



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**  
**CARRERA DE LABORATORIO CLINICO E HISTOPATOLOGICO**

Informe final de investigación previo a la obtención del título de Licenciada en Ciencias de la Salud en Laboratorio Clínico e Histopatológico

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Verificación de bacterias de transmisión hídrica después de la utilización de materiales locales como lechos filtrantes

Autores:

Denisse Iveth Cadena Samaniego

Betzy Juliette Moreno Salazar

Tutor: Mgs. Félix Ataír Falconí Ontaneda

**Riobamba – Ecuador 2020**

## APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Los miembros del Tribunal de Graduación del Proyecto de Investigación de título: **“Verificación de bacterias de transmisión hídrica después de la utilización de materiales locales como lechos filtrantes”**, presentado por Denisse Iveth Cadena Samaniego y Betzy Juliette Moreno Salazar, dirigido por Mgs. Félix Ataír Falconí Ontaneda, una vez escuchada la defensa oral y realizado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación, escrito en el cual se ha constado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ciencias de la Salud de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman:

Mgs. Ximena Robalino F.  
**Presidente del Tribunal**

.....  
Firma

Mgs. Yisela Ramos C.  
**Miembro del Tribunal**

.....  
Firma

Mgs. Celio García R.  
**Miembro del Tribunal**

.....  
Firma

## CERTIFICACIÓN

Yo, Félix Ataír Falconí Ontaneda, docente de la Carrera de Laboratorio Clínico e Histopatológico, en calidad de tutor del trabajo de titulación con el tema: **“Verificación de bacterias de transmisión hídrica después de la utilización de materiales locales como lechos filtrantes”** propuesto por la estudiante Denisse Iveth Cadena Samaniego, egresada de la Carrera de Laboratorio Clínico e Histopatológico de la Facultad de Ciencias de la Salud, luego de haber elaborado las debidas correcciones, certifico que se encuentra apta, para la defensa pública del proyecto. En todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultado el interesado hacer uso de este presente documento para los trámites correspondientes.

  
Firma digital para:  
Cada A. 19/05/2020 10:05:10  
Mgs. Félix Ataír Falconí Ontaneda  
TUTOR

-----  
Mgs. Félix Ataír Falconí Ontaneda

**TUTOR**

Docente de la Carrera de Laboratorio Clínico e Histopatológico

## CERTIFICACIÓN

Yo, Félix Ataír Falconí Ontaneda, docente de la Carrera de Laboratorio Clínico e Histopatológico, en calidad de tutor del trabajo de titulación con el tema: **“Verificación de bacterias de transmisión hídrica después de la utilización de materiales locales como lechos filtrantes”** propuesto por la estudiante Betzy Juliette Moreno Salazar, egresada de la Carrera de Laboratorio Clínico e Histopatológico de la Facultad de Ciencias de la Salud, luego de haber elaborado las debidas correcciones, certifico que se encuentra apta, para la defensa pública del proyecto. En todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultado el interesado hacer uso de este presente documento para los trámites correspondientes.

  
Firma válida para:  
Certif. Ap. de F. C. II. oreño B. 12/5/2020  
Mgs. Félix Ataír Falconí Ontaneda  
**TUTOR**

---

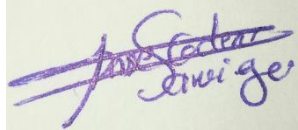
Mgs. Félix Ataír Falconí Ontaneda

**TUTOR**

Docente de la Carrera de Laboratorio Clínico e Histopatológico

## AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad del contenido de este trabajo de Graduación, pertenece a: Denisse Iveth Cadena Samaniego con la cédula de identidad 1719085050 y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.



---

Denisse Iveth Cadena Samaniego

C.I.: 1719085050

## AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad del contenido de este trabajo de Graduación, pertenece a: Betzy Juliette Moreno Salazar con la cédula de identidad 0605061563 y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.



