua para consumo humano” tiene como propósito evaluar dos sistemas de filtración casera: un filtro de 1 vela y otro de 2 velas cerámicas recubiertas en su interior con plata coloidal y carbón activado (ambos filtros de la marca Stéfani), por el lapso de tiempo de 6 meses. Para lo cual, evaluaron la eficiencia en la reducción de la turbidez y remoción de *Escherichia coli* utilizando un sustrato sintético cuya turbidez promedio fue de 32.7 ± 2.81 UNT y 3.9×10^5 UFC/100ml de *E. coli*. Se obtuvieron como resultados un 99% de reducción de turbidez (0.28UNT) y entre el 99.999 y 100% en la remoción de la bacteria *Escherichia coli* en ambos sistemas, no encontrándose diferencias significativas en términos de calidad del efluente alcanzado, evidenciándose de esta manera que independientemente de la cantidad de velas cerámicas utilizadas se van a alcanzar eficiencias semejantes.

Huang et al. (2018), en su artículo “Rendimiento del filtro de disco cerámico recubierto con nanopartículas de ZnO para eliminar *Escherichia coli* del agua en pequeñas comunidades rurales y remotas de regiones en desarrollo” tuvo como objetivo estudiar el uso de un filtro cerámico en forma de disco recubierto con nanopartículas de ZnO para tratar agua; donde se obtuvo como resultados que, el factor más importante en la remoción de la bacteria *Escherichia coli* fue el tamaño de poro, mientras que el contenido de arcilla influyó en el caudal de mencionados filtros modificados; por otro lado, es importante mencionar que el recubrimiento del filtro con nanopartículas de ZnO generó un cambio en la superficie y porosidad del disco, es decir el tamaño de los poros se redujo de 6.40 μm (sin nanopartículas de ZnO) a 6.07 μm (con nanopartículas de ZnO). Finalmente, concluyen que la reducción de esta bacteria se le puede atribuir tanto a la retención del filtro, que si bien es cierto el diámetro de los poros superaba el tamaño promedio de la bacteria *Escherichia coli*, existían en el filtro canales interseccionales estrechos que contribuyeron en la eliminación del mismo; así como también, a la actividad antibacteriana fotocatalítica de las nanopartículas de ZnO.

Talavera et al. (2018), en su artículo “Aplicación del nanocomposito arcilla – carboximetilquitosano - nanopartículas de plata en filtros para el tratamiento de aguas de consumo de zonas rurales de Camaná, Arequipa” tuvo como objetivo evaluar filtros cerámicos en forma de recipiente mediante la aplicación de nanopartículas de plata; para lo cual en su elaboración utilizaron arcilla y aserrín en una proporción de 2:1, donde se señala que este último le brindó la porosidad al filtro, siendo el diámetro de los poros de 0.3 - 0.6 μm el cual fue determinado por microscopía electrónica de barrido (SEM), posterior a ello se les impregnaron las nanopartículas de plata por el lapso de 12 horas. Tomaron muestras de agua de cuatro puntos: Huacapuy, La Punta, Plaza de Quilca, Caleta de Quilca y evaluaron

a los filtros donde se encontró la remoción de conductividad hasta en un 84.03%, sulfatos 85.42% y cloruros 93.93%; mientras que los coliformes fecales y totales fueron removidos en un 100% en dos de las muestras de agua, mencionando que los otros puntos de muestreo (Huacapuy y Caleta del Quilca), no se encontraron mencionados patógenos, por lo cual se indica que dichos filtros son eficientes en la remoción total de bacterias.

Cochachin (2018) en su tesis “Eficiencia del filtro a base de arcilla y plata coloidal en la potabilización de agua, medidas por pruebas fisicoquímicas y microbiológicas en el río Casca del distrito de independencia-Huaraz-Áncash” tiene como objetivo, realizar el tratamiento del agua del río Casca en cuanto a sus parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, ello con ensayos de filtración a través de los filtros de arcilla combinados con aserrín y plata coloidal en forma de olla. Los filtros elaborados fueron 4, de los cuales 1 fue de arcilla y aserrín, mientras que a los otros 3 filtros se les añadió plata coloidal en las concentraciones de 10, 20 y 30 ppm. Como resultados, determinaron que hay variación en la remoción de turbidez, y comprobaron la acción bactericida de la plata coloidal impregnadas en los filtros, pues los porcentajes de eliminación de Coliformes totales y fecales variaron entre el 99,09 y 100%; obteniendo en mayor eliminación el filtro de arcilla combinado con aserrín y plata coloidal de 30 ppm; por otro lado, el filtro de arcilla sin plata coloidal eliminó el 96,43% de Coliformes totales y el 96.06% de Coliformes fecales.

Weepiu (2016), en su tesis “Evaluación de los filtros cerámicos para mejorar la calidad del agua para consumo humano en el sector San Mateo, Moyobamba, 2015”, tiene por objetivo evaluar estos filtros a fin de purificar el agua para consumo humano; para lo cual elaboró filtros en forma de disco y de recipiente, los cuales estaban compuestos de arcilla y aserrín. Los filtros en forma de disco fueron colocados en contenedores cilíndricos

para poder ser utilizados. Luego de ello, se realizaron dos pruebas de filtración; en el primero, con el filtro conformado por el disco y el recipiente que lo contiene; y el segundo, con el mismo filtro (disco y recipiente que lo contiene), pero adicionado carbón activado de cáscara de coco. Como conclusión, tuvieron que los filtros al cual se les añadió carbón activado redujo los parámetros en mayor proporción que los filtros sin este componente; sin embargo, su eficiencia en la eliminación de Coliformes no fue suficiente (52.50% de Coliformes fecales y 48.33% de Coliformes totales); por lo cual señala que es necesario el uso de un desinfectante para completar la remoción de estas bacterias.

Marco Teórico

Agua

El agua es uno de los recursos naturales que forma parte de los ecosistemas naturales, siendo esencial para el sostenimiento y reproducción de la vida en la Tierra (Paredes, 2013). Este es un material flexible y es considerado un excelente disolvente, reactivo adecuado para diversos procesos del metabolismo y contribuyendo además a regular el clima mundial y modelado del paisaje a través de su paso por el mismo (Fernández, 2012, p. 148). Su calidad está definida de acuerdo a sus propiedades físicas, químicas, microbiológicas y organolépticas, las cuales lo derivan a un determinado uso de acuerdo a una normativa (Lozano, 2013, sección 4 de Calidad del agua).

Agua Potable

Se considera agua potable, cuando reúne las características organolépticas de: incolora, inodora e insípida, conteniendo una adecuada proporción de elementos y sales minerales, pero sin contener sustancias dañinas al organismo humano; por lo cual, la misma

debe ser salubre y limpia. Considerando, además, que las infraestructuras de sus sistemas de abastecimiento deben ser las adecuadas para evitar su contaminación, teniendo una vigilancia continua que permita detectar a tiempo alteraciones en su calidad (Varó y Segura, 2009, p.118).

Patógenos microbiológicos

Los patógenos son agentes infecciosos capaces de generar enfermedades a su huésped. Esta palabra se emplea comúnmente para describir microorganismos tales como los virus, bacterias, hongos, entre otros; los cuales son capaces de alterar la fisiología normal de la flora, fauna y el mismo ser humano (European Society of Neurogastroenterology & Motility, s.f.).

Tabla 1

Principales Patógenos Acuáticos en agua de consumo

Principales Patógenos Acuáticos			
Bacterias	Virus	Protozoos	Helmintos
<i>Escherichia coli</i>	<i>Hepatitis A</i>	<i>Giardia Lambia (quiste)</i>	<i>Ascaris lumbricoides (huevos)</i>
<i>Campylobacter jejuni</i>	<i>Hepatitis E</i>	<i>Entamoeba histolytica (quiste)</i>	<i>Trichuris trichiura (huevos)</i>
<i>Shigella</i>	<i>Enterovirus</i>	<i>Cryptosporidium (ooquiste)</i>	<i>Taenia solium (huevos)</i>
<i>Salmonella</i>	<i>Adenovirus</i>	<i>Blastocystis hominis (quiste)</i>	<i>Fasciola hepática (huevos)</i>
<i>Legionella pneumophila</i>	<i>Reovirus</i>	<i>Entamoeba coli (quiste)</i>	
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Rotavirus</i>	<i>Endolimax nana (quiste)</i>	

Nota: En la tabla 1, se evidencia los principales patógenos presentes en el agua de consumo, información que fue obtenida de diferentes fuentes bibliográficas, siendo (Aconsa, 2020) el autor para la mención de bacterias, (Espigares 2006, pp. 173- 179) para el caso de los virus,

(Gallego et al., 2014) para los protozoos y (Mamani, 2012, p. 126; Gallego et al., 2012, p. 87) para los helmintos.

Virus

Son los microorganismos patógenos más pequeños, que cuentan con un tipo de ácido nucleico, ya sea ADN o ARN, pero nunca ambos (De la Rosa et al., 2011, p.4). Se reproducen dentro de las células de los organismos que parasitan, por lo cual son considerados parásitos intracelulares obligados. Entre las enfermedades que causa se tiene a la gripe, hepatitis, SIDA, etc (Cabaleiro, 2010, sección 10 de Contaminantes biológicos).

Los virus al presentar tamaños tan diminutos sólo pueden ser visualizados a través de los microscopios electrónicos, los cuales no funcionan con luz visible capaz de proporcionar la gama cromática que nuestros ojos entienden por colores, sino que presenta imágenes en escalas de grises; de allí, recalcar que si en diferentes fuentes se evidencia a los virus con colores es para facilitar la apreciación de sus componentes, para diferenciarlos del medio donde se encuentran o resaltar sus estructuras (Flores, 2020).

Adenovirus

Este virus pertenece a la familia Adenoviridae, y cuenta con un ADN lineal de cadena doble, sin envoltura. Tiene una estructura icosaédrica, es decir, cápside de 20 caras triangulares y 12 fibras ubicadas en los vértices de los pentones (Cónsole, 2021, pp. 28-29). Estos virus son fuente importante de la gastroenteritis infantil y además de problemas en el aparato respiratorio (OMS, 2018, p. 301).

Rotavirus

Este virus tiene ARN cadena doble, segmentado y se encuentra contenido en una cápside icosaédrica sin envoltura de 50 a 65nm de diámetro rodeada por una capa doble la cual le brinda el aspecto de rueda. Existen 8 grupos: A, B, C, D, E, F, G y H, siendo el de clase A el más común y causante de más del 90% de infecciones en humanos y animales. Este virus es el causal más común de gastroenteritis en niños y generador de aproximadamente el 70% de casos de diarrea infecciosa (Cónsole 2021, p. 39; OMS, 2018, p. 311).

Virus de la Hepatitis A

Pertenece a la familia Picornaviridae y se encuentra conformado por ARN positivo, además de poseer estructura esférica icosaédrica y proteínas cápside VP. Este virus es uno de los principales causales de ictericia a nivel mundial, estimándose alrededor de 1.4 millones de casos al año en el mundo (Cónsole 2021, pp. 44-45).

Virus de la Hepatitis E

Pertenece a la familia Calciviridae y está formado por el ARN positivo, cadena simple, el cual se encuentra en una cápside icosaédrica sin envoltura. La forma de infección es por agua contaminada, la cual causa una hepatitis similar en diversos aspectos al VHA (virus de la hepatitis A) y presentando ictericia, fatiga, náuseas, entre otros (Cónsole 2021, pp. 52-54).

Enterovirus

Posee ARN monocatenario positivo, simetría icosaédrica, sin envoltura y 4 polipéptidos (Cónsole 2021, p. 104). Las enfermedades causadas por este virus, van desde

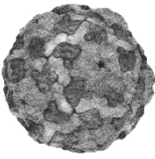
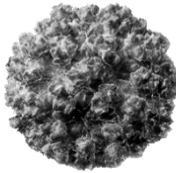
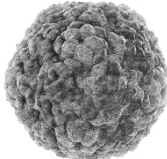

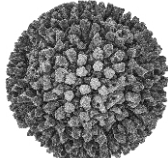
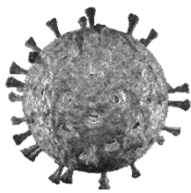
una afección leve hasta miocarditis, meningoencefalitis, poliomiелitis, herpangina, exantema vírico de manos, pies y boca e insuficiencia multiorgánica neonatal (OMS, 2018, p. 306).

Reovirus

Son virus que poseen ARN bicatenario, siendo sus hábitats el aparato respiratorio y digestivo (entérico). Actualmente existen 3 serotipos que son causantes de infecciones en el tracto respiratorio e intestinal (Tortora et al., 2007, p. 408).

Figura 1

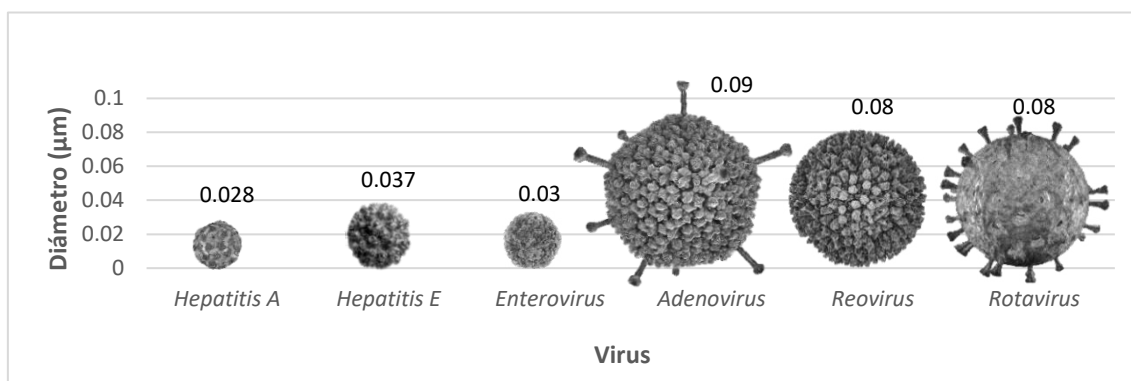
Tamaños mínimo y máximo de los virus patógenos

<i>Hepatitis A</i>	<i>Hepatitis E</i>	<i>Enterovirus</i>
 <p>†25 a 28 nm†</p>	 <p>†27 a 37 nm†</p>	 <p>†22 a 30 nm†</p>
<i>Adenovirus</i>	<i>Reovirus</i>	<i>Rotavirus</i>
 <p>†70 a 90 nm†</p>	 <p>†60 a 80 nm†</p>	 <p>†60 a 80 nm†</p>

Nota: Datos obtenidos de diversas fuentes bibliográficas, siendo: (Figuroa, 1996, párr. 11, 15) autor del dato de tamaño de los virus hepatitis A y E, (Cónsole, 2021, págs. 28, 38) de los virus Adenovirus y Rotavirus, (Ryan y Ray, 2017, p. 1) del virus Enterovirus y (Carroll et al., 2022, p. 2) del virus Reovirus.

Figura 2

Tamaño máximo de los virus



Nota: Imágenes obtenidas y adaptadas de la página “Dreamstime” – banco de imágenes libres de derechos de autor. <https://es.dreamstime.com/>

Bacterias

Son más grandes y complejas que los virus y poseen ambos tipos de ácidos nucleicos (ADN y ARN), pudiéndose observar por el microscopio óptico (De la Rosa et al., 2011, p. 4). Estos organismos unicelulares procariotas, presentan una estructura celular simple y no tienen membrana nuclear, pudiendo crecer sin la ayuda de otro organismo superior, por lo cual son consideradas de vida libre (Negroni, 2009, p. 11).

Estos microorganismos conviven habitualmente con el ser humano, siendo en muchas ocasiones parte de nuestra flora habitual sin generar peligro a la salud, pero en otras circunstancias pueden ser patógenas, generando infecciones cutáneas, abdominales, óseas,

entre otras. Existen diversas formas de clasificarlas, siendo una de ellas la presencia de pared celular, para lo cual se utiliza el método de tinción Gram.

Esta tinción se realiza sobre las bacterias para que sean mejor observadas bajo el microscopio y según la distribución del peptidoglicano de la pared celular que las envuelve, se tiñen de una forma u otra, encontrándose que las bacterias que no se tiñen al aplicar el tinte de violeta de genciana son llamadas gram negativas, apareciendo en el microscopio incoloras, mientras que las bacterias que presentan color violeta son clasificadas como gram positivas. Es importante señalar que para distinguir las bacterias gram negativas que aparecerán bajo el microscopio se puede añadir una tinción de safranina o fucsina el cual dará un tono rosado o rojo a estas bacterias en lugar de incoloras (Ormaechea, 2021).

Las bacterias gram negativas son asociadas con aspectos negativos para la salud, ya que dentro de este grupo se encuentran muchas bacterias patógenas perjudiciales para los mismos. Las características que presentan son las siguientes:

- Son microorganismos unicelulares
- Células procariotas
- Carecen de núcleo u otros organelos membranosos internos
- Poseen una membrana plasmática que define la célula y una pared celular que la protege
- Presenta una pared celular más delgada que las bacterias gram positivas (Parada, 2021).

Coliformes totales

Los coliformes totales, también conocido como bacterias coliformes, son un grupo de bacterias gram negativas, aerobias y anaerobias facultativas, no esporulantes, que

fermentan la lactosa con producción de ácido o aldehído, cuando se incuban 48 horas a 35°C (Gallego et al., 2018). Estas bacterias habitan en el intestino del ser humano y animales, asimismo se los puede detectar en el agua o suelo (López y Martín, 2015, p. 60).

Coliformes fecales

Los coliformes fecales, también son conocidas como termotolerantes, debido a que son capaces de soportar temperaturas muy elevadas. Estos son un subgrupo de los coliformes totales; teniendo como principal representante a la bacteria *Escherichia coli*, la cual es de origen fecal, misma que si se encuentra en el recurso hídrico es un indicador de contaminación (López y Martín, 2015, p. 60).

Escherichia coli

Es un bacilo gramnegativo corto, móvil y casi nunca encapsulado que pertenece al grupo de las bacterias coliformes termotolerantes, capaz de formar colonias redondas, convexas y lisas con bordes definidos; pudiendo, además, descomponer diferentes carbohidratos y generando ácido y gas. Se encuentra en elevadas concentraciones en las heces humanas y de animales, en las aguas residuales y en cuerpos de agua expuestos a contaminación de origen fecal. Generalmente, es el causante de entre 8 a 20% de casos de diarrea aguda (Gallego et al., 2018, Capítulo 5 en parámetros microbiológicos; Martínez, 2017, Capítulo 18 en fiebre aguda sin foco infeccioso)

Shigella

Son bacilos gram negativos, delgados, inmóviles, no esporulados y capsulados; capaces de formar colonias redondas, convexas, transparentes y de bordes enteros que

alcanzan diámetros aproximados de 2mm en 24 horas. Generan diarrea por mecanismos invasivos, pero también elaboran citotoxina (Martínez, 2017, Capítulo 18 en fiebre aguda sin foco infeccioso).

Campylobacter jejuni

Son bacilos gram negativos móviles que poseen un flagelo polar, y los cuales son capaces de producir colonias redondas, lisas, convexas y opacas o granulares a la luz transmitida; mayormente crecen a temperaturas de 37°C y pH elevado (Martínez, 2017, Capítulo 18 en fiebre aguda sin foco infeccioso).

Salmonella

Son bacilos gram negativos, aerobios, móviles, no esporulados que no fermentan la lactosa. Existen 1800 serotipos, siendo solo 20 de ellos los que causan infección en el hombre. Mayormente, producen entre 1 y 2% de los casos de diarrea aguda, siendo su mecanismo la invasión (Martínez, 2017). Presentan tamaños de 0.7 a 1.5 μm de ancho por 2 a 5 μm (García y Zamudio, 1998, p. 73).