---

Betzy Juliette Moreno Salazar

C.I.: 0605061563

## **AGRADECIMIENTO**

Mi profundo agradecimiento a la Universidad Nacional de Chimborazo, a la carrera de Laboratorio Clínico e Histopatológico, a mi tutor quien fue una guía importante para el desarrollo de este proyecto, a los distinguidos docentes quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada uno de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

**Betzy Juliette Moreno Salazar**

Mis sinceros agradecimientos a la carrera de Laboratorio Clínico e Histopatológico la cual me fomento los conocimientos alcanzados en este trayecto, a mi tutor, quien con su conocimiento y su guía fue una pieza clave para que pudiera desarrollar todo el proyecto, a todos los docentes que con su conocimiento colaboraron con su conocimiento y experiencia colaboraron a esta investigación. Por último, quiero agradecer a mi familia quienes con sus consejos fueron el motor de arranque y mi constante motivación, muchas gracias por su paciencia y comprensión, y sobre todo por su amor.

***Denisse Iveth Cadena Samaniego***

## **DEDICATORIA**

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida, por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más. A mi madre por ser la persona que me ha acompañado durante todo mi trayecto estudiantil y de vida. A mi padre quien con sus consejos ha sabido guiarme para culminar mi carrera profesional.

A mi hija Brianna que con tan corta edad me ha dado el impulso y fuerzas de seguir adelante para llenarla de orgullo y ha sido mi motor y motivo de lucha, ya que sin ella todo sería más difícil. A mi novio que con su amor y paciencia me ha apoyado. A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional.

### ***Betzy Juliette Moreno Salazar***

A Dios quien con su bendición ayuda siempre en mi vida cotidiana, a mi madre y mi hermana, por estar conmigo, por enseñarme a crecer y a que si caigo debo levantarme, por apoyarme y guiarme, por ser las bases que me ayudaron a llegar hasta aquí, por estar siempre en los momentos buenos y malos.

A mi familia en general quienes han sido parte fundamental para culminar con esta etapa académica tan importante en mi vida, ellos son quienes me dieron grandes enseñanzas y los principales consejos que me ayudaron a ser la persona que soy y los protagonistas de este “sueño alcanzado”.

### ***Denisse Iveth Cadena Samaniego***



## ÍNDICE

RESUMEN .....	1
ABSTRACT .....	2
INTRODUCCIÓN .....	3
OBJETIVOS .....	6
Objetivo general: .....	6
Objetivos específicos:.....	6
CAPÍTULO I.....	7
1.MARCO TEÓRICO O ESTADO DEL ARTE RELACIONADO A LA TEMÁTICA.....	7
1.1.Consumo de agua.....	7
1.2.Bacterias .....	7
1.3.Tinción Gram.....	8
1.4.Enfermedades provocadas por el consumo del agua y bacterias indicadoras de contaminación .....	9
1.4.1.Shigelosis.....	9
1.4.2.Salmonelosis.....	10
1.4.3.Cólera.....	10
1.4.4. <i>Escherichia coli</i> .....	10
1.4.5. <i>Staphylococcus aureus</i> .....	11
1.5.Crecimiento microbiano .....	11
1.6.Lechos Filtrantes.....	12
1.7.Medios filtrantes .....	13
1.8.Filtración lenta con arena .....	13
1.9.Carbón activado.....	13
1.10.Filtración con diatomea .....	14
1.11.Ventajas y desventajas de los filtros de agua con tierras de diatomeas.....	15
CAPÍTULO II.....	16
2.METODOLOGÍA.....	16
2.1.Tipo de Investigación .....	16
2.2.Población .....	16
2.3.Muestra .....	17
2.3.1.Criterios de inclusión:.....	17
2.3.2.Criterios de exclusión:.....	17
2.4.Variable de estudio.....	18

2.5.Técnicas y procedimientos .....	18
2.5.1.Técnicas.....	18
2.5.2.Instrumentos .....	18
2.6.Procedimientos .....	18
2.6.1.Consideraciones éticas.....	21
CAPÍTULO III .....	22
3.RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	22
3.1.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	40
3.1.1.CONCLUSIONES.....	40
3.1.2.RECOMENDACIONES .....	41
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	42
ANEXOS .....	45

## RESUMEN

Las bacterias son microorganismos cosmopolitas que se pueden encontrar en todo el mundo y en diferentes medios como: alimentos, aire, agua, entre otros; vehiculizados principalmente por el agua he ahí la necesidad de la investigación, cuyo objetivo fue verificar las bacterias de transmisión hídrica después de la utilización de materiales locales como lechos filtrantes, los cuales por su diferente porosidad proveen la retención de microorganismos tanto de tipo cocos como bacilos por su tamaño, aplicándose técnicas de siembra, cultivo e identificación. Se comprobó que dentro del rango intermedio si existe crecimiento bacteriano  $\geq 100$  UFC/100ml acorde a la Organización Mundial de la Salud la eficacia no es 100%, en cuanto a la purificación del agua con el uso de tierras de diatomea de origen de Guayaquil y Palmira ya que el crecimiento bacteriano que se evidencio posterior a la filtración fue mayor a lo esperado en los filtros. Por lo tanto, se puede decir que, la aplicación de filtros es de gran utilidad y eficacia siempre y cuando la tierra de diatomea cumpla con una elevada capacidad filtrante, no se utilicen floculantes, para así retener las bacterias, también su diseño y estructura estén correctamente equipados con materiales específicos para retener a los microorganismos presentes en el recurso hídrico, además no ser usados por corrientes fuertes de agua. Dicha afirmación no se cumplió en la presente investigación ya que las tierras de diatomea demostraron no ser suficientemente efectivas para la purificación del agua.

**Palabras claves:** Tierra de diatomea, cocos, bacilos, floculantes

## ABSTRACT

Bacterias are cosmopolitan microorganisms that are throughout the world, and they live in different media such as food, air, water, among others. They are carried mainly by water; this is the need for research, the objective of which was to verify the bacteria of water transmission after the use of local materials such as filter beds, which, due to their different porosity, provide the retention of both cocci and bacillus microorganisms based on its size, applying seeding, cultivation, and identification techniques. It was a fact that within the intermediate range if there is bacterial growth  $\geq 100$  CFU / 100ml according to the World Health Organization, the efficacy is not 100%. In terms of water purification with the use of diatomaceous earth of Guayaquil origin and Palmira since the bacterial growth that was evident after the filtration was more excellent than expected in the filters. Therefore, the application of filters is beneficial and efficient as long as the diatomaceous earth complies with a high filtering capacity, not to use flocculants to retain bacteria. Also, its design and structure are properly equipped with specific materials to maintain the microorganisms present in the water resource, as well as not being used by strong water currents. Said statement was not fulfilled in the present investigation since the diatomaceous earth proved not to be effective enough for water purification.

**Keywords:** Diatomaceous earth, cocci, bacilli, flocculants.



Reviewed by: Marcela González R.

English Professor

## INTRODUCCIÓN

Alrededor del mundo se han documentado diversos brotes microbianos que tienen origen hídrico, algunos de los ejemplos conocidos en países incluso siendo industrializados son los que se han presentado en Estados Unidos por: *Escherichia coli* O157:H7, *Campylobacter jejuni* y *Legionella* spp., según lo publicado por la revista “Química Viva”. No obstante, el principal brote de origen hídrico fue producido por *Cryptosporidium parvum* en Milwaukee, afectando así a 403.000 personas, en las que se encontraron hospedadores inmunocomprometidos los cuales desencadenaron formas graves de dicha infección<sup>1</sup>.

En Ecuador en el año 2010 Reascos y Yard realizaron un estudio para estimar la condición del agua de consumo humano en el cantón Cotacachi. Realizaron así parámetros físico-químicos y microbiológicos al recoger muestras de agua durante la época seca y lluviosa. Llegando la conclusión que los análisis microbiológicos demuestran que en su mayoría los resultados se encuentran contaminados por coliformes fecales y coliformes totales<sup>2</sup>.

También se ha demostrado la presencia de bacterias patógenas de origen hídrico, en aguas del regadío del Río Chibunga en la ciudad de Riobamba en el año 2019, además en otras zonas rurales de la ciudad de Riobamba ya que la mayor parte de comunidades en donde se encontró que no posee agua de calidad para consumo humano puesto que en este sector se abastecen principalmente de agua entubada. La distribución de agua en ese sector se la hace directamente a través de tuberías sin previo tratamiento correspondiente<sup>3</sup>.