Legionella

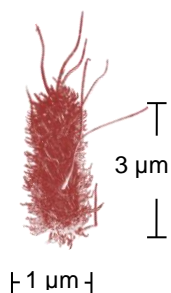
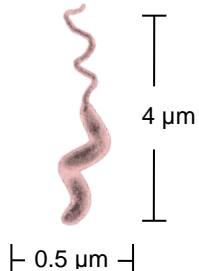
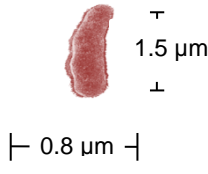

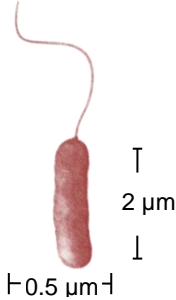

Estas bacterias gram negativas, son bacilos no esporulados que necesitan L. cisteína para su crecimiento y aislamiento primario. Son heterótrofas las cuales pueden estar en diversos medios hídricos y normalmente pueden proliferar a temperaturas mayores a los 25°C. Están formados por alrededor de 50 especies, los cuales son considerados patógenos para el hombre, sin embargo, *Legionella pneumophila* destaca por ser el principal microorganismo patógeno transmitido por el agua (OMS, 2018, p. 284).

Pseudomonas aeruginosa

Es un bacilo gramnegativo aerobio y anaerobio facultativo, que se moviliza por un flagelo polar o por un mechón y que poseen fimbrias y pilis (Romero, 2007, p. 875). Posee un metabolismo que le permite vivir en diversos hábitats tales como el suelo, agua, plantas, alimentos y ambientes hospitalarios; siendo causal de enfermedades en personas inmunocomprometidas o que presenten predisposición a la infección (Castañeda et al., 2005, p. 112).

Figura 3

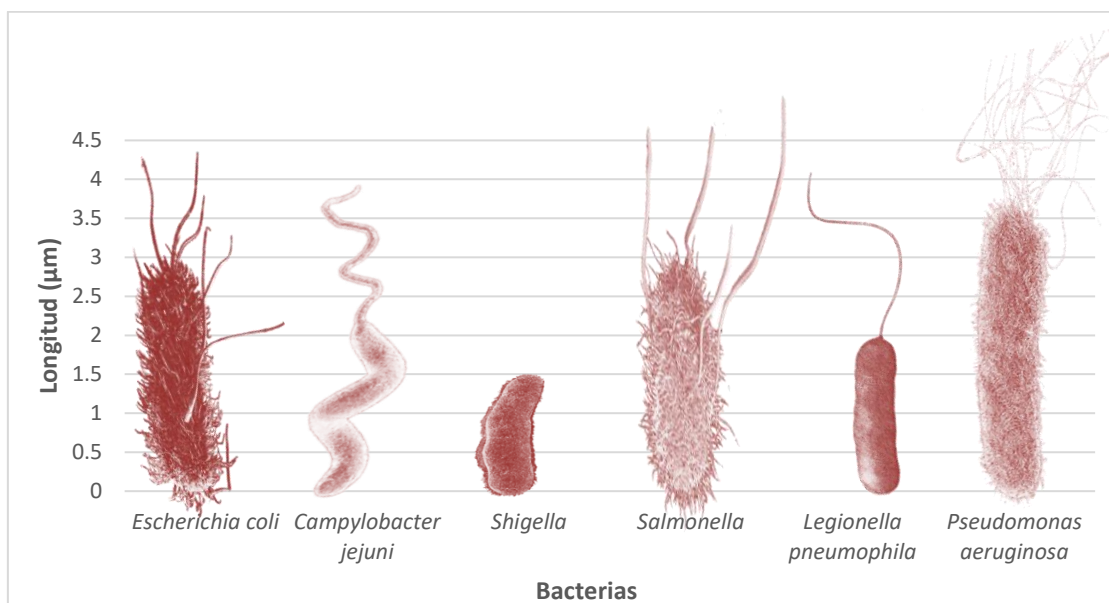
Tamaño promedio de las bacterias patógenas

<i>Escherichia coli</i>	<i>Campilobacter jejuni</i>	<i>Shigella</i>
		
<i>Salmonella</i>	<i>Legionella pneumophila</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
		

Nota: Datos obtenidos de diversas fuentes bibliográficas, en donde: Tortora et al. (2007) es autor del dato de tamaño de la bacteria *Escherichia coli* (p. 388), Molina y García (2019) de la bacteria *Campylobacter jejuni* (p. 1), (Puerta y Mateo, 2005 como se citó en Escobar y Tercero, 2015) de *Shigella* (p. 10), Ibar (2013) de *Salmonella*, Toledano (2013) de *Legionella pneumophila* (p. 34), y Díaz (2016) de *Pseudomonas aeruginosa* (p. 14).

Figura 4

Longitud de las bacterias



Nota: Imágenes obtenidas y adaptadas de la página “Dreamstime” – banco de imágenes libres de derechos de autor. <https://es.dreamstime.com/>

Protozoos

Son microorganismos unicelulares eucariotas, aerobios, móviles o inmóviles con una gran variedad de forma, presentando reproducción asexual o ciclos complejos. Tienen una etapa vegetativa o denominada trofozoíto y una etapa quística, siendo esta última la más resistente. Las características que presentan estos quistes, son los siguientes:

- Tiene un metabolismo disminuido
- Su apariencia es redonda u oval
- Están recubiertas por una gruesa envoltura
- Pueden permanecer fuera del hospedero por mucho tiempo (Negroni, 2009, p. 98).

Los protozoos pueden ser vistos a través del microscópio óptico de forma directa o teñida. Para la forma directa es decir sin teñir se utiliza una solución salina o formol, mientras que para la forma teñida se utiliza lugol o azul de metileno amortiguado, tinción Quensel, formol merthiolate lugol o tinciones temporales; siendo la tinción con lugol la principal para la identificación de los quistes, donde se puede visualizar incluso las estructuras de los mismos (Brooke y Melvin, 2000, págs. 1,3).

Para el caso de los ooquistes *Cryptosporidium* estos tienen la propiedad de ser ácido-alcohol resistentes por lo cual se recomienda para su visualización utilizar el método tinción de Ziehl-Neelsen modificada donde utilizan fucsina fenicada, observándose estos ooquistes de color rojo/fucsia (Enlace Hispano Americano de Salud [EHAS], 2012, pp. 7-8).

Entamoeba histolytica

Este protozoo móvil no flagelado pasa por tres estadíos en su ciclo vital: prequiste, quiste y trofozoíto. Presenta citoplasma granuloso y puede contener eritrocitos. Tiende a tener mejor crecimiento en medios complejos y ricos, en anaerobiosis parcial y a pH neutro, con flora mixta o al menos con una especie coexistente. Se estima entre el 1 y 27% de casos de diarrea a causa de este patógeno, el cual ejerce su mecanismo de acción por lesión de la mucosa intestinal (Martínez, 2017, Capítulo 18 en fiebre aguda sin foco infeccioso).

Cryptosporidium

Los organismos de este género presentan varios estadios en su ciclo de vida, siendo uno de ellos: ooquiste, la cual es una etapa latente capaz de resistir a las condiciones ambientales y donde muestra su capacidad de supervivencia por largos periodos de tiempo en condiciones que le favorezcan. Este protozoo tiende a multiplicarse en el intestino

delgado generando problemas en los procesos de absorción y por ende ocasionando diarrea aguda. Se le atribuye como uno de los patógenos más destacados en la industria del recurso hídrico siendo responsable de numerosos casos de epidemias mundiales (Solararte et al., 2006, p. 75).

Giardia lamblia

Es un protozoo flagelado que tiene dos estadios o formas: trofozoíto y quiste. Siendo su mecanismo patógeno desconocido, aunque se cree que este parásito tiende a adherirse al epitelio mucoso compitiendo en forma nutricional con el huésped y provocando cambios en la mucosa (Martínez, 2017, Capítulo 18 en fiebre aguda sin foco infeccioso).

Blastocystis hominis

Este protozoo tiene varios estadios morfológicos, siendo su forma quística la más infecciosa. Entre los síntomas atribuidos a este patógeno se tienen: heces acuosas o sueltas, diarrea, dolor abdominal, prurito anal, pérdida de peso y exceso de gas; atacando generalmente a los adultos (OMS, 2018, p. 316).

Endolimax nana

Es un protozoo comensal - no patógeno, el cual tiene los estadios de trofozoíto y quiste, y es indicador de contaminación fecal (Ash y Oriol, 2007, p. 57). Tienen importancia al poderse confundir con la *Entamoeba histolytica* en los procedimientos de diagnóstico (Asociación de Médicos de Sanidad Exterior, 2012). Además, es relevante mencionar que, a pesar de ser considerada comensal, se le asocia a ciertos casos de diarrea crónica,

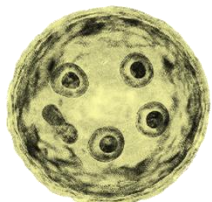
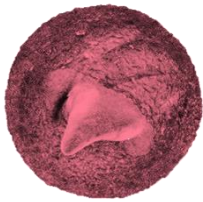
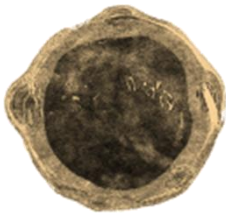
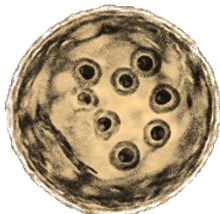

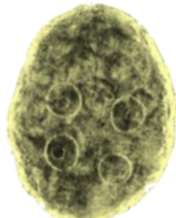
enterocolitis o urticaria, por lo que se discute su función como patógeno (Gómez, 1999 como se citó en Soberanis, 2010, p. 21).

Entamoeba coli

Protozoo no patógeno, que tiene la forma de trofozoíto y quiste, el cual se encuentra en las heces (Ash y Oriol, 2007, p. 45). En general, la presencia de este protozoo no debe ser causal para la búsqueda de tratamiento médico, sin embargo, este es capaz de propiciar la proliferación de otras amebas en el interior del organismo que se encuentre (Murillo et al., 2017, p. 17).

Figura 5

Tamaños de quistes y ooquistes de protozoos

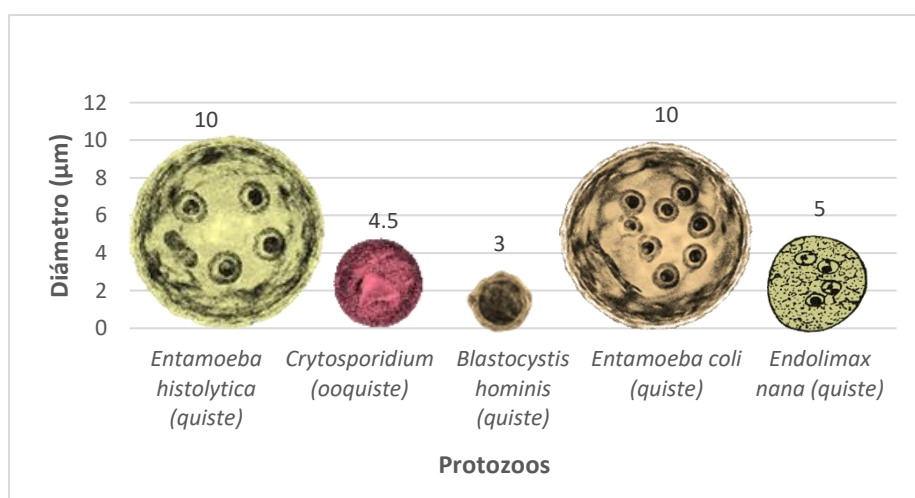
<i>Entamoeba histolytica</i>	<i>Cryptosporidium</i>	<i>Blastocystis hominis</i>
 10 a 16 µm	 4.5 a 5.9 µm	 3 a 5 µm
<i>Entamoeba coli</i>	<i>Endolimax nana</i>	<i>Giardia lamblia</i>
 10 a 35 µm	 5 a 10 µm	 8 µm

Nota: Los datos fueron obtenidos de diferentes fuentes de literatura, siendo: Gómez et al. (2007) autor del dato de tamaño del quiste protozoo *Entamoeba histolytica* (p. 37), Del Coco et al.

(2009) del ooquiste *Cryptosporidium* (p. 187), Muñoz y Frade (2005) del quiste *Blastocystis hominis* (p. 82), y (Ash y Oriol, 2007, págs. 45, 57) de los quistes *Entamoeba coli* y *Endolimax nana*.

Figura 7

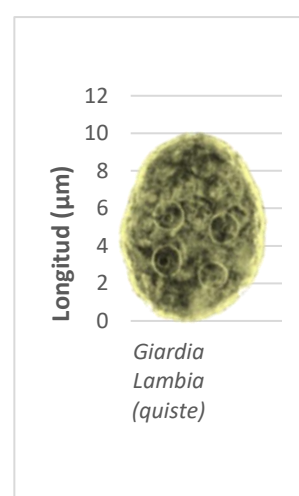
Tamaño mínimo de quistes y ooquistes protozoos



Nota: Imágenes adaptadas de la página “Dreamstime” – banco de imágenes libres de derechos de autor, a excepción del quiste endolimax nana el cual fue obtenido del banco de imágenes “Alamy”. <https://es.dreamstime.com/> & <https://www.alamy.es/>

Figura 6

Longitud del quiste protozoo *Giardia Lambia*



Nota: Imagen adaptada del banco de imágenes “Dreamstime”. <https://es.dreamstime.com/>

Helmintos

La expresión helminto significa “gusano parásito”, siendo un nombre aplicable a organismos invertebrados de vida libre y parásitos. Los gusanos tienen un cuerpo blando sin apéndices, segmentados o no y con simetría bilateral. Estos son de diversos phyla: Platyhelminthes (gusanos aplanados), Nematoda (gusanos redondos), Acanthocephala

(gusano con proboscis provista de espinas y ganchos) Annelida (clase hirudinea) y Pentastómidos (Cruz y Camargo, 2001, p. 116).

La etapa contagiosa de los helmintos son los huevos, los cuales son excretados en las heces y se extienden a las aguas, suelo o alimentos, presentando resistencia a las tensiones ambientales y a la desinfección con cloro ello debido a las capas de vitelina (lipídica), glucógeno que tienen las cuales funcionan como mecanismo de protección (Chandillo y Sánchez, 2020, p. 16). Estos huevos junto con las larvas de helmintos se pueden visualizar mejor en el microscopio óptico, directamente sin teñir (Brooke y Melvin, 2000, p. 5).

Ascaris lumbricoides

Es un nemátodo, el cual en su etapa adulta tiende a vivir en el intestino delgado del hombre, alimentándose sobre todo de alimentos semidigeridos; mientras que los huevos son eliminados con las heces, pudiendo estos sobrevivir en el suelo durante largos periodos de tiempos, hasta que accidentalmente puedan ser digeridos por otro huésped y logren eclosionar en el intestino delgado del mismo. Este helminto ocasiona ascariasis e infecta a más de mil millones de personas a nivel mundial (Tortora et al., 2007, p. 376).

Taenia solium

Es un Platyhelminthe que pertenece a la clase Cestodo; el cual en su etapa adulta vive en el intestino humano, donde tienden a depositar sus huevos, los cuales luego son eliminados con las heces. Cuando los cerdos ingieren estos huevos la larva se enquistada en sus músculos e infectando a las personas cuando consumen esta carne poco cocida, siendo frecuente este ciclo en América Latina, Asia y África (Tortora et al., 2007, p. 374). Los huevos de *Taenia solium* también pueden infectar a los humanos que los ingieran a través de

la vía fecal - oral o mediante la ingesta de alimentos o agua contaminados, lo cual provocará infección tisular con el parásito en estado larval y generando con ello cisticercosis (OMS, 2022).

Trichuris trichiura

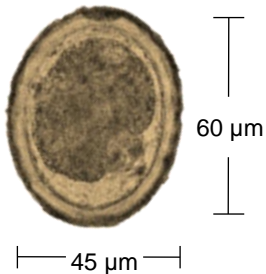
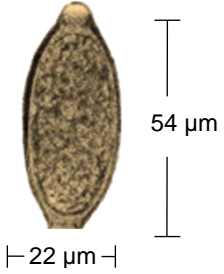


También conocido como tricocefalo, es un nematodo causal de tricocefalosis el cual es una helmintiasis intestinal. Los huevos tienen forma elíptica, presentan color parduzco y tienen una envoltura de doble contorno (Carrada, 2004, pp. 299-300). La transmisión de tricocefalosis se debe a la ingestión de alimentos o agua contaminada con huevos embrionados, alcanzando ese estado luego de dos a cuatro semanas de su eliminación al medio ambiente (geohelmintiasis), estimándose que infecta aproximadamente 477 millones de personas con una alta prevalencia en niños (Echeverría y Zetina, 2021, p. 792).

Fasciola hepática

Es un Tremátodo: Digenea, que presenta una forma característica y de fácil reconocimiento. Su cuerpo plano presenta una forma lanceolada y foliácea en los bordes, que son de color pardo-rojizo más intenso que en el resto del cuerpo, debido a la sangre y a la bilis que allí se acumula. Este helminto causa la enfermedad parasitaria fasciolosis, la cual es una enfermedad relacionada al consumo de agua y vegetales contaminados con el digeneo (Pereira y Pérez, 2004, pp. 116-117; Gonzáles et al., 2013, p. 134).

Figura 8

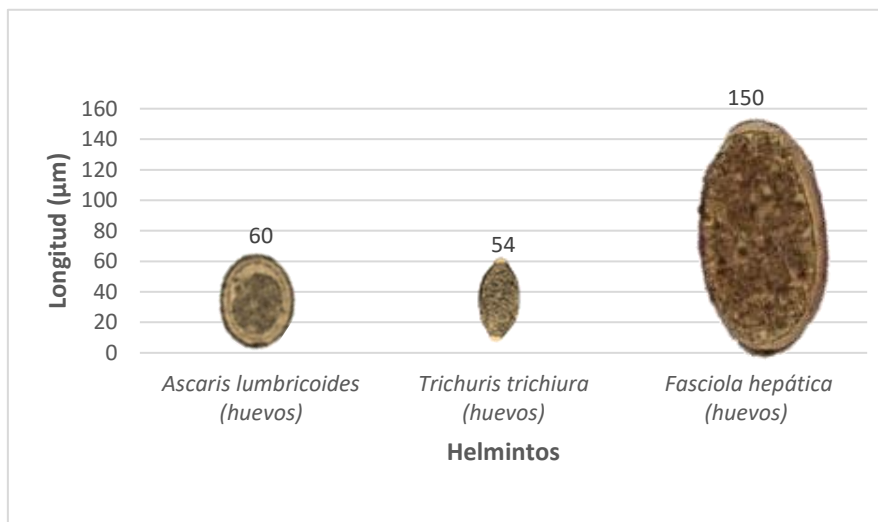
Tamaño de los huevos de helmintos patógenos

<i>Ascaris lumbricoides</i>	<i>Trichuris trichiura</i>
 <p>60 µm 45 µm</p>	 <p>54 µm 22 µm</p>
<i>Fasciola hepática</i>	<i>Taenia solium</i>
 <p>150 63 µm</p>	 <p>31 a 43 µm</p>

Nota: Los datos fueron recopilados de diferentes fuentes bibliográficas, en donde: (Brooke y Melvin, 2000, págs. 13, 16) son autores de los datos de tamaño de los huevos de helmintos de *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura* y *Taenia solium*, mientras que Chávez (2018) es autor del dato de *Fasciola hepática* (p. 2).

Figura 10

Longitud de los huevos de helmintos



Nota: Imágenes adaptadas de la página “Dreamstime” – banco de imágenes libres de derechos de autor. <https://es.dreamstime.com/>

Figura 9

*Tamaño mínimo del huevo de helminto *Taenia solium**



Nota: Imagen adaptada de “Dreamstime”. <https://es.dreamstime.com/>

Filtro en forma de Olla

El ecofiltro fue desarrollado en 1981 por el Dr. Fernando Mazariegos del Instituto Centroamericano de Investigaciones Industriales (ICAITI) en Guatemala, teniendo como finalidad mejorar la calidad bacteriológica del agua y de esta manera fuera más segura para la población; para lo cual consideró que este sea de bajo costo y se pueda elaborar en las propias comunidades (Potters for Peace, 2019).

La unidad de filtración se produce con 3 materiales los cuales son barro, el cual por su naturalidad porosa atrae microorganismos para eliminarlos, aserrín, que al hornearlo a altas temperaturas se convierte en carbón activado eliminando el mal olor, sabor y turbiedad

del agua, finalmente se le adiciona plata coloidal siendo este un bactericida, encargándose de eliminar los virus y purificando el agua (“Ecofiltro: el nuevo purificador de agua”, 2021).