Por este motivo, se ha previsto la necesidad de “Verificar bacterias de transmisión hídrica después de la utilización de lechos filtrantes”. Con la finalidad de comparar y demostrar la capacidad de filtración y purificación del agua frente a bacterias que puedan ser vehiculizadas en ella. Para lo cual, se aplicaron cuatro técnicas que fueron: suspensión de bacterias en dilución, filtración, cultivo y cuantificación de colonias del material filtrado para de esta manera comprobar la eficacia de los lechos filtrantes.

Para mejorar la calidad del agua que a diario consume la gente, la cual llega directamente al grifo sin saber cuántos microorganismos contiene, se implementó la utilización de los filtros por que atrapa las partículas que el agua posee como arena, polvo y de relevancia en esta investigación las bacterias, y así prevenir las afecciones humanas provocadas por el agua no

tratada y dar a conocer que existe un medio económico por el cual el agua puede ser de consumo humano seguro.

Las bacterias tienen en el agua una vía perfecta de transmisión o vehiculización y, por lo tanto, se han utilizado como indicadores ideales de contaminación, incluso estas podrían sobrevivir de semanas a meses en agua potable y en agua superficial natural. El agua adecuada para el consumo humano puede ser contaminada en los kilómetros de trayecto que recorre, incluso mediante las conexiones cruzadas, conexiones domiciliarias, cisternas y reservorios de agua que tengan algún tipo de defecto, grifos en mal estado o con daños además reparaciones realizadas sin las mínimas medidas de seguridad<sup>4</sup>.

Así también, la construcción defectuosa en las estructuras de pozos o depósitos, irregularidades en el mantenimiento de estas instalaciones son causas que predisponen el ingreso y multiplicación de microorganismos a partir de distintas fuentes. Los agentes involucrados en la transmisión hídrica son las bacterias, que pueden causar enfermedades con diferentes niveles de gravedad, desde gastroenteritis simple hasta casos fatales de disentería, hepatitis o fiebre tifoidea<sup>5</sup>. La gran mayoría de los patógenos como son: *Shigella* sp., *Salmonella* sp., *Escherichia* sp., *Enterobacter* sp., entre otras provocan enfermedades diarreicas agudas o intestinales las cuales se producen por la mala calidad del agua que afectan a las personas en especial los grupos más vulnerables como son los niños, adultos mayores y personas que poseen un sistema inmunológico deprimido o comprometido<sup>6</sup>.

Ante esta situación la utilización de filtros ha sido por una parte de gran ayuda ya que este sistema permite retener compuestos indeseables del agua y la remoción de microorganismos. Además, una de las funciones importantes de un medio de filtración es que ofrezcan una barrera con tamaños de poros apropiados en la que los poros son más pequeños que los microorganismos infecciosos, que son separados del fluido y retenidos en el filtro<sup>6</sup>.

No obstante, se debe evaluar filtros que sean accesibles en costo y fáciles de conseguir a la mayor parte de los ciudadanos, pero sobre todo que el filtro sea eficaz en la separación de las bacterias. Este trabajo de investigación va encaminado a la utilización de un filtro construido con materiales locales como lechos filtrantes donde la contribución científica que se ofrecerá será de gran resultado tanto para la comunidad académica y de investigadores.

Teniendo en cuenta que es posible eliminar la gran mayoría de microorganismos presentes en el agua con diferentes métodos como es el uso de filtros se espera obtener una mejor calidad de agua potable para el consumo humano, misma que deberá tener una carga bacteriana baja o nula evidenciando así la viabilidad del uso de filtros para agua; a diferencia de la gran mayoría de los filtros que se disponen que en realidad no garantizan que el agua al atravesar por él sea consumible y que esté libre de microorganismos patógenos debido a que sus velocidades son pequeñas, necesitan un mantenimiento constante, trabajan a presión, no remueven el material fino o no retiene material orgánico. Por otra parte, el acceso a estos filtros comerciales no está al alcance de todas las personas ya que no todos poseen una buena economía para adquirirlos por sus precios altos<sup>7</sup>.

Finalmente, el presente trabajo se dividirá en secciones denominadas como capítulos: en el capítulo I, se encuentra el estado del arte relacionado a la temática. A continuación, en el capítulo II, se detalla la metodología aplicada, lo cual incluye el diseño metodológico de la investigación, población, muestra y procedimiento. Por último, en el capítulo III, se mencionan los resultados y discusión que surgieron a partir de la investigación realizada, así como también las respectivas conclusiones y recomendaciones.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general:**

Verificar bacterias de transmisión hídrica después de la utilización de lechos filtrantes.

### **Objetivos específicos:**

- Comparar la eficacia de filtración de dos materiales de lechos filtrantes.
- Analizar muestras de agua que contiene cocos en diferentes concentraciones.
- Analizar muestras de agua que contiene bacilos en diferentes concentraciones.
- Determinar la eficacia de la filtración en relación al tiempo de uso.



## **CAPÍTULO I**

### **1. MARCO TEÓRICO**

#### **1.1. Consumo de agua**

El recurso más importante el cual es el sustento y la fuente de la vida para los seres humanos es el agua, presente en estado líquido en el planeta alrededor del 71%, y se encuentra en océanos en un 96%<sup>8</sup> las fuentes de agua pueden proceder de aguas superficiales o de aguas subterráneas e incluso de la lluvia, teniendo en cuenta que las aguas tratadas para consumo humano son de origen superficial y poseen diferentes procesos los cuales evitan la contaminación ya que la mayoría de las veces no existe un correcto tratamiento antes de ser proporcionada a hogares industrias o instituciones, procedimientos tales como cribado, coagulación y floculación, sedimentación, filtración, y desinfección, los cuales son útiles para el consumo diario, acciones rutinarias y funcionamiento y mantenimiento de diferentes actividades que se realizan cotidianamente<sup>9</sup>.

Según el artículo 71, apartado C del capítulo V de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos indica que las personas tienen el derecho a “Conservar y proteger sus prácticas de manejo y gestión del agua en relación directa con el derecho a la salud y a la alimentación”<sup>10</sup>, es decir que por ley se debería consumir agua en las mejores condiciones de salubridad para evitar perjudicar la salud de los individuos y los diferentes tipos de enfermedades que se originan por el consumo del agua sin tratamiento, comprometiendo a las autoridades no solo de salud si no a los gobiernos de cada sector en donde habitan las personas que merecen consumir el líquido vital.

#### **1.2. Bacterias**

Las bacterias son microorganismos que se encuentran en diferentes partes de la tierra, se reproducen por fisión binaria, son capaces de sobrevivir a en condiciones extremas de temperatura y presión; y poseen diferentes formas. Como menciona Vargas *et al.*,<sup>11</sup> en una actualización clínica las bacterias pueden ser observadas a simple vista siempre y cuando estén en conjunto ya que forman colonias o mediante el microscopio, mediante el uso del

mismo presentan varias formas, tales como; esféricas o cocos, alargadas o bacilos, espirales o espirilos y espiroquetas o vibriones cada una de estas con sus características.

Las bacterias esféricas o también conocidos como cocos, que son aquellas bacterias que presentan forma redonda con agrupaciones homogéneas, su tamaño varía entre 0.8 a 1.0 micras, teniendo en cuenta que pueden presentar diversas formas como los diplococos los cuales después de su división se encuentran en pares, las tétradas los cuales forman una agrupación de cocos en forma de un cuadrado, sarcinas los cuales por su división forman cocos en disposición cubica, los estreptococos los cuales se alinean en un solo plan, formando una secuencia de cuatro o más, estafilococos, los cuales tienen una agrupación irregular de cuatro o más cocos y se suelen asemejar a un racimo de uvas, estreptococos aquellos que se dividen en un solo plano como si fuese una cadena<sup>11</sup>.

Alargadas o bacilos son bacterias, las cuales su tamaño es aproximadamente de 2 micras, forman agrupaciones heterogéneas por sus subtipos y su variedad morfológica, tales como los cilindros, en forma de bastón sean largos o delgados, pequeños o gruesos y en sus extremos presentan algunas veces variaciones siendo redondeados, rectos o afilados y Espirilos aquellas que presentan varias curvaturas como vibriones que son cortos en forma de coma, espirilos que presentan un flagelo presentando una forma helicoidal y espiroquetas las cuales presentan filamentos axiales que les permite moverse en su propio eje<sup>11</sup>.