Investigaciones del Índice de Purificación del filtro de olla cerámica:

- ✓ El tamaño de los poros del filtro de olla es de 0.6 - 3.0 μm .
- ✓ La limpieza del filtro sirve para regenerar el índice de purificación, y debe hacerse de forma periódica para aumentar la vida del filtro.
- ✓ La bacteria *Escherichia coli* es removida en varios filtros sin la aplicación de plata coloidal debido a que los poros son tan pequeños que permiten retenerlo. Además, una fracción significativa de coliforme total y fecal también es eliminada sin la plata coloidal. Sin embargo, no hay una eliminación del 100%, por lo cual, la plata coloidal es necesaria para una inactivación total de la bacteria (Lantagne, 2001, p. 50).

El tiempo de vida útil de la unidad filtrante es de 2 años, tiempo del cual debe ser renovada (“Ecofiltro: el nuevo purificador de agua”, 2021).

Filtro en forma de vela

El filtro cerámico en forma de vela fue inventado por Henry Doulton en el año 1826, cuando Londres era abastecida de agua por el río Támesis, en el cual también desembocaban desagües, provocando diversas enfermedades en la población. Fue entonces, que Doulton descubrió que el filtrado del agua a través de una cerámica porosa evitaría contraer el cólera y otras enfermedades transmitidas por el agua.

Está elaborado de materiales como: cerámica, plata coloidal y carbón activado, el cual, en conjunto, es capaz de retener el 99.90% de partículas mayores de 0.5 μm , el 99.9%

de bacterias y quistes, el 96% de cloro, 85% de insecticidas, 85% de herbicidas y el 99.3% de metales pesados (plomo), manteniendo los minerales saludables del agua y mejorando su apariencia, olor y sabor. Presenta una durabilidad aproximada de 1 año (Filtros de Aguas, 2022).

En Brasil, se desarrolló la Vela Stéfani, la cual al igual que los filtros Doulton tienen como componentes: pared cerámica, plata coloidal y carbón activado, mismos que son capaces de retener a partículas contaminantes (cerámica con poros de 0.5 a 1 μm), eliminar sabores y olores desagradables e inactivar el 99% de bacterias (Pure Water, 2019). Se recomienda cambiar luego de 6 meses de uso para garantizar su eficiencia (Cerámica Stéfani S.A., 2017).

Filtro en forma de disco

El filtro en forma de disco fue inventado por S Khuntia del Instituto de Minerales y Tecnología de Materia (IMMT) en Bhubaneshwar, Orissa – India, siendo el Consejo de Investigación Científica e Industrial (CSIR) fundamental en el desarrollo de esta tecnología y siendo denominada como “Terafil”, misma que surgió a partir de que el agua potable insegura representaba un riesgo de enfermedades para más de 800 millones de personas en las zonas rurales de la India, predominando la diarrea en los niños (MyGov, 2017).

Los materiales para su elaboración son: arcilla roja, arena y aserrín sin la adición de productos químicos. El disco se quema a alta temperatura teniendo el cuidado para crear las condiciones ideales de filtrado. Las delgadas paredes de arcilla de 50-100 micrones de espesor separan los poros, pero a la vez estos se conectan entre sí a través de aberturas capilares (poros filtrables) de 0.2 a 0.3 μm . (MyGov, 2017; Puro, 2014).

El mecanismo de filtrado es el siguiente: El agua fluye de un poro a otro a través de las aberturas capilares debido a la presión del agua sobre el disco de Terafil y los poros del interior del disco funcionan como microdepósitos de agua filtrada. Mientras que las impurezas quedan en la parte superior del disco, pues los capilares (poros filtrables) son tan pequeños evitan la entrada de estas impurezas y permiten que solo el agua se filtre. Es así que elimina más del 95% de turbidez, 90% de hierro, 95% de microorganismos, olores extraños y color del agua; además del fluoruro, cromo, níquel, cobalto, plomo y cloruro del agua cruda hasta cierto punto (Khuntia et al., 2002, p. 122; Council of Scientific & Industrial Research [CSIR], 2016).

El agua a filtrar puede tener hasta 100NTU y es importante mencionar que este filtro funciona por gravedad, es decir en la parte superior se coloca el agua a tratar y en el recipiente inferior se recoge el agua limpia a razón de 2L/h, obteniéndose agua de buena calidad la cual cumple con los estándares de BIS y OMS (CSIR, 2017). Adicionalmente, se debe señalar que es necesario limpiar cada cierto tiempo, la parte superior del filtro con un cepillo de nailon, a fin de remover el sedimento y mejorar el caudal. El tiempo de vida útil del filtro es de aproximadamente 5 años (Khuntia et al., 2002, págs. 120, 123).

Arcilla

Las arcillas, son cualquier sedimento o depósito mineral que cuando se mezcla con el agua tiende a ser plástico; generalmente consiste de un material muy fino, formado por partículas muy pequeñas (<4 micras), constituida de silicatos de aluminio hidratados (Angelone, 2020, p.5). Estas son las principales partículas que forman parte de los suelos.

Las propiedades de la arcilla que la hacen un buen material para la elaboración de diversos objetos son: plasticidad (al agregarle agua a la arcilla, este puede adquirir la forma

que uno requiera), porosidad (depende de la consistencia que adopta el objeto cerámico tras la cocción, son más porosas las arcillas cocidas a bajas temperaturas), contracción (una vez elaborado el objeto, se produce una contracción, por ello es importante secar las piezas sobre superficies elásticas, es decir, ceniza, paja, u otros), refractariedad (la arcilla una vez cocida, tiene la capacidad de resistir el aumento de temperatura, sin presentar más variaciones que las de su endurecimiento), color (las arcillas, en su mayoría, presentan un color ocre a rojizo, debido a que, en su pasta, contienen óxido de hierro (Ramos, 2002, p. 257).

Arcilla roja

Es una arcilla que presenta alto contenido de óxido de hierro, que presenta una plasticidad generalmente buena. Su temperatura de endurecimiento se encuentra entre los 800 y 1100 °C dando como resultado un material poroso (Vásquez, 2005, p. 41).

Arena

Es un conjunto de fragmentos sueltos de rocas o minerales cuyo tamaño varía entre 0.063 y 2 milímetros, siendo su componente más común el sílice en forma de cuarzo (Muciño y Santa Ana, 2018, p. 3).

Aserrín

El aserrín de madera, es el conjunto de partículas que se desprenden en el aserrado de la madera (Sánchez, 2018).

Carbón Activado

Es un material carbonoso que presenta una gran porosidad interior, y tiene como característica principal la adsorción de moléculas, es decir, éstas se fijan o adhieren al él, por lo cual es utilizado en diversos procesos de purificación y tratamiento de efluentes, tratamiento de agua potable, industria de refrescos y vinos, entre otros (Bussi et al., 2004, p. 67).

Está compuesta de partículas muy pequeñas de plata (nanopartículas que varían de 0.01 a 0.001 micrómetros) cargadas eléctricamente, las cuales se encuentran en suspensión en agua destilada. Éste es un buen germicida y no es tóxico para las personas, por lo cual se puede utilizar para limpiar verduras, frutas e incluso para el agua (Solano, 2017, sección 19 en la plata coloidal).

El presente estudio es relevante pues se pretende reunir conocimiento científico de un tema poco conocido en nuestro país, el cual es, los filtros de arcilla - cerámica y su eficiencia en la remoción de contaminantes microbiológicos del recurso hídrico. Siendo de vital importancia, informar a la sociedad sobre estos sistemas de tratamiento extras a la potabilización del agua; los cuales son amigables con el medio ambiente, presentan un bajo costo y tienen largos periodos de durabilidad, pudiendo de esta manera ayudar a poblaciones urbanas y rurales que tengan la disposición de mejorar la calidad del agua de consumo que llega a sus viviendas a través de las redes de distribución, y evitándose así, diversas enfermedades gastrointestinales y parasitarias.

1.2. Formulación del Problema

¿Cuál es la eficiencia de tres filtros cerámicos en el control de los principales patógenos acuáticos en el agua de consumo humano?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar la eficiencia de tres filtros cerámicos en el control de los principales patógenos acuáticos en el agua de consumo humano.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Identificar los diferentes tipos y marcas existentes de los filtros cerámicos.
- Reconocer los componentes y tamaños de los poros de los tres tipos de filtros cerámicos en estudio.
- Comparar la remoción de contaminantes microbiológicos de los 3 tipos de filtros con la Normativa Nacional e Internacional Europea y de la OMS.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis General

Los tres tipos de filtros cerámicos tienen una alta eficiencia en el control de los principales patógenos acuáticos en el agua de consumo humano, por ende, logran mejorar su calidad.

1.4.2. Hipótesis Específicas

- A nivel mundial si existen diferentes tipos de filtros cerámicos y también hay una variedad de marcas reconocidas en el mercado.
- Los componentes y tamaños de los poros de los tres tipos de filtros cerámicos varían en función a la institución o empresa que lo elabora.
- Los tres tipos de filtros cerámicos remueven eficazmente los contaminantes microbiológicos cumpliendo de esta manera con la Normativa Nacional e Internacional Europea y de la OMS.

CAPÍTULO II. MÉTODO

2.1. Tipo de Investigación

El presente estudio tiene un diseño Descriptivo - No Experimental. Con respecto a este diseño de investigación Hernández et al. (2014) mencionan que los estudios descriptivos tienen por finalidad especificar las propiedades, características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis; es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren (p. 92). También especifican que una investigación no experimental, se refiere a los “estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos” (Hernández et al., 2014, p. 152).

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

Los estudios obtenidos y a la vez analizados de las bases de datos Scielo, BASE, ScienceDirect, ResearchGate, Google Académico y el mismo Google Chrome, fueron un total de 25, mismos que tenían relación con el tema de los filtros cerámicos y su retención de microorganismos.

2.2.2. Muestra

La muestra fue seleccionada a criterio y decisión del investigador, es decir, se consideró una muestra no probabilística, donde según Hernández et al. (2014) se refiere a un “subgrupo de la población en la que la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de las características de la investigación” (p. 176). Para lo cual, las características o criterios principales buscados en la población, fue que tengan el dato de tamaño de poro del filtro cerámico, así como también que cada publicación en lo posible

presente una forma específica de filtro cerámico, pretendiéndose así encontrar variabilidad en las formas de los mismos y buscando de esta manera responder a los objetivos planteados en la investigación. Por lo cual, se consideró pertinente elegir a 1 reporte el cual representa al filtro en forma de olla siendo éste marca Ecofiltro, también se eligió 3 páginas de empresas que fabrican y/o distribuyen los filtros cerámicos, siendo estos: marca Doulton, Stéfani y Terafil, especificando que las dos primeras marcas tienen forma de vela y la última forma de disco, conformando de esta manera, un total de 4 investigaciones como muestra para el presente estudio.

Tabla 2:

Muestra considerada para la investigación

Fuente de información	Tipo de Filtro	Marca	Autor o empresa	Título
Reporte	Olla	Ecofiltro	Lantagne (2001)	Investigación del filtro de barro impregnado con plata
Página de empresa	Vela	Doulton	Doulton (2021)	Filtro Ultracarb Doulton
Página de empresa		Stéfani	Pure Water (2019)	Filtro Familiar – Velas de Cerámica – Humanitario
Página de empresa	Disco	Terafil	Puro (2014)	SEM picture of Terafil

2.2.3. Materiales

- Laptop hp core i3
- Internet
- Cuaderno de apuntes y lapicero
- Buscadores académicos
- Reportes, páginas de empresas, artículos, tesis, libros
- Programas Word y Excel
- Programa Photoshop 2017

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1. Técnicas de recolección de datos

Para la recolección de información, se consideró como técnica, la revisión de literatura, con respecto a la misma, Hernández, et. al (2014) indican que se basa en detectar, consultar y obtener la bibliografía, útiles para los propósitos del estudio, de los cuales se extrae y recopila información de mayor relevancia para el problema de investigación a estudiar (p. 61).

Entonces, se procedió a buscar bibliografía respecto a los filtros cerámicos en diferentes Bases de Datos, tales como Scielo, BASE, ScienceDirect, ResearchGate, Google Académico y el mismo Google Chrome, considerando en cada una de ellas las siguientes palabras clave: “filtros de cerámica” “filtros cerámicos para mejorar la calidad del agua” “filtros cerámicos para mejorar la calidad microbiológica del agua” “filtros de cerámica para el tratamiento de agua en el hogar”, siendo importante recalcar que mencionadas palabras clave o ecuaciones de búsqueda fueron digitadas con sus respectivas comillas a fin de encontrar las expresiones de forma literal y más precisa, ya que estas bases de datos consultadas no cuentan con conectores booleanos. Mencionándose además que toda esta búsqueda se realizó en los idiomas: español, inglés y portugués.

Una vez obtenidas las publicaciones para analizar en el presente estudio, se procedió a extraer los datos primordiales de los mismos, siendo este el tamaño de los poros de los diferentes filtros cerámicos y plasmándose en fichas de datos (Anexo 3A).

Por otro lado, se buscó información referente a los principales patógenos acuáticos en el agua de consumos humano, utilizando para ello el buscador Google y tomando como referencia los datos de los tamaños que presentan los mismos (Anexos 3B, 3C, 3D y 3E).

2.3.2. Técnicas de análisis de datos

Para el análisis de datos, se utilizó la técnica comparativa, pues con los datos de las fichas de datos (Anexo 3), se buscó comparar el tamaño de los poros de los diferentes filtros cerámicos con el tamaño de cada uno de los patógenos acuáticos encontrados en el agua de consumo humano, para de esta manera, a través de la elaboración e interpretación de gráficos se pueda concluir si estos filtros retienen y por ende controlan o no, a los patógenos del agua de consumo humano.

2.3.3. Instrumentos de análisis de datos

El instrumento utilizado para el análisis de datos fue Microsoft Excel 2016, mismo en el que se elaboró tablas y gráficos a partir de la información de las 4 publicaciones referentes a los filtros cerámicos y de los 22 patógenos considerados a evaluar en el presente estudio, los cuales permitieron el cumplimiento de objetivos planteados inicialmente en la investigación.

2.4. Procedimiento

Figura 11

Procedimiento para la obtención de las publicaciones incluidas en el presente estudio

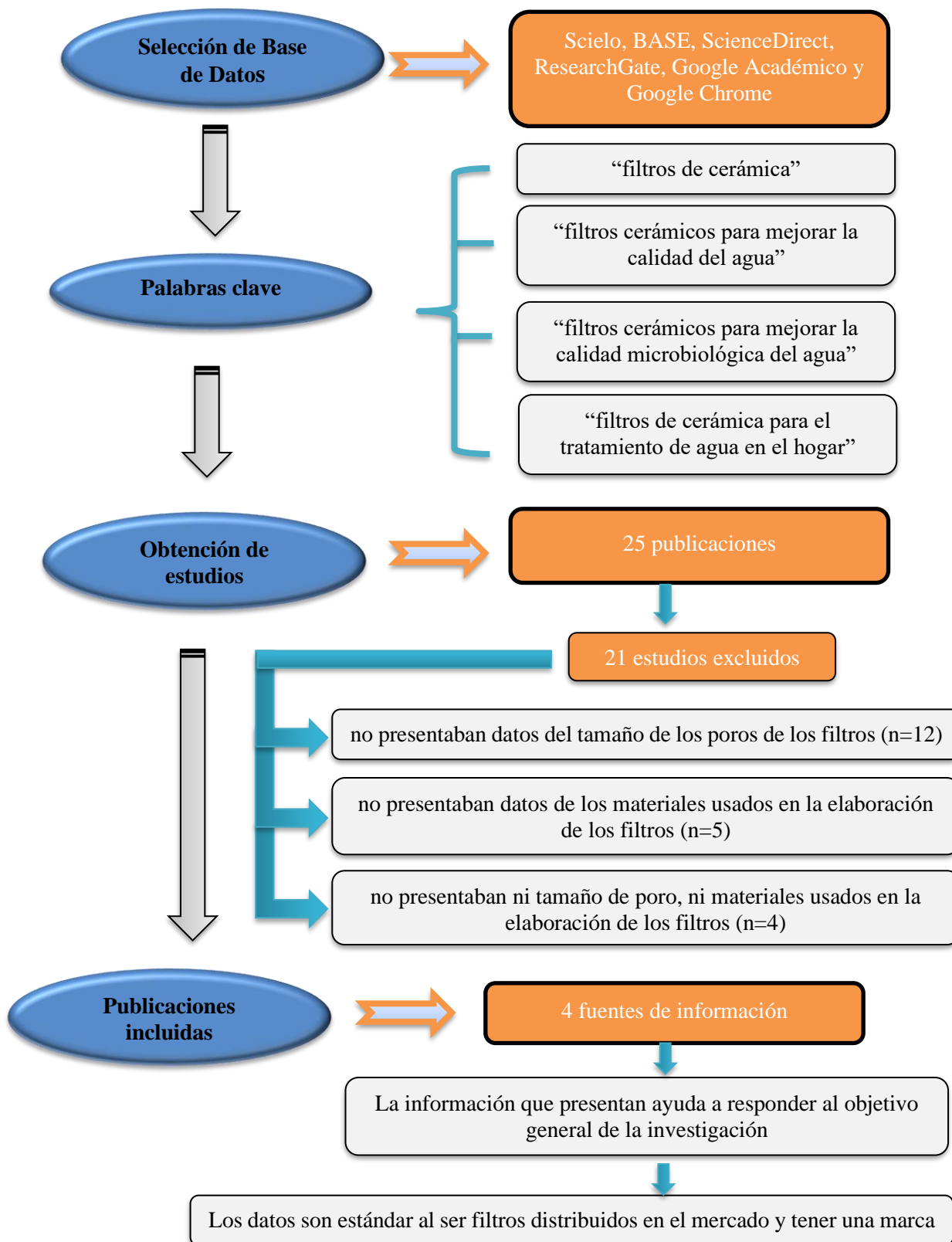
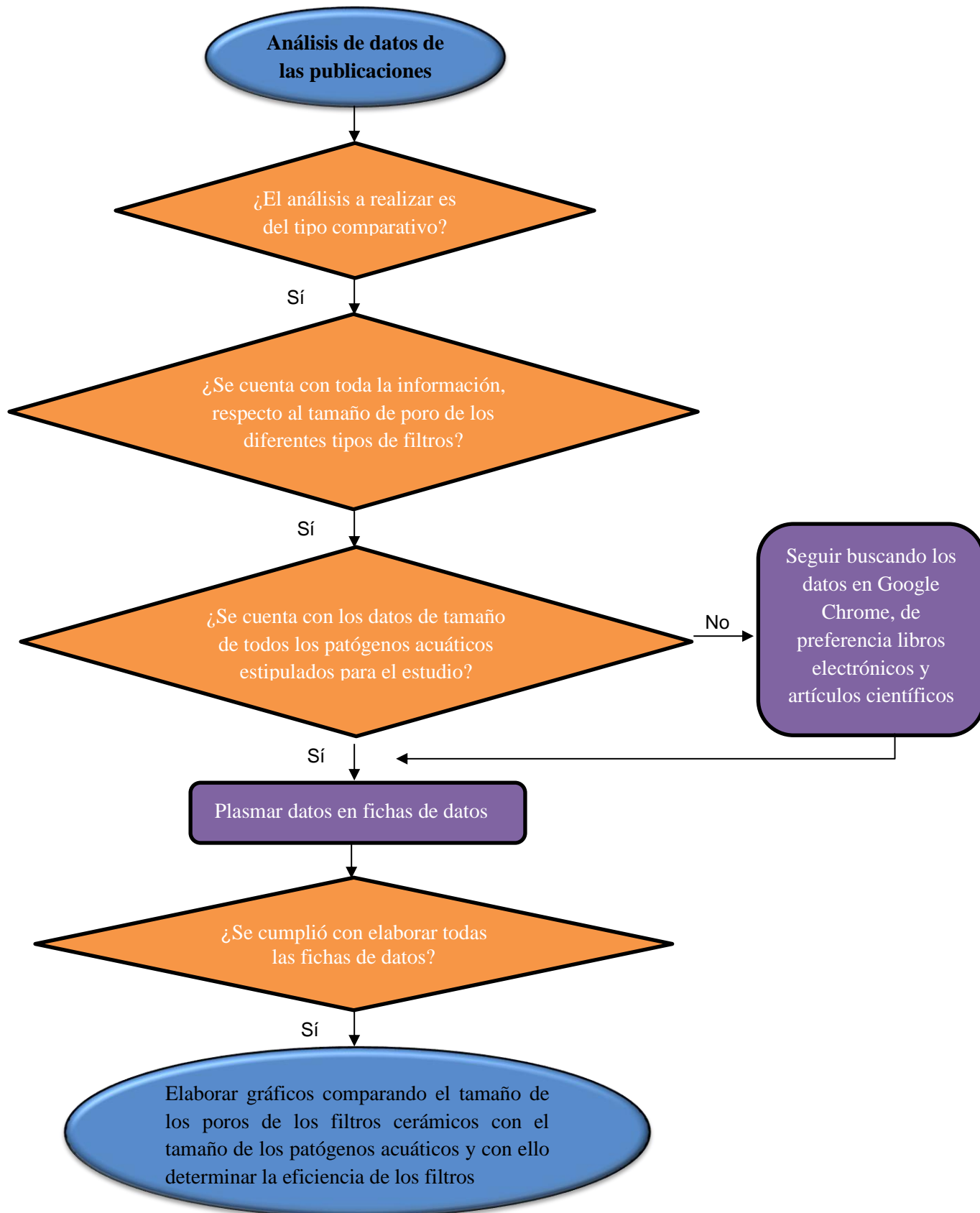


Diagrama de flujo del procedimiento para el análisis de datos



2.5. Aspectos Éticos

Es importante tomar en consideración los principios éticos y morales, pues de esta manera, la investigación se desarrolla de manera correcta y veraz. Por lo cual, entre los criterios éticos considerados para la presente investigación se tiene:

Ética en recolección de información: La recolección de datos se ha realizado de forma transparente, evitando su alteración; así como también, se ha mencionado a cada uno de los autores de los cuales se ha obtenido información para el desarrollo de la presente tesis.

Código de Ética profesional: Este estudio fue desarrollado con el mayor profesionalismo, pues se ha cumplido los valores éticos como el respeto a la información brindada por los diferentes autores, honestidad e imparcialidad en los resultados encontrados en la investigación, y mucho compromiso en su desarrollo.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Componentes de los filtros y tamaños de sus poros cerámicos

Tabla 3

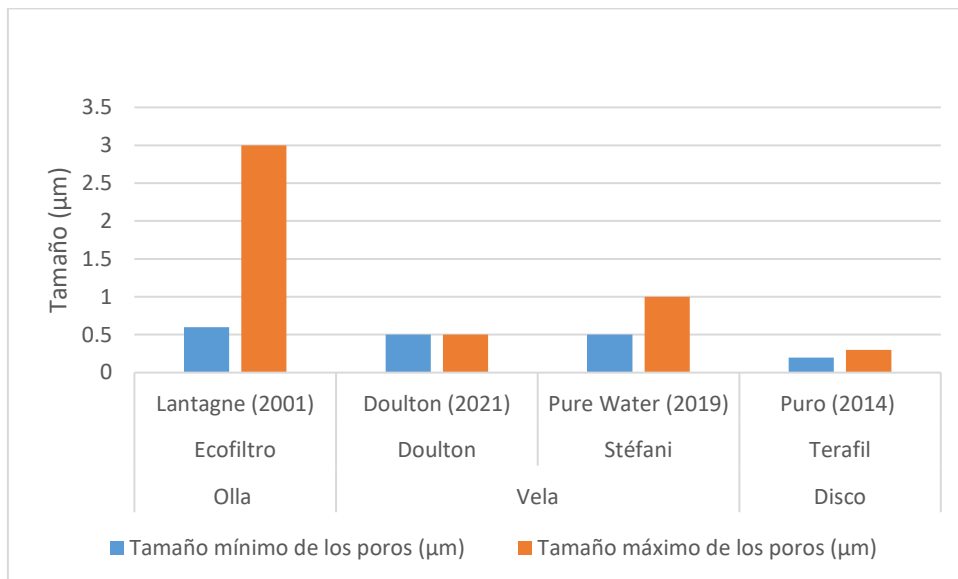
Componentes y tamaños de los poros de los filtros cerámicos

Tipo de Filtro	Marca	Autor/es	Componentes del filtro	Tamaño mínimo de los poros (µm)	Tamaño máximo de los poros (µm)
Olla	Ecofiltro	Lantagne (2001)	Barro, aserrín y plata coloidal	0.6	3
	Doulton	Doulton (2021)	Pared cerámica, plata coloidal y carbón activado	0.5	0.5
Vela	Stéfani	Pure Water (2019)	Pared cerámica, carbón activado, plata coloidal	0.5	1
Disco	Terafil	Puro (2014)	Arcilla roja (alfarería), arena y aserrín	0.2	0.3

Nota: Se muestran los tres tipos de filtro cerámico: olla, vela y disco, de los cuales los dos primeros tienen como componentes comunes a la arcilla siendo este fundamental para la obtención de la pared porosa, así como también es importante mencionar que, en el caso del filtro de olla se utiliza aserrín, el cual al entrar en cocción se convierte en carbón activado, mismo componente que también utiliza el filtro en forma de vela de ambas marcas. Por otro lado, el filtro en forma de disco difiere un poco, pues si bien es cierto utiliza arcilla y aserrín, pero también incluye a la arena.

Figura 13

Tamaños de los poros de los filtros cerámicos



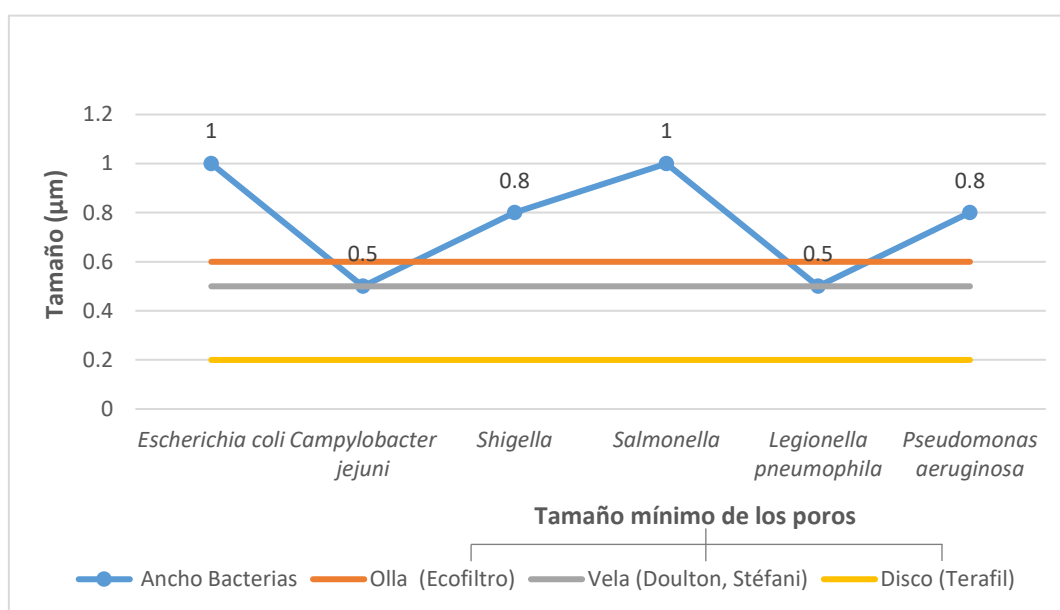
Nota: Se presentan los rangos de tamaño de los poros de los 3 tipos de filtro cerámico, de acuerdo a las diferentes marcas existentes en el mercado (Ecofiltro, Doulton, Stéfani y Terafil), donde se evidencia que el filtro en forma de olla presenta mayor amplitud de rango en cuanto al tamaño de sus poros (0.6 – 3 μm), mientras que el filtro en forma de vela presenta tamaños más estandarizados, siendo este de 0.5 μm para la marca Doulton y de 0.5 - 1 μm de la marca Stéfani. Finalmente, se puede decir que el filtro en forma de disco presenta los menores tamaños de poros, pues estos son de 0.2 - 0.3 μm .

3.2. Eficiencia de los filtros cerámicos: olla, vela y disco, en el control de los principales patógenos presentes en el agua de consumo humano.

Bacterias

Figura 14

Anchura de las bacterias vs tamaño mínimo de poros de los 3 filtros cerámicos



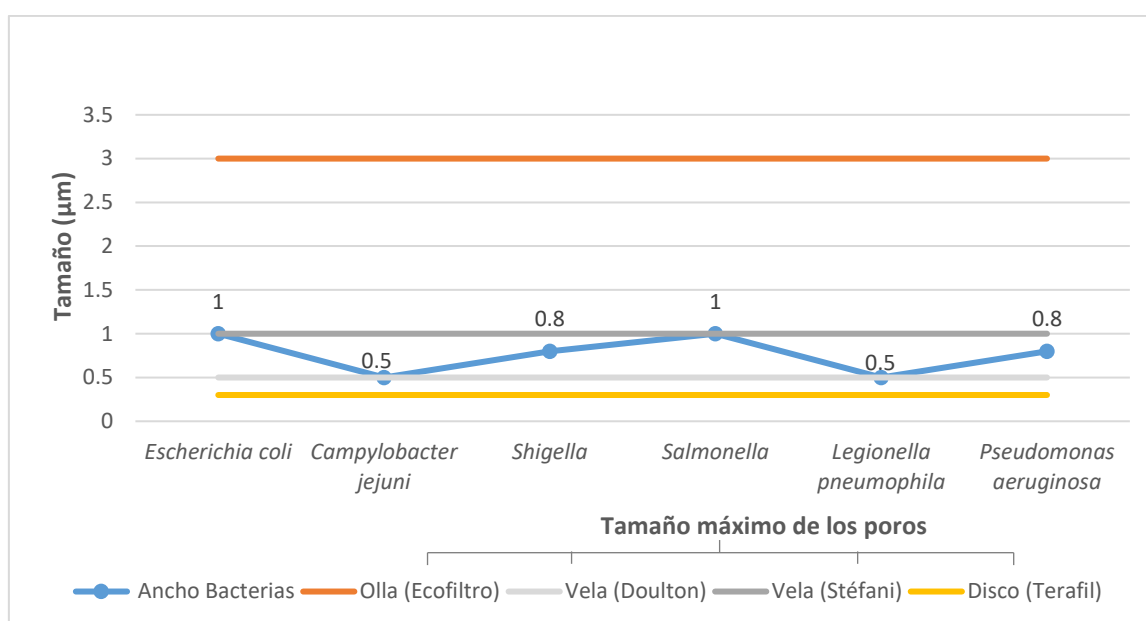
Nota: Los datos de tamaño de los poros de los diferentes tipos de filtros cerámicos con sus respectivos autores se encuentran detallados en las fichas de datos (Anexo 3A), de igual forma los datos de tamaño de las bacterias patógenas, en donde se encuentra la anchura de las mismas con sus autores se muestra en el (Anexo 3B), información que sirvió para la presente comparación. Siendo importante mencionar, que la presente figura 14, junto con las figuras 15, 16, y 17 toman información de los mismos anexos (Anexo 3A y 3B).

De las bacterias en estudio, si estas son consideradas según su anchura: *Escherichia coli* (1µm), *Shigella* (0.8µm), *Salmonella* (1µm) y *Pseudomonas aeruginosa* (0.8µm) lograrían retenerse en el tamaño mínimo de los poros del filtro en forma de olla, vela y disco

pues estos presentan menor tamaño que las bacterias en mención, mientras que las bacterias *Campylobacter jejuni* (0.5µm) y *Legionella pneumophila* (0.5µm) no lograrían retenerse en los poros de tamaño mínimo del filtro de olla, pero sí en el filtro de vela de ambas marcas y con mucho más eficiencia en el filtro de disco.

Figura 15

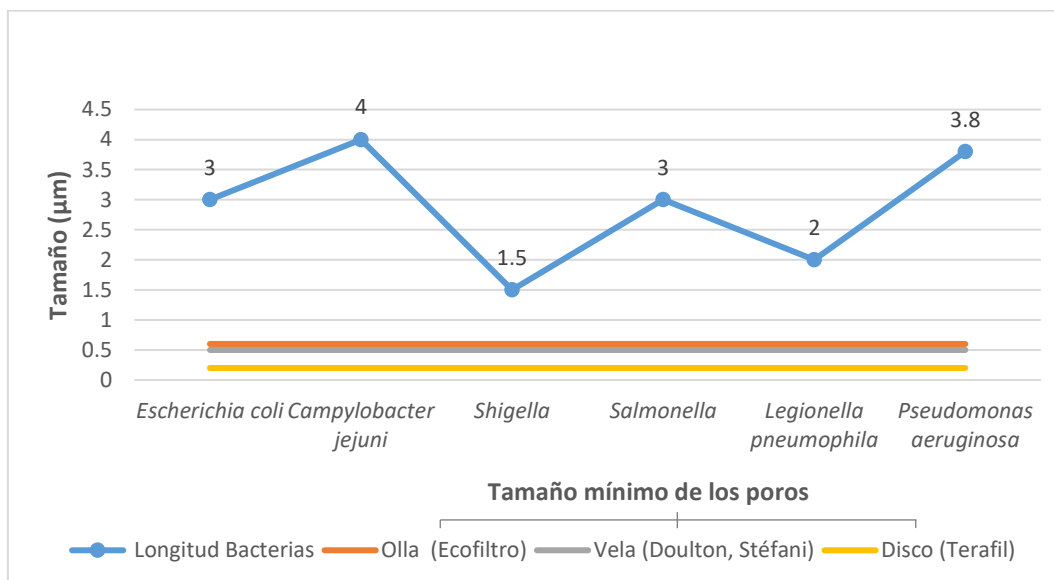
Anchura de las bacterias vs tamaño máximo de poros de los 3 filtros cerámicos



Nota: Aun considerando la anchura de las bacterias, estas no se retendrían en el tamaño máximo de los poros del filtro de olla (3µm), pero si en el filtro de vela marca Doulton (0.5µm), mientras que la marca Stéfani sólo retendría *Escherichia coli* y *Salmonella*; y el filtro de disco si retendría al total de bacterias en estudio.

Figura 16

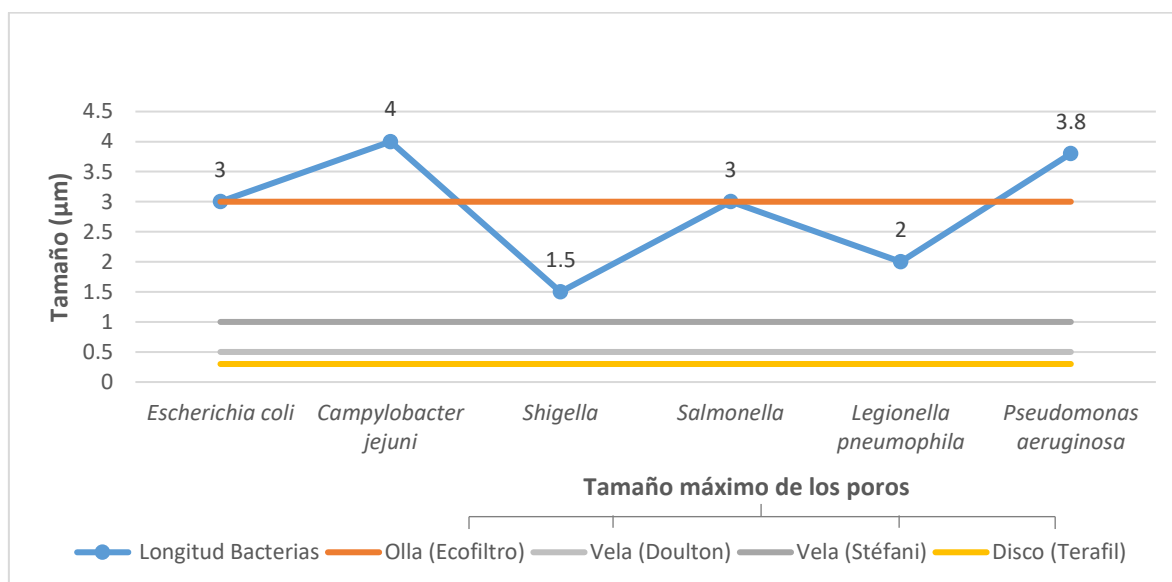
Longitud de bacterias vs tamaño mínimo de poros de los 3 filtros cerámicos



Nota: De las bacterias, considerando su longitud, estas varían de 1.5 a 4 µm, pudiéndose retener todas ellas en el tamaño mínimo de los poros de los tres tipos de filtros cerámicos ya que los valores de los mismos varían de 0.2 a 0.6 µm siendo inferiores al tamaño longitudinal de las bacterias.

Figura 17

Longitud de bacterias vs tamaño máximo de poros de los 3 filtros cerámicos



Nota: Aun considerando la longitud de las bacterias, *Escherichia coli* (3 µm) *Campylobacter jejuni* (4 µm) *Salmonella* (3 µm) y *Pseudomonas aeruginosa* (3.8 µm) sí lograrían retenerse en el tamaño máximo de los poros del filtro de olla (3µm), mientras que *Shigella* (1.5 µm) y *Legionella pneumophila* (2 µm) no lograrían retenerse en este tipo de filtro. Por otro lado, debido a que el rango de tamaño longitudinal de las bacterias es de 1.5 a 4 µm, estos sí se retendrían en el tamaño máximo de los poros del filtro tipo vela de ambas marcas (Doulton – 0.5 µm y Stéfani 1 µm). De igual forma, el total de bacterias en estudio lograrían retenerse en los poros de mayor tamaño del filtro en forma de disco (0.3 µm).

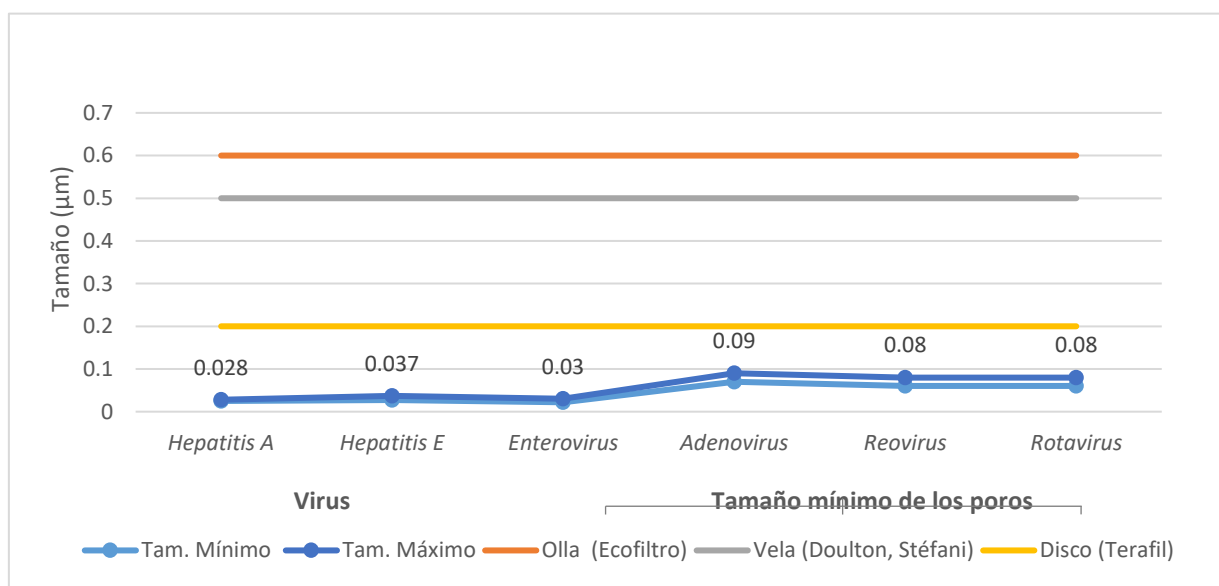
Entonces, evaluando a las figuras 14, 15, 16 y 17 se puede decir que el filtro de vela Doulton y de disco Terafil tienen una eficiencia del 100% en la retención de bacterias pues considerando sus tamaños de poros son capaces de retener a todas las bacterias patógenas en estudio. Mientras que el filtro de vela Stéfani tiene una eficiencia del 100% sólo en la

retención de las bacterias *Escherichia coli* y *Salmonella*, y el filtro de olla Ecofiltro presenta eficiencias menores al 100% en la retención de cada una de las bacterias estudiadas.