### **1.3. Tinción Gram**

Para la diferenciación de grupos de bacterias se utiliza la tinción Gram, la cual que con el uso de sus colorantes ayudan en el diagnóstico rápido de infecciones, son Gram positivas de color azul y Gram negativas de color rojo visibles en el microscopio. Como menciona Rodríguez *et al.*,<sup>12</sup>, la tinción Gram permite observar bacterias y diferenciarlas a simple vista teniendo en cuenta que las bacterias Gram positivas son aquellas que poseen una pared gruesa e impermeable la cual resiste la decoloración y retienen la tinción azul-violeta, y las bacterias Gram negativas aquellas que tiene una capa delgada que se deshace con el alcohol-acetona, además son aquellas que se decoloran y posteriormente se tiñen con safranina.

La técnica de la tinción Gram es muy sencilla teniendo en cuenta que primero se debe realizar un frotis, flamearlo en la llama para tener una mejor fijación de la muestra y colocar los

reactivos, empezando con cristal violero el cual se coloca un minuto y se lava con agua corriente, lugol con un tiempo de un minuto y lavar con agua corriente, alcohol-acetona con un tiempo de 30 segundos y lavar con agua corriente y por último cubrir con safranina con un tiempo de un minuto, lavarlo y dejarlo secar para posteriormente leer con lente de 100x y aceite de inmersión<sup>12</sup>.

#### **1.4. Enfermedades provocadas por el consumo del agua y bacterias indicadoras de contaminación.**

Las enfermedades producidas por el agua se dan por la presencia de diferentes factores que contienen microorganismos patógenos los cuales perjudican al que lo consume, para lo cual es importante valorar la existencia de bacterias presentes en el agua, las diferentes especies, que daños, consecuencias y la probabilidad de mejorar la calidad del agua. Apella menciona: “la norma bacteriológica de calidad establece que el agua debe estar exenta de patógenos de origen entérico y parasitario intestinal los cuales son los responsables de transmitir enfermedades”<sup>13</sup>, sabiendo que los microorganismos contaminantes para su mayor identificación deben ser fáciles de aislar, fáciles de crecimiento e inofensivos para el ser humano, tales como los coliformes fecales, los cuales como su nombre menciona son indicadores de contaminación fecal, bacterias aerobias mesófilas que indican la efectividad del tratamiento del agua, las dos mencionadas bacterias son las más importantes para definir la potabilidad del agua.

Existen una gran variedad de enfermedades producidas por las bacterias patógenas que se encuentran presentes en el agua de consumo diaria como: *Escherichia coli*, *Salmonela*, *Shiguella*, *Vibrio cholerae*, *Staphylococcus aureus*<sup>13</sup>.

##### **1.4.1. Shigelosis**

El género *Shigella* es una bacteria, la cual produce infección intestinal, pertenece a la familia *Enterobacteriaceae* formado por bacilos Gram negativos pequeños e inmóviles, su tamaño es de 0.7 $\mu$  de ancho por 3 $\mu$  de largo, producen enfermedad gastrointestinal causando disentería, fiebres altas, pujos intensos, retortijones, náuseas, vómitos y alguna de las veces convulsiones, teniendo en cuenta que la sintomatología puede variar dependiendo del grupo,

es muy diferente en niños que en adultos, ya que, por lo general en los adultos no suele presentarse muy temprano como en los niños<sup>14</sup>.

La transmisión de esta enfermedad es fecal-oral u oral-anal, ocurre cuando la higiene básica en las manos no es adecuada, por comer alimentos contaminados por contacto de personas infectadas que los manipulan o moscas que se hayan posado en heces infectadas por beber o bañarse en agua contaminada que anteriormente haya recibido agua residual o por personas con shigelosis se bañen en dicha agua<sup>14</sup>.

#### **1.4.2. Salmonelosis**

El género *Salmonella* es una bacteria que pertenece a la familia *Enterobacteriaceae*, es un bacilo Gram negativos, no esporulados, móviles, intracelular facultativo, su tamaño oscila de 0.3 a 1  $\mu\text{m}$  por 1.0 a 6.0 $\mu\text{m}$ , el cual se manifiesta con fiebre, mialgia, cefalea, diarrea dolor abdominal puede dar lugar a hemorragias o a perforaciones intestinales<sup>14</sup>.