Virus

Figura 18

Tamaño de virus vs tamaño mínimo de los poros de los 3 filtros cerámicos



Nota: Los datos de tamaño de los poros de los filtros cerámicos con sus respectivos autores se encuentran detallados en las fichas de datos (Anexo 3A), de igual forma los datos de tamaño de los virus patógenos con sus respectivos autores se muestra en el (Anexo 3C).

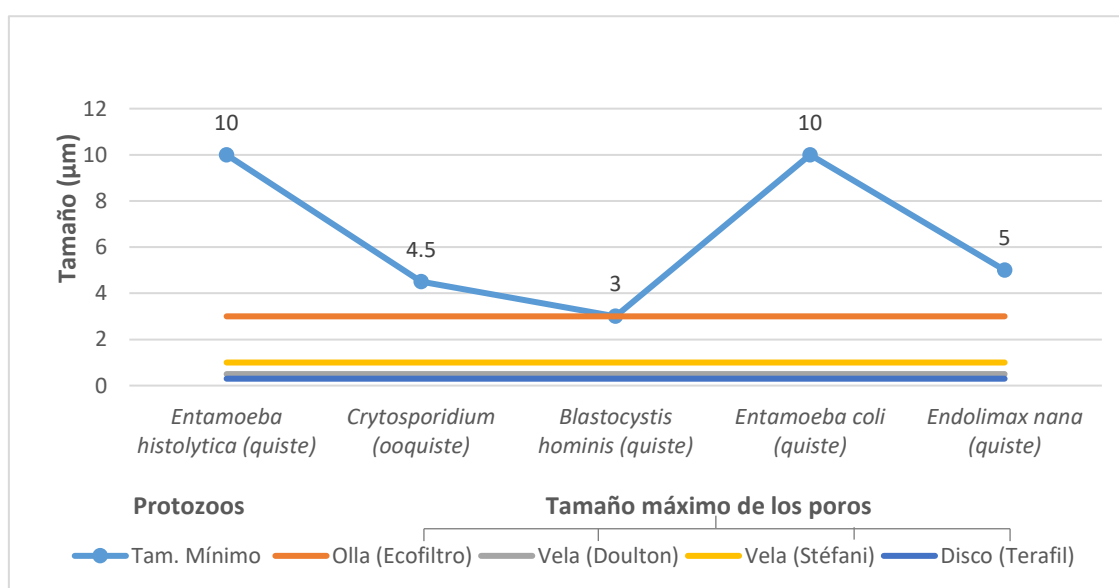
Los virus al tener un tamaño por debajo de 0.1 µm, no logran retenerse en ninguno de los poros de tamaño mínimo de los filtros cerámicos. Por ende, al no retenerse en los poros de menor tamaño, tampoco lo harían en los poros de mayor tamaño de cada tipo de filtro, los cuales son 0.3 µm para Terafil, 0.5µm para Doulton, 1µm para Stéfani y 3µm para Ecofiltro (Anexo 3A), sino que estos virus pasarían con mayor facilidad. Por lo cual, se concluye que los virus no pueden ser removidos si se considera únicamente a la porosidad

como factor determinante en su eliminación y por ende los filtros cerámicos no son eficientes en la retención de estos patógenos.

Protozoos

Figura 19

Tamaño mínimo de quistes y ooquistes protozoos vs tamaño máximo de los poros de filtros cerámicos



Nota: Los datos de tamaño de los poros de los filtros cerámicos con sus respectivos autores se encuentran detallados en las fichas de datos (Anexo 3A), de igual forma los datos de tamaño de los protozoos con sus autores se muestra en el (Anexo 3D), recalándose que la información de tales anexos fue necesaria tanto para la comparación en la presente figura 19, como la posterior figura 20.

Considerando el tamaño mínimo de los quistes y ooquistes protozoos, el rango que presentan es de 3 a 10 µm por lo cual si logran retenerse en los poros de mayor tamaño de los tres tipos de filtro cerámico (Figura 19). Entonces, al quedar atrapados en los poros de mayor tamaño de cada tipo de filtro, es evidente que van a tener más dificultad en pasar por

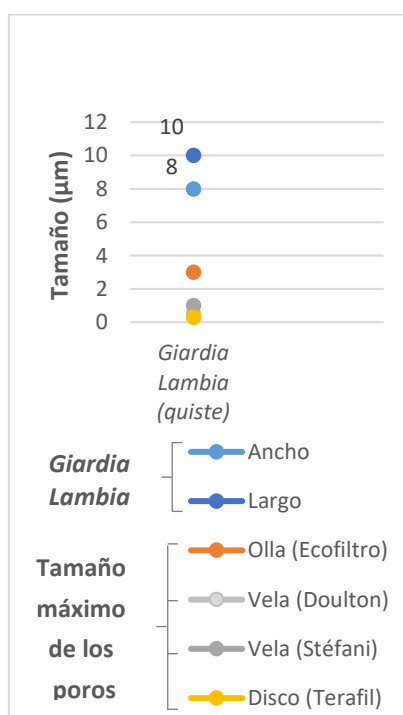
los poros de menor tamaño, por lo cual se puede decir que quedan retenidos totalmente en los tres tipos de filtros, considerando los tamaños mínimos y máximos de los poros.

También es importante mencionar que, si todos los quistes y ooquistes protozoos de menor tamaño logran retenerse en los poros mínimos y máximos de los tres tipos de filtros, con mayor razón si se considera su mayor tamaño lo harán, pues el rango de tamaño que presentan varía entre 5 a 35 μm , correspondiéndole estos valores a los quistes *Blastocystis hominis* y *Entamoeba coli* respectivamente (Anexo 3D), siendo mucho mas grandes que los tamaños de poros de los filtros cerámicos.

Entonces, de acuerdo a lo mencionado se puede decir que los tres tipos de filtros en sus diferentes marcas presentan una eficiencia del 100% en la retención de estos patógenos.

Figura 20

Quiste Giardia lamblia vs tamaño máximo de los poros de los filtros cerámicos



Nota: El quiste protozoo *Giardia lamblia* presenta una forma de elipsoide, y tiene un tamaño promedio de 8 x 10 μm , es decir, tanto su anchura como longitud son mucho más grandes

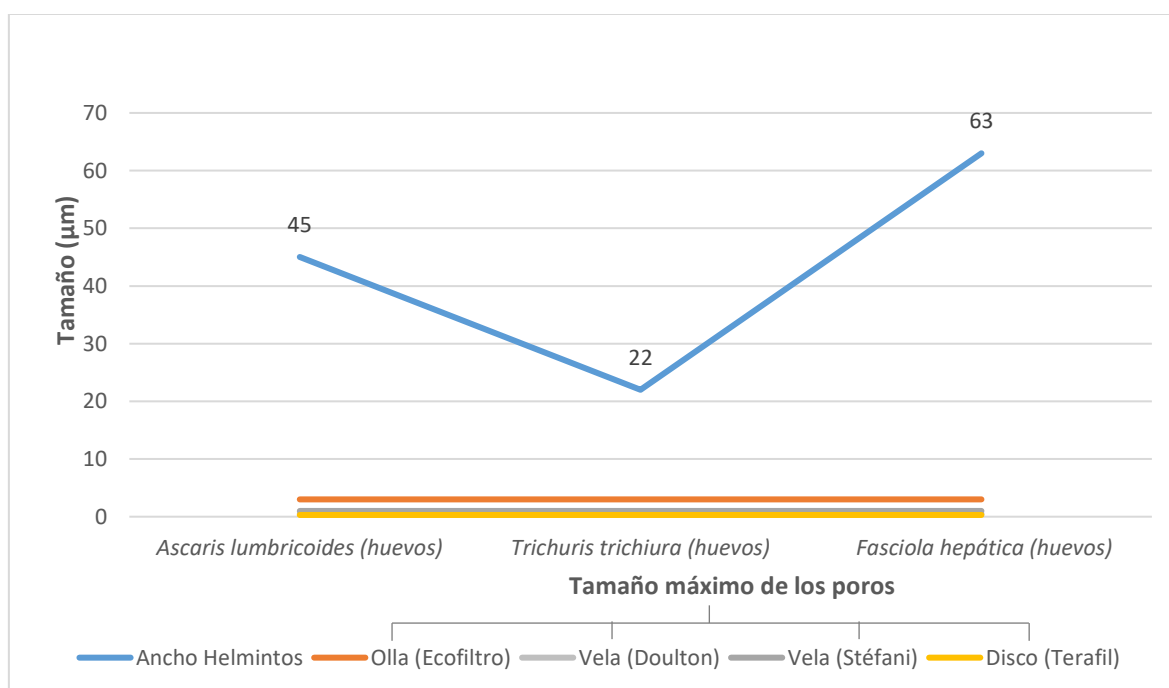
que los poros de tamaño máximo de los tres tipos de filtros; entonces, lógicamente también queda retenido en los poros de menor tamaño, por lo cual, se puede decir que este género de protozoo si lograría removerse con gran eficiencia en los filtros de estudio.

Entonces, de acuerdo a las tablas 19 y 20 se puede decir, que los tres tipos de filtros cerámicos en sus diferentes marcas son 100% eficientes en la retención de los quistes y ooquistes protozoos.

Helmintos

Figura 21

Ancho de los huevos de helmintos vs tamaño máximo de los poros de los filtros

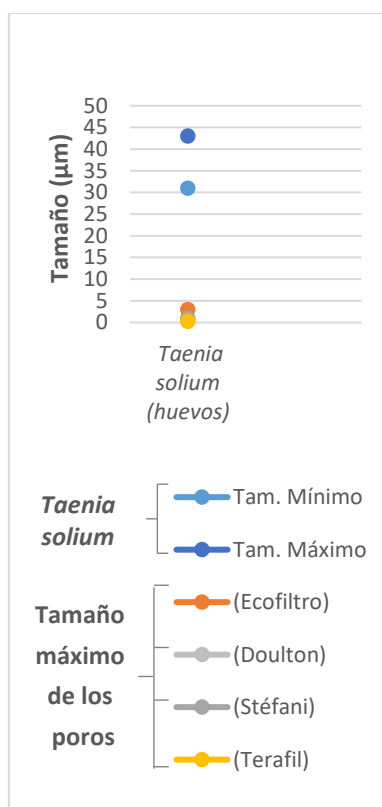


Nota: Los datos de tamaño de los poros de los tres filtros con sus respectivos autores se encuentran en las fichas de datos (Anexo 3A), de igual forma los datos de tamaño de los patógenos huevos de helmintos con sus autores (Anexo 3E), recalando que la información de estos anexos fue necesaria para la comparación de la presente figura 21, y la subsiguiente figura 22.

Los huevos de helmintos presentan tamaños superiores en comparación a los demás géneros de microorganismos, siendo el rango de tamaño de su anchura de 22 a 63 μm siendo evidente que los mismos quedan retenidos en los poros de tamaño máximo (Figura 21), y a la vez mínimo de los tres tipos de filtros cerámicos pues el rango que presentan es de 0.2 a 0.6 μm (Anexo 3A). Entonces, si su anchura queda retenida en todos los poros de los filtros, con mayor razón la longitud que presentan los mismos.

Figura 22

Taenia solium vs tamaño máximo de los poros de los filtros



Nota: El huevo de helminto *Taenia solium* presenta un tamaño mínimo y máximo muy por encima de los valores de los poros más grandes de los tres tipos de filtros cerámicos en estudio (olla Ecofiltro - vela Doulton y Stéfani - disco Terafil), por lo cual, se puede decir que los mismos si quedan retenidos, tanto en los poros de mayor tamaño (Figura 22) como

en los poros de menor tamaño, los cuales tienen un rango entre 0.2 a 0.6 μ m (Anexo 3A) de mencionados filtros.

Entonces, de acuerdo a las tablas 21 y 22 se puede mencionar, que los tres tipos de filtros cerámicos (olla – Ecofiltro, vela – Doulton y Stéfani, disco – Terafil) son 100% eficientes en la retención de huevos de helmintos.

3.3. Tipos de filtros y marcas existentes en el mercado

Tabla 4

Tipos y marcas de los filtros cerámicos

Tipo de Filtro	Marca	Institución o empresa	Ciudad/ País
Olla	Filtrón	IDEASS	Managua/ Nicaragua
		Merinsa	Lima/ Perú
		Aynimundo	Lima/ Perú
	Ecofiltro	Ecofiltro	Sacatepéquez, Guatemala
		Ecofiltro México	México
		Ecofiltro El Salvador	El Salvador
		Ecofiltro Costa Rica	San José, Costa Rica
	Filtre Songhaï	Filtre Songhaï	Porto Novo, Benín
	Maji Salama	Safe Water Ceramics of East Africa - SWCEA	Arusha/Tanzania
	CWF	REDMO	Colombo, Sri Lanka.
Vela	Ekofil	REPLACOL	Santiago de Cali, Colombia.
		Stéfani Purificadores	Sao Paulo, Brasil
	Stéfani	Hidropur	San Salvador, El Salvador
		Pure Water	Caldas, Colombia
Disco	Doulton	La Casa Verde Promociones EIRL	Lima/ Perú
		Nolartex S.A.	Montevideo, Uruguay
	Terafil	Doulton Colombia	Bogotá, Colombia
Disco	Purificadores Chile SPA	Chile	
	Madidrop	Puro	India
		Silivhere Technologies	Limpopo, República de Sudáfrica

Nota: Se presentan los tipos de filtros cerámicos que existen, siendo estos en forma de: olla, vela y disco; encontrándose como marcas predominantes al Filtrón, Ecofiltro, Stéfani y

Doulton, los cuales se vienen distribuyendo en diferentes países de América Latina, África y Asia.

3.4. Comparación de la remoción de contaminantes microbiológicos de los 3 tipos de filtros con la Normativa Nacional Peruana e Internacionales: Europea y de la OMS

Tabla 5

Comparación del porcentaje de remoción de microorganismos con la normativa peruana

Tipo de filtro	Marca	Porcentaje de retención de filtros			D.S. N° 031-2010-SA - LMP		
		<i>Escherichia coli</i>	huevo de helmintos, quistes y ooquistes protozoarios	Virus	<i>Escherichia coli</i> (UFC/100mL)	huevo de helmintos, quistes y ooquistes protozoarios (N° org/L)	Virus (UFC/mL)
Olla	Ecofiltro	< 100%	100%	0%			
Vela	Doulton	100%	100%	0%	0	0	0
	Stéfani	100%	100%	0%			
Disco	Terafil	100%	100%	0%			

Nota: En la tabla 5 se muestra el porcentaje de retención de microorganismos determinado de los diferentes tipos de filtros cerámicos comparado con el D.S. N° 031-2010-SA el cual brinda los límites máximos permisibles para agua potable en nuestro país; notándose, que el filtro en forma de olla no cumple con dicha norma para la eliminación de la bacteria *Escherichia coli*, pues este requiere que no exista ninguna UFC, sin embargo, al existir <100% de eficiencia quiere decir que si existen algunas UFC, mientras que los filtros de vela (ambas marcas) y de disco si cumplen con el LMP para este parámetro. Por otro lado, la norma requiere cero presencia de helmintos (huevos) y protozoos (quistes y ooquistes), cumpliendo para ello los 3 tipos de filtros pues tuvieron una retención del 100% de mencionados patógenos. Sin embargo, no cumplen con el parámetro de los virus, pues la

norma señala que debe haber ausencia de los mismos, pero los filtros considerando al tamaño de sus poros como factor de retención, no logran remover a alguno de ellos.

Tabla 6

Porcentaje de retención de la bacteria Escherichia coli con la normativa peruana e internacionales de la UE y OMS

Tipo de filtro	Marca	% de retención <i>Escherichia coli</i>	OMS (Guías para la calidad del agua de consumo humano - 2011)	UE (DIRECTIVA 98/83/CE DEL CONSEJO de 3 de noviembre de 1998)	D.S. N° 031-2010-SA
Olla	Ecofiltro	< 100%			
Vela	Doulton	100%	0/100mL	0/100mL	0/100mL
	Stéfani	100%			
Disco	Terafil	100%			

Nota: En la tabla 6, se evidencia una comparación del porcentaje retenido de la bacteria *Escherichia coli* en los diferentes tipos de filtros cerámicos con las normas internacionales UE Y OMS, mencionando que dicho parámetro microbiológico fue elegido porque es el único que tienen en común las diferentes normas evaluadas. Las tres normas en consideración muestran un valor de cero en su estándar para este parámetro, por lo cual, de acuerdo al porcentaje de retención/eficiencia de dicha bacteria, se puede decir, que los filtros de vela de ambas marcas y el filtro de disco sí cumplen con la normativa, mientras que el filtro de olla no llegaría a cumplirlo pues su eficiencia es <100% indicando que puede quedar cierta existencia de Unidades Formadoras de Colonias (UFC) de *Escherichia coli* en el agua potable.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

De la investigación realizada, para el filtro en forma de olla marca Ecofiltro, estos son capaces de retener todas las bacterias en estudio únicamente si se considera su tamaño mínimo de poro ($0.6\ \mu\text{m}$) y lado longitudinal de las bacterias patógenas (figura 16) ya que estos últimos presentan mayor tamaño que mencionados poros del filtro de olla; mientras que, si se considera al tamaño máximo de poro ($3\ \mu\text{m}$) y la anchura no retendría a ninguna bacteria (figura 15), por lo cual es importante mencionar que la forma en que se encuentren estas bacterias en el recurso hídrico (horizontal o vertical), va a influir en su retención o no este tipo de filtro cerámico, reduciéndose de esta manera su eficiencia en el control de estos patógenos. Por otro lado, en la figura 18, se muestra que este filtro de olla Ecofiltro no retiene a ninguno de los virus, ya que los tamaños de estos últimos son demasiado pequeños ($<0.1\ \mu\text{m}$) en comparación a los poros de este tipo de filtro ($0.6 - 3\ \mu\text{m}$), pero sí logran retener a la totalidad de quistes y ooquistes de protozoos pues los tamaños de estos son superiores a los poros de este filtro es decir superan los $3\ \mu\text{m}$ (figuras 19 y 20), e igualmente retienen huevos de helmintos ya que estos son los microorganismos que presentan mayor tamaño en comparación con los anteriores patógenos (figuras 21 y 22). Entonces, de acuerdo a todo ello se puede afirmar que los filtros de olla Ecofiltro retienen las diferentes bacterias en un porcentaje menor al 100%, mientras que a los quistes y ooquistes los retiene totalmente al igual que a los huevos de helmintos, sin embargo, no retiene a los virus; siendo este resultado corroborado por Lantagne (2001), quien señala, que el filtro de olla es capaz de remover una cantidad significativa de bacterias, aunque esta es variable, debido al tamaño que presentan los poros del filtro, siendo 0.6 y $3\ \mu\text{m}$, por ello se ve la necesidad de utilizar plata coloidal para completar dicha remoción; también indica que si el tamaño del poro se mantiene en un

máximo de 3 μm es de esperar que este filtro remueva un porcentaje significativo de protozoos, pero no es capaz de retener virus, pues los poros de los filtros no son lo suficientemente pequeños para atraparlos y por tanto su tasa de remoción depende de la interacción con la plata coloidal u otro efecto como la atracción electrostática a la cerámica (págs. 21, 35, 77). Por otro lado, Cochachin (2018) indica que los filtros de olla elaborados de arcilla sin la adición de plata coloidal logran remover el 96.43% de Coliformes totales y 96.06% de coliformes fecales, pues los poros que presentan estos filtros son muy pequeños, capaces de atrapar los mencionados microorganismos, sin embargo esta remoción no llega al 100% por lo cual se ve la necesidad de adicionar plata coloidal lo cual mejora aún más la eficiencia de eliminación de bacterias (remoción de coliformes totales y fecales, entre 99.09 y 100%) (pp. 98-99). En base a ello, se puede decir que los filtros de arcilla en forma de olla, son capaces de atrapar quistes y ooquistes protozoos y huevos de helmintos con una alta eficiencia considerando su tamaño de poro, sin embargo, no logra retener totalmente a las bacterias por lo cual, requiere de la aplicación de algún bactericida, tal es el caso de la plata coloidal; de igual forma para eliminar los virus se necesita de algún desinfectante, o de otro modo, buscar que los poros de estos filtros de olla sean mucho más pequeños ($<0.1\mu\text{m}$).