La transmisión de esta enfermedad se produce ya que esta bacteria vive en el conducto de los seres humanos y algunos animales, se transmite al comer alimentos contaminados con heces de los animales, un incorrecto lavado de manos después de ir al baño, aguas contaminadas, moscas que transportan la bacteria cuando se posan en las heces contaminadas<sup>14</sup>.

#### **1.4.3. Cólera**

El *Vibrio cholerae* pertenece a la familia *Vibrionaceae* es un bacilo Gram negativo curvo, móvil, flagelado, su tamaño es de 2 a 5 $\mu$  de largo, el estado grave de esta enfermedad se manifiesta con diarrea, vómito y entumecimiento de las piernas, la pérdida de líquido lleva a la persona a la deshidratación y postramiento<sup>14</sup>.

La transmisión de esta enfermedad se da por beber o comer alimentos contaminados como mariscos crudos, la mayor fuente de transmisión son las heces, la enfermedad puede diseminarse en áreas con tratamientos defectuosos de agua potable y agua de alcantarillado<sup>14</sup>.

#### **1.4.4. *Escherichia coli***

La *Escherichia coli* pertenece a la familia *Enterobacteriaceae*, es un bacilo Gram negativo, móvil, su tamaño es de 0.5 $\mu$  de ancho por 3 $\mu$  de largo, esta bacteria se manifiesta con diarrea, náuseas, vomito, cólico abdominal, fiebre, cansancio<sup>15</sup>.

Se transmite cuando las personas beben o comen alimentos contaminados los cuales no han sido pasteurizados, lavados o cocinados adecuadamente, se encuentra en el intestino de algunos animales, en lácteos sin pasteurizar, u hortalizas que han tenido contacto con heces de los animales, también se transmite si una persona no tiene una adecuada higiene después de usar el baño, por la ingestión de agua contaminada<sup>15</sup>.

Teniendo en cuenta que la presencia de esta bacteria en agua es un indicativo de una contaminación reciente sea de aguas residuales o por los residuos de los animales, sabiendo que existen diferentes formas de contaminación en el agua potable como durante la lluvia, en los ríos arroyos, lagos o aguas subterráneas, utilización de fertilizantes y ganado<sup>15</sup>.

#### **1.4.5. *Staphylococcus aureus***

El *Staphylococcus aureus* pertenece a la familia *Staphylococcaceae*, es un coco Gram positivo, inmóvil no esporulante, su tamaño oscila entre 0.5 y 1.5 $\mu$ , se manifiesta con vómitos, diarrea, fiebre, cólicos y deshidratación<sup>16</sup>.

Se transmite a través de las manos, ya que existe una mala higiene, lo cual puede ocasionar la contaminación a los alimentos como aquellos que se conservan a temperatura ambiente o a temperaturas más altas son ideales para la proliferación de dicho microorganismo<sup>16</sup>.

Las distintas acciones generadas por el hombre han provocado una modificación de las características de los recursos hídricos, alcanzando así contaminación en niveles muy elevados que hacen el agua no apta para consumo humano, por esta razón los procesos para tratar el agua son cada vez más complejos, siendo así que el agua potable debe estar libre de bacterias patógenas, sustancias tóxicas o nocivas para la salud. La filtración del agua es una alternativa útil a la hora de filtrar bacterias y evitar enfermedades hídricas que afecten al ser humano<sup>16</sup>.

### **1.5. Crecimiento microbiano**

Para tener un desarrollo de microorganismos a estudiar se lo realiza en medios de cultivos los cuales son ambientes artificiales que el hombre ha creado para así brindar cada sustancia importante y necesaria para obtener el crecimiento microbiano que se desea. Si se trata y trabaja con un medio de cultivo líquido, este por lo general debe ser fraccionado en matraces cónicos con un tapón de algodón o en tubos de tapa rosca, para observar el desarrollo de los microorganismos se lo realiza macroscópicamente por la turbidez del medio<sup>13</sup>.