El filtro en forma de vela marca Doulton al presentar un único tamaño de poro de $0.5\mu\text{m}$ y ser inferior a las bacterias en estudio, las retiene a todas en un 100%, considerando cualquiera de los lados de las mismas, ya sea longitud o anchura (figuras 14, 15, 16 y 17). Por otro lado, el filtro de vela marca Stéfani retiene en un 100% sólo a las bacterias *Escherichia coli* y *Salmonella*. Analizando la retención de quistes y ooquistes protozoos, ambas marcas del filtro de vela (Doulton y Stéfani) logran retener el 100% de los mismos (figuras 19 y 20), así como también se evidencia la retención del 100% de huevos de helmintos por parte de ambas marcas del filtro tipo vela (figuras 21 y 22); sin embargo,

ninguna de las marcas de este tipo de filtro logra retener a los virus patógenos (figura 18) debido a que el tamaño de los poros de los filtros, en el caso de la marca Doulton es $0.5 \mu\text{m}$ y de Stéfani 0.5 y $1 \mu\text{m}$, sobrepasan por mucho el tamaño de los virus ($<0.1 \mu\text{m}$). De acuerdo con Pérez et al. (2014), al evaluar filtros de vela marca Stéfani encontraron una retención de la bacteria *Escherichia coli* entre el 99.999 y 100% (p. 11); confirmando con ello, el resultado encontrado en este estudio. Por otro lado, Da Costa et al. (2016), señala que los filtros de vela con y sin carbón activado con tamaño de poro de $0.5 - 1 \mu\text{m}$ retienen el 100% de quistes *Giardia duodenalis* (p. 439), coincidiendo de cierta forma con el tamaño de poro del filtro marca Stéfani y reafirmando este resultado respecto a la retención de quistes protozoos, en este caso el quiste *Giardia lamblia* específicamente; asimismo, estos autores indican, que los filtros con una porosidad de $5 - 15 \mu\text{m}$ y que contienen carbón activado retienen totalmente los quistes de este protozoo, pero los que no tienen este insumo retienen el 98.9% de los quistes *Giardia duodenalis*, y ello se puede deber a la ausencia del carbón activado, así como también al tamaño que estos quistes presentan ($8 - 12 \mu\text{m}$ de largo y $7 - 10 \mu\text{m}$ de ancho) siendo mucho más pequeños que los poros de la vela cerámica (Da Costa et al., 2016, p. 443).

El filtro en forma de disco Terafil es el que presenta menor tamaño de poros filtrables ($0.2 - 0.3 \mu\text{m}$) y al ser muy pequeños en comparación con el tamaño de las bacterias presentadas, son capaces de retener a la totalidad de las mismas, evidenciándose ello en las figuras 14, 15, 16 y 17; de igual forma es capaz de remover el 100% de quistes y ooquistes protozoos (figuras 19 y 20); así como también retiene el 100% de huevos de helmintos (figuras 21 y 22), sin embargo, tampoco logra retener a los virus los cuales presentan tamaños inferiores a los $0.1 \mu\text{m}$ (figura 18). Huang et al., (2018), señala que los filtros de disco que evaluaron presentaron tamaños de $6.40 \mu\text{m}$ (sin nanopartículas ZnO) y $6.07 \mu\text{m}$

(con nanopartículas ZnO) los cuales fueron mucho mayores que el tamaño de la bacteria *Escherichia coli* a evaluar, sin embargo, los canales interseccionales del filtro y la actividad antibacteriana fotocatalítica de nano ZnO contribuyeron a la remoción de tal bacteria (pp. 57-58); con ello se evidencia que es importante conseguir un tamaño de poro lo suficientemente pequeño para atrapar a los patógenos y con ello evitar o disminuir el uso de desinfectantes. Por su parte, Weepiu (2016) también indica que el uso de un desinfectante es necesario para la eliminación total de bacterias, pues sin este insumo los filtros de disco solo lograron remover hasta un 48.33% de coliformes totales y 52.50% de coliformes fecales (p. 113), recalcando que en su estudio no determinaron el tamaño de poro del filtro pues en su laboratorio de investigación no contaban con el Microscopio Electrónico Escaneador (SEM) con capacidad de análisis de rayos X, el cual es necesario para ello, sin embargo señalan que los tamaños de los poros está directamente proporcional relacionado con el número de malla de los tamices utilizados, el N° 200 siendo de 74 micrones y N° 60 de 250 micrones (Weepiu, 2016, p. 75). Con todo lo mencionado, se evidencia que no existe un estándar de tamaño de poro para determinado tipo de filtro, y que los canales que pudieran existir en un filtro también puede retener microorganismos, mencionándose, además, que la acción de algún bactericida contribuye de una u otra forma con la remoción total de un determinado patógeno sobre todo si no se consigue el tamaño de poro deseado en la fabricación de los filtros.

De acuerdo a la tabla 3, los materiales utilizados para la elaboración de los filtros cerámicos, según las diferentes marcas en estudio, se tienen: a la arcilla, aserrín o carbón activado, arena y plata coloidal. Lantagne (2001) menciona que la composición del filtro en forma de olla es 60% barro seco y 40% aserrín, y que luego de adicionar agua hasta obtener una consistencia correcta, se le da forma, se le lleva a un horno a una temperatura de 887°C, se dejan enfriar, se remojan por 24 horas y se deja secar para la aplicación de la plata coloidal

(2 mL de plata coloidal al 3.2% en 250 mL de agua) (p.15). Investigadores como (Talavera et al., 2018; Cochachin, 2018), coinciden en la utilización de materiales para la elaboración de sus filtros de olla, pues consideraron a: la arcilla, aserrín y plata coloidal, dentro de los cuales, el material orgánico junto a la arcilla generó la porosidad de mencionado tipo de filtro. (Pure Water, 2019; Doulton, 2021), indican que los filtros de vela cuentan con una cerámica la cual a través de sus poros logran retener partículas contaminantes, mientras que el carbón activado que contiene se encarga de eliminar olores y sabores extraños y finalmente, la plata coloidal remueve las bacterias y previene el crecimiento de los mismos en el filtro. Estos filtros de vela cerámica se adquieren en el mercado, pero si se desea fabricar en la vivienda, los recipientes que los contienen se elaboran a partir de dos galones para cada unidad del filtro, pero de igual manera se tiene que adquirir la vela filtrante (Da Costa et. al., 2016; Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010). Por su parte, Puro (2014), señala que lo filtros de disco se elaboran a partir de arcilla roja, aserrín y arena, siendo este último insumo que difiere de los otros tipos de filtros. Por su lado, Huang et al. (2018), utilizó arcilla, cascarilla de arroz y nanopartículas de ZnO (p. 53), en donde se evidencia cierta diferencia en los materiales utilizados, pues este último autor aplica materiales más semejantes al filtro de olla, en donde el aserrín lo reemplazaron por la cascarilla de arroz el cual es un material orgánico similar al mismo, mientras que la plata fue reemplazada por el ZnO siendo este insumo utilizado como bactericida también. Los diferentes tipos de filtros cerámicos, utilizan la arcilla, debido a las propiedades que posee, entre las cuales destacan la plasticidad que adquiere al colocarle agua, y la porosidad, la cual depende de la consistencia que adopta el objeto cerámico luego de la cocción (Ramos, 2002, p. 257), siendo este último importante para atrapar diversos contaminantes; por otro lado, el aserrín es utilizado debido a que en el proceso de cocción, este se convierte en carbón

activado, el cual elimina mal olor, sabor y turbidez del agua (Ecofiltro, 2020), también plata coloidal la cual es considerada un buen germicida y no es tóxico para las personas (Solano, 2017), finalmente la arena, la cual eleva la porosidad del filtro, mejora la trabajabilidad de la pasta y evita grietas y rajaduras al darle forma al mismo (Soriano, 2014, p. 22).

En la figura 13, se evidencia que los diferentes tipos de filtros cerámicos presentan tamaños de poros variables, siendo el menor tamaño de poro 0.2 micrones para el filtro de disco y el mayor tamaño de poro 3 micrones para el filtro de olla. De acuerdo a Lantagne (2001), el tamaño de los poros del filtro se controla a través del tamaño y la cantidad de aserrín que es adicionado al barro en el proceso de manufactura, pues este insumo en el proceso de quema tiende a crear poros, por los cuales el agua fluye, presentando una tasa de filtración alta si los poros son grandes o tasa de filtración baja si los poros son más pequeños; también menciona que el tamaño de los poros del filtro de olla (0.6 y 3.0 micrones) presenta esa variación de tamaño por la localización del aserrín durante la quema (págs. 33, 35). De igual forma, Huang et al. (2018) señala que la cascarilla de arroz se encarga de formar los poros en los filtros de disco y que la disminución del tamaño de la cáscara de arroz podría reducir el tamaño de los poros, mientras que, la porosidad podría aumentar con el incremento del contenido del material formador de poros, por otro lado, la prolongación del tiempo de sinterización a 1000 °C podría resultar en el aumento del tamaño de poro de los filtros de disco, recalándose que el tiempo de sinterización con el que trabajaron fue entre 0 y 2 horas como máximo (p. 56). Por lo cual, es importante controlar la cantidad y tamaño del material orgánico a utilizar y sobre todo el tiempo que el filtro va a permanecer en el horno, ya que depende de ello obtener poros de menor o mayor tamaño.

En la tabla 4, se muestra que el filtro cerámico que presenta mayor cantidad de marcas es el filtro en forma de olla, todos ellos basados en el modelo inventado por

Mazariegos, siendo este difundido en diferentes países del mundo, incluido Perú. Ello se debe a que Potter For Peace una institución sin fines de lucro se encargó de promover y difundir este tipo de filtro, brindando capacitaciones a diversos negocios independientes, organizaciones o individuos, para su producción; recalando que esta entidad no opera instalaciones de fabricación de filtros ni vende los mismos (Potter For Peace, 2019). Por otro lado, se evidencia dos marcas de filtros de vela, los cuales son Stéfani y Doulton mismos que son difundidos mayormente en países de América Latina, donde este último tipo de filtro también se encuentra en la capital de nuestro país, pero es poco conocido por la comunidad. Finalmente, para el filtro en forma de disco se encontró a las marcas Madidrop y Terafil, las cuales son difundidas en Asia y África respectivamente, pero no llegándose a encontrar ninguno de ellos en nuestro país ni países cercanos al nuestro, de allí la importancia de conocer este tipo de filtro e implementarlo en nuestro territorio peruano.

De acuerdo a la tabla 5, la norma nacional peruana indica que el parámetro “huevos y larvas de helmintos, quistes y ooquistes protozoarios” presenta un LMP de cero, es decir, debe haber ausencia de los mismos para obtener agua potable de óptimas condiciones; y en función al estudio realizado se comprobó que los huevos de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios si quedaron retenidos en un 100% en los tres tipos de filtros cerámicos (olla, vela, disco), lo cual señala la ausencia de los mismos en el agua potable que recibe este tratamiento extra; aunque es importante mencionar que el parámetro también toma en consideración a las larvas de helmintos pero los cuales no son especificados si se trata de huevos larvados o a los mismos en sus diferentes fases larvarias; Navone et al. (2017), indica que en las formas parasitarias el primer estadio larvario L1 es libre, al igual que el segundo L2 y tercer estadio L3, siendo este último su estadio infectivo y dependiendo de la estrategia del ciclo de vida, debe penetrar o ser comido por un hospedador (p. 137); entonces, de

acuerdo a ello, es importante mencionar que la norma también cuenta con un parámetro denominando “organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos en todos sus estadios evolutivos”, en donde claramente estos pertenecen allí; (Centers for Disease Control and Prevention [CDC], 2004), señala que en el caso de *Áscaris lumbricoides*, los huevos son depositados a través de las heces, encontrándose, huevos infértiles (pueden ser ingeridos, pero no son infectantes) y fértiles, los cuales son embrionados en suelos y se convierten en huevos infectantes (con larva); entonces con tal aclaración se puede decir que el parámetro evaluado se refiere a los mismos huevos de helmintos, en su estado depositado (fértil o infértil) y en su estado larvado también (caso de los fértiles), y al ser los mismos el tamaño no varía corroborándose con ello la eficiencia total de los filtros, en este parámetro. Por otro lado, para el parámetro *Escherichia coli*, cumplen los filtros de vela Doulton y Stéfani y el disco Terafil, pues estos remueven el 100% de esta bacteria. Mientras que en la retención de virus ninguno de los filtros cerámicos cumplió con la norma la cual tiene como LMP cero UFC/mL.

En la tabla 6 se muestra una comparación de la remoción de contaminantes microbiológicos con la normativa peruana e internacionales UE y OMS, en donde se evidencia que el parámetro común a medir por las diferentes normas es la bacteria *Escherichia coli*, Según la OMS (2018), la constante medición de esta bacteria, se debe a que proporciona pruebas concluyentes de reciente contaminación fecal, de allí la importancia de que no se encuentre presente en el agua de consumo humano, siendo importante además mencionar que su análisis indica la presencia o ausencia de las bacterias *Salmonella spp.* y *Shigella spp.* en el sistema de abastecimiento o en el agua misma de consumo humano (pp. 293-294). La medición de coliformes fecales también se pueden usar como alternativa aceptable a la prueba de *E. coli*; el mismo incluye a los géneros *Escherichia*, *Citrobacter*,

Klebsiella, y *Enterobacter* (OMS, 2018, págs. 177, 344). De todas las normas evaluadas se evidencia que requieren ausencia de este parámetro (*Escherichia coli*) para que el agua sea apta para consumo humano, en donde solo dos tipos de filtros cumplen con tal requisito: el filtro de vela (ambas marcas, Doulton y Stefani) y el filtro de disco Terafil, ya que retienen totalmente a tal bacteria.

Al contrastar la hipótesis general planteada con los resultados obtenidos, se puede decir que esta se cumple parcialmente, puesto que los tres tipos de filtros cerámicos en sus diferentes marcas si son eficientes en la retención de quistes protozoos y huevos de helmintos, sin embargo, existe deficiencia en la retención de bacterias sobre todo por parte del filtro de olla Ecofiltro y también se carece de eficiencia en la retención de virus por parte de todos los filtros en estudio, no obstante sí existe una mejora de la calidad del agua. Por otro lado, contrastando las hipótesis específicas, se afirma que los componentes y sobre todo los tamaños de los poros de los tres tipos de filtros cerámicos varían en función a la empresa que lo elabora; de igual forma se certifica que en el mundo si existen diferentes tipos de filtros cerámicos y también hay una variedad de marcas reconocidas en el mercado y finalmente se cumple parcialmente la hipótesis de la eficiencia de los filtros cerámicos de acuerdo a la normativa nacional e internacionales de la UE y OMS, debido a que en la remoción de la bacteria *Escherichia coli*, todos los filtros cerámicos a excepción del filtro de olla Ecofiltro, cumplen con tales normativas.

Limitaciones

Entre las limitaciones de esta investigación se tiene:

Poca información existente respecto a los tipos de filtros cerámicos, en una búsqueda a nivel nacional (Perú), pues se encontró mayormente sobre el filtro en forma de olla, mas no sobre otros tipos de filtros cerámicos.

Insuficiente información respecto a los filtros en forma de vela y disco en el idioma español, de allí que se optó por considerar la búsqueda en los idiomas inglés y portugués.

Fueron muy pocos los autores que consideraron analizar el tamaño de los poros de los filtros que utilizaron en sus experimentos, dato primordial en este estudio. Por lo cual, se optó por trabajar con el tamaño de los poros de filtros cerámicos de cuatro marcas y que son fabricadas y/o distribuidas por diferentes empresas, los cuales, si brindaban este dato y sobretodo esta información ya es estandarizada pues siempre la utilizan en la elaboración de sus filtros, los cuales vienen siendo distribuidos en el mercado ya sea local o internacional, según sea el caso.

Implicancias

Dentro de las implicancias del presente estudio, se tiene a las implicancias teóricas y prácticas; en donde:

Desde una perspectiva teórica, esta investigación reúne información nacional e internacional de un tema poco conocido u aplicado en nuestro país, el cual es sobre los filtros de agua cerámicos en sus diferentes tipos. Así como también, al trabajar con el tamaño de los poros de los filtros se puede determinar cuán eficiente son los filtros en sí considerando únicamente este factor, y dejando de lado el uso de algún bactericida tal es el caso de la plata coloidal, el cual, si bien es cierto ayuda en la eliminación total de los microorganismos, no siempre es de fácil obtención.

En cuanto a las implicancias prácticas, el estudio permite la replicación de los diferentes tipos de filtros cerámicos que existen a nivel mundial, considerando pautas como la cantidad de material orgánico (aserrín, cáscara de arroz u otro), la temperatura y tiempo de cocción, entre otros factores que logren reducir el tamaño del poro del filtro, pudiendo de esta manera incluso mejorar a alguno de los filtros ya existentes en el mercado y logrando el bienestar de muchas personas que son afectadas por el consumo de agua potable en inadecuadas condiciones o con deficiente tratamiento.

4.2. Conclusiones

Los tres tipos de filtros cerámicos evaluados: olla (Ecofiltro), vela (Doulton y Stéfani) y disco (Terafil) presentan una eficiencia del 100% en la retención de quistes protozoos y huevos de helmintos. Por otro lado, para la retención de bacterias, los filtros que presentan mayor eficiencia son los filtros de vela Doulton y disco Terafil pues retienen a todas las bacterias en estudio un 100%, mientras que, el filtro Stéfani retiene en un 100% sólo a las bacterias *Escherichia coli* y *Salmonella*, teniendo una menor eficiencia de retención en las demás bacterias; y el filtro de olla es el que menor eficiencia presenta para la retención de estas bacterias patógenas. Finalmente, es importante mencionar que ninguno de los filtros cerámicos retiene los virus.

Las diferentes empresas que fabrican los filtros cerámicos, utilizaron como insumos principales a la arcilla, aserrín o carbón activado, arena y plata coloidal, según sea el caso. Por otro lado, los tamaños de los poros de los filtros son: olla (Ecofiltro: 0.6 – 3 μm), vela (Doulton: 0.5 μm) (Stéfani: 0.5 – 1 μm), disco (Terafil: 0.2 – 0.3 μm).

Se identificaron los diferentes tipos de filtros cerámicos, siendo estos: en forma de olla, vela y disco. Además, se encontraron marcas como Filtrón, Ecofiltro, Filtre Songhaï,

Maji Salama, CWF, Ekofil, Doulton, Stéfani, Terafil, Madidrop, cada uno de ellos inventados o creados en diferentes países del mundo.

Se comparó la retención de contaminantes microbiológicos de los filtros cerámicos con la normativa peruana donde se evidencia que todos ellos retienen en su totalidad a los huevos de helmintos, quistes y ooquistes protozoarios cumpliendo con el LMP de la norma que pide 0 org/L, mientras que para el parámetro *Escherichia coli* solo cumplen los filtros tipo vela (ambas marcas) y disco Terafil, sin embargo, para los virus ninguno de los filtros logra retenerlos, incumpliendo en este parámetro evaluado. Por otro lado, al evaluar la retención de microorganismos con la normativa nacional, europea y de la OMS se determinó que el único parámetro en común que tenían era la bacteria *Escherichia coli*, para lo cual estos tienen como valor paramétrico cero UFC/100mL, de los cuales cumplían con tal normativa los filtros de vela (Doulton y Stéfani) y el filtro de disco Terafil.

REFERENCIAS

- Academy of Nutrition and Dietetics (2022). *Water Safety and Sanitation in Central America*.
<https://www.eatrightpro.org/practice/practice-resources/international-nutrition-pilot-project/water-safety-and-sanitation-in-central-america>
- Aconsa. (26 de Junio de 2020). *Bacterias en el agua: ¿cuáles son las más habituales? ¿nos deben preocupar?* <https://aconsa-lab.com/bacterias-en-el-agua/>
- Angelone. (2020). *Tipos de Suelos: Arcillas*.
https://www.fceia.unr.edu.ar/geologiygeotecnia/Tipos%20de%20suelos%20-%20Arcilla%20-%202020_6%20ed.pdf
- Ash, L., y Orihel, T. (2007). *Atlas de Parasitología Humana*. Editorial Médica Panamericana.
<https://books.google.com.pe/books?id=P70U9QRWDiwC&pg=PA2&dq=morfologia+protozoos+intestinales&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjInbbxvqH2AhUzSjABHdQ4CeIQ6AF6BAgIEAI#v=onepage&q&f=false>
- Asociación de Médicos de Sanidad Exterior. (23 de Abril de 2012). *Inf. Epidemiológica*.
<https://www.amse.es/informacion-epidemiologica/133-amebiasis-epidemiologia-y-situacion-mundial>
- Banco Mundial. (23 de Junio de 2017). *Abastecimiento de Agua*.
<https://www.bancomundial.org/es/topic/watersupply>
- Brooke, M. M., y Melvin, D. M. (2000). *Morfología de los Estadíos Diagnósticos en Parásitos Intestinales en Humanos*.
https://www.mcdinternational.org/trainings/malaria/spanish/dpdx/HTML/PDF_Manuals/intestinals.pdf
- Bussi, J., Castiglioni, J., y Tancredi, N. (2004). Biomasa como materia prima para la producción de energía, compuestos químicos y otros materiales. En N. Nudelman. (Ed.), *Química Sustentable* (pp. 51-72). Ediciones UNL.
<https://books.google.com.pe/books?id=DkQnfw1MuyUC&pg=PA51&dq=Biomasa>

+como+materia+prima+para+la+producci%C3%B3n+de+energ%C3%ADa,+compuestos+qu%C3%ADmicos+y+otros+materiales&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiOtrbcv7r3AhUtD7kGHcdVB_oQ6AF6BAgCEAI#v=onepage&q=Biomasa%20como%20materia%20prima%20para%20la%20producci%C3%B3n%20de%20energ%C3%ADa%2C%20compuestos%20qu%C3%ADmicos%20y%20otros%20materiales&f=false

Cabaleiro, V. M. (2010). *Prevención de Riesgos Laborales, Normativa de Seguridad e Higiene en el Trabajo* (3.^a ed.). Ideas propias Editorial. <https://books.google.com.pe/books?id=5iy1m-Dra5kC&pg=PT74&dq=virus+bacterias+hongos+protozoos+helminetos&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiF7cWn8Yz2AhVDRjABHVEqBCAQ6AF6BAgGEAI#v=onepage&q&f=false>

Caroll, K. C., Hobden, J. A., Miller, S., Morse, S. A., Mietzner, T. A., Detrick, B., Mitchell, T. G., McKerrow, J. H. y Sakanari, J. A. (2016). Reovirus, rotavirus y calicivirus. En M. Hill. (Ed.), *Microbiología médica* (27.^a ed.). <https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=1837§ionid=128960683>.

Carrada, T. (2004). Trichuriasis: Epidemiología, diagnóstico y tratamiento. *Revista Mexicana de Pediatría*, 71(6), 299-305. <https://www.medigraphic.com/pdfs/pediat/sp-2004/sp046j.pdf>

Casma, J. C. (13 de Mayo de 2015). América Latina: la región con más agua, la más castigada por la sed. *El País*. https://elpais.com/internacional/2015/05/13/actualidad/1431542093_232345.html

Castañeda, M., Cocoti, M., Carreño, R., y Martínez, L. J. (2005). Pseudomonas aeruginosa. Un Patógeno Oportunista. En R. Rocha, P. Lozano, y Y. Martínez (Ed.), *Módelos de la Patogénesis de las Enfermedades Infecciosas* (pp. 111-125). <https://books.google.com.pe/books?id=Rn4Tn29tzGUC&pg=PA112&dq=pseudomona+aeruginosa&hl=es->

419&sa=X&ved=2ahUKEwivqtDdtp72AhWWSTABHfRvAggQ6AF6BAGIEAI#v=onepage&q&f=false

Centers for Disease Control and Prevention [CDC]. (13 de Diciembre de 2004). *Ascariosis*. <https://www.mcdinternational.org/trainings/malaria/spanish/dpdx/HTML/Ascariosis>

Cerámica Stéfani S.A. (2020). *Historia*. https://www.ceramicastefani.com.br/quem_somos

Cerámica Stéfani S.A. (10 de octubre de 2017). *Uso y Mantenimiento de los Filtros de Agua Stéfani por Gravedad* [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=JPjHPj5fEbM>

Chandillo, L. E. y Sánchez, G. (2020). *Detección de huevos de helmintos en aguas empleadas para riego de cultivos, en el municipio de Mosquera (Cundinamarca)* [Trabajo de grado, Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca]. <https://repositorio.unicolmayor.edu.co/bitstream/handle/unicolmayor/270/Chandillo%20Becoche%20Libia%20Eunise%20%20y%20S%C3%A1nchez%20Herrera%20Geraldine%20Deteccion%20de%20Huevos%20de%20Helmintos%204-46.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Chávez, E. V. (2019). *Fasciolosis animal y frecuencia de infección por Fasciola hepatica en lymneidos del distrito de Huanca, Caylloma, Arequipa, 2018* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional San Agustín de Arequipa] <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/9908/BIcharev.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cheena, C. (Noviembre de 2010). A Towering Success of CSIR Terafil for the Thirsty. *CSIR NEWS*, 30 (21&22), 253-255. http://www.niscair.res.in/includes/images/csirnews/csirnews_nov10.pdf

Cochachin, J. M. (2018). *Eficiencia del filtro a base de arcilla y plata coloidal en la potabilizacion de agua, medidas por pruebas fisicoquimicas y microbiologicas en el rio casca del distrito de Independencia - Huaraz-Ancash* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Santiago Antúnez De Mayolo].

http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2451/T033_4546872_6_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Consejo de la Unión Europea (7 de Agosto de 2009). *Calidad de las aguas destinadas al consumo humano*. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1998L0083:20090807:ES:PDF>

Cónsole, G. M. (2021). *Enfermedades por virus y priones*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EduLP).

Council of Scientific & Industrial Research [CSIR]. (17 de Septiembre de 2016). A Towering Success of CSIR, Terafil for the Thirsty by Dr P. Cheena Chawla. *Science Dayli*. <http://csir-india.blogspot.com/2016/09/a-towering-success-of-csir-terafil-for.html>

Council of Scientific & Industrial Research [CSIR]. (5 de Enero de 2017). *Terracotta Water Filtration Disc: Terafil*. <https://www.csir.res.in/ruralsectors/terracotta-water-filtration-disc-terafil>

Cruz, A., y Camargo, B. (2001). *Glosario de términos en Parasitología y Ciencias Afines*. Plaza y Valdés, S.A. de C.V. <https://books.google.com.pe/books?id=HgJ4bbEduYgC&pg=PA125&dq=helminto+par%C3%A1sitos+huevo&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiq4qmNspn2AhWESjABHZeQAqkQ6AF6BAgKEAI#v=onepage&q&f=false>

Da Costa, L. I., Da Silva, F. A., y Gonçalves, M. D. (2016). Eficácia de velas filtrantes na retenção de cistos de *Giardia duodenalis* em água experimentalmente contaminada. *Ambiente & Água, 11*(2). doi. 10.4136/ambi-agua.1821

De La Rosa, M., Prieto, J., y Navarro, J. M. (2011). *Microbiología en Ciencias de la Salud, Conceptos y Aplicaciones* (3.^a ed.). Elsevier España. S.L. https://books.google.com.pe/books?id=3oj3efnctcIC&printsec=frontcover&dq=glosario+de+t%C3%A9rminos+microbiologia&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

- Del Coco, V. F., Córdoba, M. A., y Basualdo, J. A. (2009). Criptosporidiosis: una zoonosis emergente. *Revista Argentina de Microbiología*, 41(3), 185-196. <http://www.scielo.org.ar/pdf/ram/v41n3/v41n3a11.pdf>
- Díaz, A. A. (2016). *Implementación del Método de Análisis en la Detección y Cuantificación de la Bacteria Pseudomona Aeruginosa en Agua Mineral Natural, para el Cumplimiento de la NOM-201-SSA1-2015* [Tesis de Pregrado, Instituto Politécnico Nacional]. <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/26312/DIAZ%20FLANDES%2C%20ANGEL%20ADAN.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Doulton. (2021). *Filtro Ultracarb Doulton*. <https://doulton.com.pe/productos/filtro-ultracarb-doulton/>
- Echeverría, W. C., y Zetina, M. F. (2021). Trichuris trichiura. *Rev Chilena Infectol*, 38 (6), 791-792. <https://www.scielo.cl/pdf/rci/v38n6/0716-1018-rci-38-06-0791.pdf>
- Ecofiltro. (2020). *Proceso de purificación de agua*. <https://www.ecofiltro.com/es/proceso-de-purificacion-de-agua>
- Ecofiltro: el nuevo purificador de agua elaborado con barro, carbón y plata coloidal 100 % garantizado y científicamente probado. (26 de Febrero de 2021). *La Tribuna*. <https://www.latribuna.hn/2021/02/26/ecofiltro-el-nuevo-purificador-de-agua-elaborado-con-barro-carbon-y-plata-coloidal-100-garantizado-y-cientificamente-probado/>
- Escobar, N., y Tercero, D. K. (2015). *Disentería Bacilar* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua]. <https://core.ac.uk/download/pdf/53103315.pdf>
- Espigares, M. (2006). Virus en aguas de consumo. *Higiene y sanidad ambiental*, 6, 173-189. <https://silo.tips/download/virus-en-aguas-de-consumo>
- European Society of Neurogastroenterology & Motility (s.f.). *Agente patógeno*. <https://www.gutmicrobiotaforhealth.com/es/glossary/agente-patogeno/#:~:text=Los%20pat%C3%B3genos%20son%20agentes%20infecciosos,de%20plantas%2C%20animales%20y%20humano.>

- Fernández, A. (2012). El agua: un recurso esencial. *Química Viva*, 11(3), 147-170.
<https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>
- Figueroa, R. (1996). Hepatitis Viral: El Virus A al Virus G. *Revista de Gastroenterología del Perú*. 16(3). https://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/gastro/vol_16n3/hepati.htm
- Filtros de Aguas. (2022). *Filtros Doulton*. <https://www.filtrosdeaguas.com/filtros-doulton/>
- Flores, O. (21 de Julio de 2020). *¿Cómo vemos los virus? ¿De qué color son?.* Centro de Cultura Digital. <https://editorial.centroculturadigital.mx/articulo/como-vemos-los-virus-#>
- Flores, R. O. (2014). Análisis del problema del agua potable y saneamiento, ciudad de Puno. *Revista Investigaciones Altoandinas*, 16(1).
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8054489>
- Gallego, A., Bravo, J. C., García, A., y Paniagua, G. (2018). *Criterios de calidad y gestión del agua potable*.
https://books.google.com.pe/books?id=_bOWDwAAQBAJ&pg=PT203&dq=par%C3%A1metros+de+calidad+de+agua+potable&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjhzK_SyIzqAhUHGbkGHYSdASwQ6AEIPDAD#v=onepage&q=par%C3%A1metros%20de%20calidad%20de%20agua%20potable&f=false
- Gallego, L., González, M., Guillén, A., Suárez, B., Salazar, J., Hernández, T., Naranjo, M., y Heredia, H. (2012). Presencia de helmintos intestinales en agua de consumo, Comunidad 18 de mayo, Municipio Linares Alcántara, Estado Aragua, Venezuela, 2011. *MedULA*, 21(2), 87.92.
- Gallego, L., Heredia, H. L., Salazar, J., Hernández, T. M., Naranjo, M. M., y Suárez, B. L. (2014). Identificación de parásitos intestinales en agua de pozos profundos de cuatro municipios. Estado Aragua, Venezuela. 2011-2012. *Revista cubana de medicina tropical*, 66(2).
<http://revmedtropical.sld.cu/index.php/medtropical/article/view/29/18>

- García, A., y Zamudio, M. D. (1998). *Manual Microbiología Médica*.
<https://books.google.com.pe/books?id=b3FKwKELz4YC&pg=PA73&lpg=PA73&dq=salmonella+ancho+por+largo&source=bl&ots=tDbkfUh1f2&sig=ACfU3U0yu12KvLSLOqBk8u4QdNWltDdGnQ&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiO0d6wua72AhVDTDABHebGC384ChDoAXoECCMQAw#v=onepage&q&f=false>
- Gómez, J. C., Córtes, J. A., Cuervo, S. I., y López, M. C. (2007). Amebiasis intestinal. *Infectio*, 11(1), 36-45. <http://www.scielo.org.co/pdf/inf/v11n1/v11n1a06.pdf>
- González, C., Sánchez, G. A., Castro, C. C., Gómez, C., Molina, F., y Velásquez, L. E. (2013). Control de fasciola hepatica en el agua de consumo animal a través de filtración rápida y lenta. *Revista EIA*, 10(19), 133-141. <http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n19/n19a12.pdf>
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ta ed.). McGRAW-HILL/Interamericana Editores, S.A. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Herrera, L. F., y Silva, J. (2019). Evaluación de la eficiencia de remoción de turbiedad y Escherichia coli en tres tasas de filtración del modelo de filtro de olla cerámica Ekofil®. *Bioingeniería*, 1-11. <https://repository.usc.edu.co/bitstream/20.500.12421/119/4/EVALUACION%20DE%20LA%20EFICIENCIA.pdf>
- Huang, J., Huang, G., An, C., He, Y., Yao, Y., Zhang, P., & Shen, J. (2018). Performance of ceramic disk filter coated with nano ZnO for removing Escherichia coli from water in small rural and remote communities of developing regions. *Environmental Pollution*, 238, 52-62. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.03.008>
- Ibar, M. (17 de octubre de 2013). *Salmonella spp.* <https://es.slideshare.net/maribarvet/salmonella-spp-27313277>
- Khuntia, S., Mishra, R. N., Sahu, A. K., & Beuria, P. C. (2002). Terafil Water Filter - A Solution for drinking Water Problems Of Developing Countries . En S. Chakrabarti,

- A, Bandopadhyay y H.S. Ray. (Ed.), *Energy Efficient & Environment Friendly Technologies For Rural Development* (pp. 117-123). Allied Publishers PVT. LTD. https://books.google.com.pe/books?id=ZGCTP8Rcp4wC&pg=PA123&lpg=PA123&dq=terafil+Khuntia&source=bl&ots=0vhWMQqhcf&sig=ACfU3U3Cd7m_KEPfC85rHMRej_3D7rCInQ&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwj62PyLiYD1AhXTtTEKHWbhBH4Q6AF6BAGZEA M#v=onepage&q&f=false
- Lantagne, D. S. (2001). *Investigación del filtro de barro impregnado con plata*. <http://www.recintodesign.com/filtroekofil.com/estudios/Daniele%20S.%20Lantagne%20USAID%202001.pdf>
- López, S. J., y Martín, S. (2015). *UF1666: Depuración de aguas residuales* (5.^a ed.). Editorial Elearnig S.L. <https://books.google.com.pe/books?id=9cJWDwAAQBAJ&pg=PA48&dq=conductividad,+turbidez+del+agua&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwji1aGemeTrAhVs1lkKHZoxBAsQ6AEwAXoECAQQ Ag#v=onepage&q=conductividad%2C%20turbidez%20del%20agua&f=false>
- Lozano, W. A. (2013). *Calidad fisicoquímica del agua*. <https://books.google.com.pe/books?id=Ok0DwAAQBAJ&pg=PT15&dq=calidad+agua&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiEp7ez2t3rAhVFE7kGHUsUAjCQ6AEwAHoECAQQ Ag#v=onepage&q=calidad%20agua&f=false>
- Mamani, L. V. (2012). *Presencia de protozoarios y helmintos en agua de consumo humano de la región Moquegua* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann]. http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/1940/104_2012_mamani_mamani_lv_faci_biologia_microbiologia.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Martínez, R. (2017). *Salud y Enfermedad del Niño y Adolescente* (8.^a ed.). Editorial El Manual Moderno S.A. de C.V. <https://books.google.com.pe/books?id=700-DgAAQBAJ&pg=PT1182&dq=diametro+escherichia+coli,+campylobacter+jejuni>

&hl=es-

419&sa=X&ved=2ahUKEwjRpLv2df0AhVASzABHamJBIsQ6AF6BAgHEAI#v=onepage&q&f=false

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Alternativas Tecnológicas en Agua y Saneamiento para el Sector Rural*.

Ministerio de Salud [MINSA]. (2011). *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano: DS N° 031-2010-SA*.
https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/391087/Reglamento_de_la_calidad_del_agua_para_consumo_humano__D.S._N%C2%BA_031-2010-SA20191017-26355-1yv4hfm.pdf

Molina, J., y Garcia, R. (Julio de 2019). *Género Campylobacter*.
<http://liceaga.facmed.unam.mx/deptos/myp/wp-content/uploads/2019/07/GE%CC%81NERO-Campylobacter-DE-JOSE-MOLINA..pdf>

Muciño, A., y Santa Ana, P. (18 de Mayo de 2018). *Granulometría de la Arena*.
http://leias.fa.unam.mx/wp-content/uploads/2018/05/180515_Practica8_W_LMSE.pdf

Muñoz, V., y Frade, C. (2005). Blastocystis Hominis: Parásito Enigmático. *Cuadernos Hospital de Clínicas*, 50(1), 78-87. <http://www.scielo.org.bo/pdf/chc/v50n1/a11.pdf>

Murillo, W. E., Reyes, J. M., Castro, J. E., y Murillo, A. M. (2017). *Parasitosis Intestinales*. Compás Editorial.
<http://142.93.18.15:8080/jspui/bitstream/123456789/92/1/Libro%20PARASITOLOGIA%20margen%20corregido-ilovepdf-compressed.pdf>

MyGov. (19 de Enero de 2017). *Terafil Water Filter—An Affordable Clean Water Solution*.
<https://blog.mygov.in/terafil-water-filter-an-affordable-clean-water-solution/>

Navone, G. T., Achinelly, M. F., Notarnicola, J., y Zonta, M. L. (2017). *Macroparásitos: Diversidad y Biología*. Editorial de la Universidad de la Plata.
http://naturalis.fcnym.unlp.edu.ar/repositorio/_documentos/sipcyt/bfa005966.pdf

- Negrón. (2009). *Microbiología Estomatológica, Fundamentos y Guía Práctica* (2.^a ed.). Editorial Médica Panamericana S.A. <https://books.google.com.pe/books?id=Gxmui-vjZBgC&pg=PR5&dq=microbiologia++parasitologia&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiLt5OXhI32AhUBRzABHZARCYsQ6AF6BAgHEAI#v=onepage&q&f=false>
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2018). *Guías para la calidad del agua de consumo humano*. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf?ua=1>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (11 de Enero de 2022). *Teniasis y cisticercosis*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/taeniasis-cysticercosis#:~:text=a%20los%20cerdos,-,Los%20huevos%20de%20T.,efectos%20devastadores%20para%20la%20salud>.
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (21 de Marzo de 2022). *Agua*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- Ormaechea, E. (11 de Marzo de 2021). *Tinción de Gram*. <https://www.salud.mapfre.es/pruebas-diagnosticas/otras-pruebas-diagnosticas/tincion-de-gram/>
- Parada, R. (8 de Febrero de 2021). *Bacterias Gram negativas*. Liferder. <https://www.liferder.com/bacterias-gram-negativas/>
- Paredes, J. (2013). *Importancia del agua*. <https://www.usmp.edu.pe/publicaciones/boletin/fia/info86/articulos/importanciaAgua.html>
- Pereira, Á., y Pérez, M. (2004). Trematodosis hepáticas. *Elsevier*, 23(4), 116-124. <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-trematodosis-hepaticas-13060307>

Pérez, A., Díaz, J., y González, G. P. (2014). Estudio comparativo de dos sistemas de filtración casera para el tratamiento de agua para consumo humano. *Ingenium*, 8(22), 11-20.

https://www.researchgate.net/publication/272086473_Estudio_comparativo_de_dos_sistemas_de_filtracion_casera_para_el_tratamiento_de_agua_para_consumo_humano

Potter for Peace. (2019). *Ceramic Water Filter Program*.

<https://www.pottersforpeace.org/ceramic-water-filter-project>

Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de la Unesco [WWAP]. (2019).

Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019: No dejar a nadie atrás. <https://www.acnur.org/5c93e4c34.pdf>

Pure Water. (2019). *Filtro Familiar – Velas de Cerámica – Humanitario*.

<https://purewater.com.co/product/filtro-familiar-velas-de-ceramica/>

Puro. (2014). *SEM picture of Terafil*.

http://www.purowaterfilters.com/terafil_manufacturing2.php

Ramos, M. L. (2002). Historia de la tecnología cerámica: ensayo experimental de su

manufactura. En J. Torres (Ed), *Historica et Philologica* (pp. 255 - 280). Servicio de publicaciones de la Universidad de Cantabria.

<https://books.google.com.pe/books?id=kKXK3hznzjwC&pg=PA256&dq=las+arcillas+y+sus+propiedades&hl=es->

[419&sa=X&ved=2ahUKEwjPnvqekJLqAhXoRTABHeZSAtoQ6AEwA3oECAIQAg#v=onepage&q=las%20arcillas%20y%20sus%20propiedades&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=kKXK3hznzjwC&pg=PA256&dq=las+arcillas+y+sus+propiedades&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjPnvqekJLqAhXoRTABHeZSAtoQ6AEwA3oECAIQAg#v=onepage&q=las%20arcillas%20y%20sus%20propiedades&f=false)

Rivera, M., De La Parte, M. A., Hurtado, P., Magaldi, L., y Collazo, M. (2002). Giardiasis intestinal. Mini-Revisión. *Investigación Clínica*, 43(2)

http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0535-51332002000200007

Romero, R. (2007). *Microbiología y Parasitología Humana: bases etiológicas de las enfermedades infecciosas y parasitarias* (3.^a ed.). Editorial Médica Panamericana.

<https://books.google.com.pe/books?id=Wv026CUhR6YC&pg=PA875&dq=pseudo>

mona+aeruginosa&hl=es-

419&sa=X&ved=2ahUKEwivqtDdtp72AhWWSTABHfRvAggQ6AF6BAgFEAI#

v=onepage&q&f=false

Ryan, K., y Ray, G. (2017). Enterovirus. En Sherris. (Ed.), *Microbiología Médica* (6.^a ed.). McGraw Hill

<https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=2169§ionid=162>

980676

Sánchez, A. (5 de Marzo de 2018). *De la madera se aprovecha todo: Astillas, serrín y corteza*. Maderea. <https://www.maderea.es/de-la-madera-se-aprovecha-todo-astillas-serrin-y-corteza/>

Soberanis, N. E. (2010). *Determinación de la presencia de protozoos comensales y su asociación con signos y síntomas gastrointestinales en una población de estudiantes de Iero. Básico del establecimiento Belén* [Tesis de Pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2999.pdf

Solano, R. (2017). *Transformáte y vive en equilibrio*.

<https://books.google.com.pe/books?id=O5teDwAAQBAJ&pg=PT90&dq=plata+coloidal+germicida&hl=es->

419&sa=X&ved=2ahUKEwif2um3wZPqAhWyTDABHXhhCpoQ6AEwAXoECA YQAg#v=onepage&q=plata%20coloidal%20germicida&f=false

Solarte, Y., Peña, M., y Madera, C. (2006). Transmisión de protozoarios patógenos a través del agua para consumo humano. *Corporación Editora Médica del Valle*, 37(1), 74-82. <http://www.scielo.org.co/pdf/cm/v37n1/v37n1a11.pdf>

Soriano, F. H. (2014). *Eficiencia del filtro de arcilla en la purificación del agua para consumo humano en Cajamarca* [Tesis de Pregrado, Universidad Privada del Norte] <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/6813/SORIANO%20ORTIZ%20%20FANNY%20HAYDE%c3%89.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Talavera, M. E., Zea, I., Vera, C., Zea, J., y Benavente, L. R. (2018). Aplicación del nanocomposito arcilla - carboximetilquitosano - nanopartículas de plata en filtros

para el tratamiento de aguas de consumo de zonas rurales de Camaná, Arequipa. *Rev Soc Quím Perú*, 84(4), 499-512.
<http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v84n4/a10v84n4.pdf>

Toledano, J. E. (2013). *Manual de Diagnóstico Microbiológico* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de México] https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/qfb/tesis/tesis_toledano_tableros.pdf

Tortora, Funke, y Case. (2007). *Introducción a la Microbiología* (9.^a ed.). Editorial Médica Panamericana, S.A.
<https://books.google.com.pe/books?id=Nxb3iETuwpIC&pg=PA389&dq=tama%C3%B1o+de+los+virus&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjAqonhr9r0AhUISzABHY0IDSsQ6AF6BAgLEAI#v=onepage&q&f=false>

Varó, P. y Segura, M. (2009). *Curso de Manipulador de Agua de Consumo Humano*.
<https://books.google.com.pe/books?id=qKOAkGkYE1QC&pg=PA118&dq=agua+potable+concepto+definicion&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiJoo70-4r2AhUxQjABHRFsDz8Q6AF6BAgEEAI#v=onepage&q&f=false>

Vásquez, E. (2005). *Materiales Cerámicos. Propiedades, Aplicaciones y elaboración*.
<https://books.google.com.pe/books?id=ar6MRNYWESUC&pg=PA41&dq=arcilla+roja&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjZ47GR2t32AhXQQjABHcbKBqEQ6AF6BAgDEAI#v=onepage&q&f=false>

Weepiu, J. K. (2016). *Evaluación de los filtros cerámicos para mejorar la calidad del agua para consumo humano en el sector San Mateo, Moyobamba, 2015* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Martín]
http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/2393/TP_ISA_00016_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ANEXOS

ANEXO N° 1: Matriz de Consistencia

Título	Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Diseño de la Investigación
“Eficiencia de Tres Filtros Cerámicos en el Control de los Principales Patógenos Acuáticos en el Agua de Consumo Humano”	Problema General ¿Cuál es la eficiencia de tres filtros cerámicos en el control de los principales patógenos acuáticos en el agua de consumo humano?	Objetivo General Evaluar la eficiencia de tres filtros cerámicos en el control de los principales patógenos acuáticos en el agua de consumo humano.	Hipótesis General Los tres tipos de filtros cerámicos tienen una alta eficiencia en el control de los principales patógenos acuáticos en el agua de consumo humano, por ende, logran mejorar su calidad.	Variable Dependiente Retención de contaminantes microbiológicos	Microbiológicos ✓ Bacterias ✓ Virus ✓ Quistes protozoos ✓ Huevos de helmintos	El diseño de la investigación es: ✓ No Experimental Tipo de investigación: Descriptivo
		Objetivos Específicos ✓ Identificar los diferentes tipos y	Hipótesis Específicas ✓ A nivel mundial si existen diferentes tipos de filtros cerámicos y también hay	Variable Independiente Tipos y marcas de filtros cerámicos.	Tamaño de poro de los filtros cerámicos	

-
- | | |
|---|---|
| marcas existentes de los filtros cerámicos. | una variedad de marcas reconocidas en el mercado. |
| ✓ Reconocer los componentes y tamaños de los poros de los tres tipos de filtros cerámicos en estudio. | ✓ Los componentes y tamaños de los poros de los tres tipos de filtros cerámicos varían en función a la institución o empresa que lo elabora. |
| ✓ Comparar la remoción de contaminantes microbiológicos de los 3 tipos de filtros con la Normativa Nacional e Internacional Europea y de la OMS | ✓ Los tres tipos de filtros cerámicos remueven eficazmente los contaminantes microbiológicos cumpliendo de esta manera con la Normativa Nacional e Internacional Europea y de la OMS. |
-

ANEXO N°2: Matriz de Base de Datos

N°	Tipo	Marca	País de Origen del filtro	Historia del filtro
1	Olla	Ecofiltro	Guatemala	<p>El filtro de barro impregnado con plata coloidal fue desarrollado en 1981 por el Dr. Fernando Mazariegos del Instituto Centroamericano de Investigaciones Industriales (ICAITI) en Guatemala, teniendo como finalidad mejorar la calidad bacteriológica del agua y de esta manera fuera más segura para la población. Fue a partir del Huracán Mitch de 1998 que Ceramistas Por la Paz tuvieron interés por este filtro, empezando su producción y promoviendo su uso (Potters for Peace, 2019). Siendo en el año 2001 donde esta red sin fines de lucro que contrata a Lantagne a fin de evaluar el filtro, tanto en su efectividad como el comportamiento que presenta bajo condiciones de campo, encontrándose que este logra remover la bacteria <i>Escherichia coli</i>, debido a los pequeños tamaños de los poros, siendo estos entre 0.6 y 3 um, así como también la eliminación de coliformes fecales y totales, aunque no en un 100% por lo cual señala la necesidad de la plata coloidal para completar la inactivación de las mismas, así mismo, indica la importancia del cepillado del filtro, entre otros (Lantagne, 2001).</p>
2	Vela	Doulton	Londres	<p>El filtro cerámico en forma de vela fue inventado por Henry Doulton en el año 1826, cuando Londres era abastecida de agua por el río Támesis, en el cual a su vez era contaminado por desagües, generando diversas enfermedades en la población. A partir de allí, Doulton descubrió que el filtrado del agua a través de una cerámica porosa evitaría contraer el cólera y otras</p>

enfermedades transmitidas por el agua (Filtros de Aguas, 2021). Generando su producción desde el año 1827 a fin de que estas puedan eliminar las bacterias del agua potable (Doulton, 2019).

Este filtro fue desarrollado por los hermanos De Stéfani en 1947, los cuales constituyeron su empresa en la ciudad de Jaboticabal São Paulo – Brasil, iniciando sus actividades de elaboración de filtros naturales y ecológicos con un proceso producción de cerámica manual. Actualmente se siguen fabricando de forma manual combinando con modernas tecnologías, obteniéndose productos de buena calidad y distribuyéndose a nivel local e internacional (Cerámica Stéfani S.A., 2020).

3 Vela Stéfani Brasil

Fue inventado por Surendra Khuntia en el año 1998 en Bhubaneshwar, Orissa – India, surgiendo a partir de que el agua potable insegura representaba un riesgo de enfermedades para más de 800 millones de personas en las zonas rurales de la India, predominando la diarrea en los niños. Entre el año 1999 y 2000 se distribuyó 1000 filtros de agua a las víctimas del ciclón en las zonas afectadas de Orissa; posteriormente, diferentes departamentos, ONGs, Organizaciones como UNICEF Y OXFAM han distribuido cerca de 30000 filtros en zonas rurales; de igual forma, se instalaron en escuelas, centros comunitarios y aldeas en Orissa. Actualmente, tales esfuerzos se vienen replicando en otros estados bajo el gobierno central. (MyGov, 2017; Cheena, 2010).

4 Disco Terafil India

ANEXO N°3: Fichas de datos

Anexo N° 3A: Tamaños de los poros de los filtros cerámicos

Tipo de Filtro	Marca	Autor/es	Tamaño de los poros de los filtros (μm)
Olla	Ecofiltro	Lantagne (2001)	0.6 - 3
	Doulton	Doulton (2021)	0.5
Vela	Stéfani	Pure Water (2019)	0.5 - 1
	Terafil	Puro (2014)	0.2 – 0.3

Anexo N°3B: Datos del tamaño de las bacterias patógenas presentes en el agua de consumo

Categoría	Patógeno	Tamaño, ancho x largo (μm)	Fuente
Bacterias	<i>Escherichia coli</i>	1 x 3	(Tortora et al., 2007, p. 388)
	<i>Campylobacter jejuni</i>	0.5 x 4	(Molina y García, 2019, p. 1)
	<i>Shigella</i>	0.8 x 1.5	(Puerta y Mateo, 2005 como se citó en Escobar y Tercero, 2015, p. 10)
	<i>Salmonella</i>	1 x 3	(Ibar, 2013, diap. 55)
	<i>Legionella pneumophila</i>	0.5 x 2	(Toledano, 2013, p. 34)
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0.8 x 3.8	(Díaz, 2016, p. 14)

Anexo N°3C: Datos del tamaño de los virus patógenos presentes en el agua de consumo

Categoría	Patógeno	Tam. Mínimo (nm)	Tam. Máximo (nm)	Fuente
Virus	<i>Hepatitis A</i>	25	28	(Figueroa, 1996, párr. 11)
	<i>Hepatitis E</i>	27	37	(Figueroa, 1996, párr. 15)
	<i>Enterovirus</i>	22	30	(Ryan y Ray, 2017, p. 1)
	<i>Adenovirus</i>	70	90	(Cónsole, 2021, p. 28)
	<i>Reovirus</i>	60	80	(Carroll et al., 2022, p. 2)
	<i>Rotavirus</i>	60	80	(Cónsole, 2021, p. 38)

Anexo N°3D: Datos del tamaño de los protozoos presentes en el agua de consumo humano

Categoría	Patógeno	Tam. Mínimo (µm)	Tam. Máximo (µm)	Fuente
Protozoos	<i>Entamoeba histolytica (quiste)</i>	10	16	(Gómez et al., 2007, p. 37)
	<i>Cryptosporidium (ooquiste)</i>	4.5	5.9	(Del Coco et al., 2009, p. 187)
	<i>Blastocystis hominis (quiste)</i>	3	5	(Muñoz y Frade, 2005, p. 82)

Categoría	Patogeneidad discutida	Tam. Mínimo (µm)	Tam. Máximo (µm)	Fuente
Protozoos	<i>Entamoeba coli (quiste)</i>	10	35	(Ash y Oriel, 2007, p.45)
	<i>Endolimax nana (quiste)</i>	5	10	(Ash y Oriel, 2007, p. 57)

Categoría	Patógeno	Tamaño, ancho x largo (µm)	Fuente
Protozoo	<i>Giardia lamblia (quiste)</i>	8 x 10	(Rivera, et al., 2002, párr. 18)

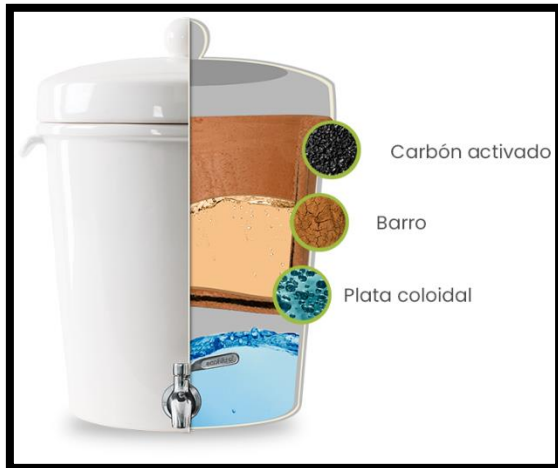
Anexo N°3E: Datos del tamaño de los helmintos patógenos presentes en el agua de consumo

Categoría	Patógeno	Tamaño, ancho x largo (µm)		Fuente
Helmintos	<i>Ascaris lumbricoides</i> (huevos)	45 x 60		(Brooke y Melvin, 2000, p. 13)
	<i>Trichuris trichiura</i> (huevos)	22 x 54		(Brooke y Melvin, 2000) p. 13)
	<i>Fasciola hepática</i> (huevos)	63 x 150		(Chávez, 2018, p. 2)

Categoría	Patógeno	Tam. Mínimo (µm)	Tam. Máximo (µm)	Fuente
Helminto	<i>Taenia solium</i> (huevos)	31	43	(Brooke y Melvin, 2000, p. 16)

Anexo N°4: Filtros Cerámicos

Anexo N°4A: Filtro cerámico en forma de olla



Fuente: Amazon (s.f.)



Fuente: “Ecofiltro: el nuevo purificador de agua” (2021)

Anexo N°4B: Filtro cerámico de Vela



Fuente: Pure Water (2019)

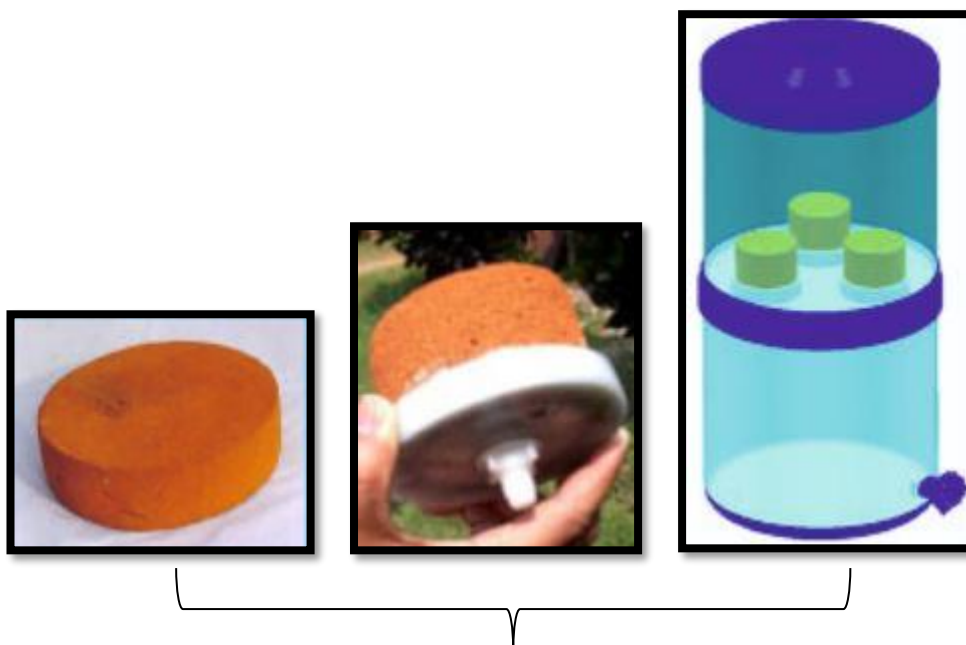


Fuente: Filtros de Aguas (2022)



Fuente: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2010).

Anexo N°4C: Filtro en forma de disco



Fuente: Puro (2014)

Anexo N° 5: D.S. N° 031-2010-S.A. – Reglamento de la calidad del agua para consumo humano

ANEXO I
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. <i>E. Coli</i>	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	Nº org/L	0
6. Virus	UFC / mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	Nº org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias

(*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 /100 ml

Anexo N° 6: Guías para la calidad del agua de consumo humano – 2011 (OMS)

Cuadro 7.10 Valores de referencia para la verificación de la calidad microbiológica^a (vea también el cuadro 5.2)

Organismos	Valor de referencia
Toda agua destinada directamente para beber	
<i>E. coli</i> o bacterias coliformes termotolerantes ^{b,c}	No se debe detectar en ninguna muestra de 100 ml
Agua tratada que ingresa al sistema de distribución	
<i>E. coli</i> o bacterias coliformes termotolerantes ^b	No se debe detectar en ninguna muestra de 100 ml
Agua tratada en el sistema de distribución	
<i>E. coli</i> o bacterias coliformes termotolerantes ^b	No se debe detectar en ninguna muestra de 100 ml

^a Se debe tomar acción e investigar inmediatamente si se detecta *E. coli*.

^b Aunque *E. coli* es el indicador de contaminación fecal más preciso, el recuento de bacterias coliformes termotolerantes es una alternativa aceptable. En caso necesario, se deben realizar los análisis de confirmación pertinentes. Las bacterias coliformes totales no son indicadores aceptables de la calidad sanitaria del abastecimiento de agua, sobre todo en zonas tropicales donde numerosas bacterias que no tienen relevancia sanitaria están presentes en casi todos los sistemas de abastecimiento sin tratamiento.

^c Se reconoce que en la gran mayoría de los sistemas de abastecimiento de agua rurales, sobre todo en los países en desarrollo, la contaminación fecal es frecuente. En estas condiciones, se deben establecer metas de mediano plazo para mejorar progresivamente los sistemas de abastecimiento de agua.

Anexo N°7: Directiva 98/83/CE del Consejo de la Unión Europea relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano

5.12.98

ES

Diario Oficial de las Comunidades Europeas

L 330/41

ANEXO I

PARÁMETROS Y VALORES PARAMÉTRICOS

PARTE A

Parámetros microbiológicos

Parámetro	Valor paramétrico (número/100 ml)
<i>Escherichia coli</i> (E. coli)	0
Enterococos	0

A las aguas comercializadas en botellas u otros recipientes se aplicarán los valores siguientes:

Parámetro	Valor paramétrico
<i>Escherichia coli</i> (E. coli)	0/250 ml
Enterococos	0/250 ml
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0/250 ml
Recuento de colonias a 22 °C	100/ml
Recuento de colonias a 37 °C	20/ml