En cuanto a los medios sólidos los mismos se colocan en cajas Petri sean estas de material plástico o vidrio con tapa, de tal manera que se encontrarán divisiones sucesivas de cada célula microbiana dando origen a lo que se conoce como colonias, mediante las cuales se puede cuantificar los microorganismos que estarán en cada muestra. Desde las que se efectúan incubaciones, diluciones y siembras, todo esto en base al supuesto de que cada colonia proviene de una célula<sup>13</sup>.

Después de haber preparado el medio de cultivo es necesaria una esterilización con el fin de descartar microorganismos contaminantes, la esterilización por lo general se la realiza por calor húmedo utilizando el equipo autoclave, salvo el caso de que en su composición dicho medio incluya sustancias termolábiles. Se deberá tomar las debidas precauciones del caso tales como manipular y trabajar en cabinas de flujo laminar o cerca de la llama de mecheros, todo esto con el fin de preservar las condiciones de asepsia<sup>13</sup>.

## **1.6. Lechos Filtrantes**

Se conoce como filtración al proceso que es encargado de separar sólidos en suspensión, en nuestro caso bacterias, mediante un tamizaje o filtro; es uno de los sistemas más antiguos para la purificación del agua de consumo humano, este sistema intenta imitar el proceso de filtración que se da de forma natural<sup>17</sup>.

Los diferentes sistemas de filtración de agua la tratan atravesándola mediante lechos de materiales de tipo granular que extraen y reservan cualquier tipo de contaminante. Habitualmente los filtros que se usan en la vida cotidiana suelen eliminar en un 95% la mayor parte de bacterias suspendidas, no obstante, la mayor parte de la eficacia de este sistema mecánico de filtración se da en función del material que se emplee<sup>17</sup>.

## **1.7. Medios filtrantes**

Pueden ser clasificados en dos grupos:

Primero están los filtros que forman una barrera fina la cual va a dejar que únicamente atraviese el fluido mas no partículas de tipo solido en suspensión y de microorganismos, como las bacterias, esta primera clasificación está formada por algunos filtros tales como: filtros de tela, criba y papel filtro el cual es de uso recurrente en laboratorios. Segundo se encuentran aquellos que actúan de manera contraria en la que forman una barrera gruesa. Por ejemplo: los filtros de lecho de arena, cama de coque, cerámica porosa, metal poroso y los de pre-capa que usualmente incluyen precipitados gelatinosos siendo utilizados en algunas filtraciones para la zona industrial<sup>6</sup>.

## **1.8. Filtración lenta con arena**

El proceso de filtración lenta con arena es en cierto modo confiable y no posee complejidad. Este tipo de filtros son menos costosos en lo que se refiere a su construcción, pero deben ser manejados por personal altamente calificado. Este proceso trata de un filtrado de agua contaminada de manera lenta por medio de una cama porosa de arena, en la que el agua va a entrar en lo alto del filtro es decir a la superficie y por consiguiente se drenará por el fondo<sup>6</sup>.

Si su construcción resulta ser adecuada, este constará de un tanque, una cama de arena fina, una capa grava la cual va a soportar la arena, un sistema de sub-drenajes para recolectar el agua una vez esta sea filtrada y por último un regulador de flujo que es el encargado de controlar las diferentes velocidades de la filtración. Es importante tener en cuenta que ningún tipo de químico o sustancia se añade para facilitar el filtrado<sup>6</sup>.

## **1.9. Carbón activado**

Este tipo de filtros son una de tantas opciones que se usan en el tratamiento del agua, son diseñados principalmente para la remoción de materia orgánica la cual es responsable del mal olor, coloración y sabor del agua. Además, remueve orgánicos como por ejemplo: fenoles, pesticidas y herbicidas. Cuando el carbón es activado se origina una óptima

superficie de filtración permitiendo al carbón activado poseer una considerable capacidad de absorción de desechos que existan en el agua<sup>17</sup>.

### **1.10. Filtración con diatomea**

Como primera instancia para abordar el tema de la filtración con diatomea es necesario conocer su significado, las diatomeas generalmente se encuentran en crecimiento en ambientes de agua salada o dulce ya que son algas microscópicas fotosintéticas. Son ricas en sílice disuelto además no poseen minerales metálicos, en cuanto a su estructura es semejante a la de un panal de abejas teniendo una gran capacidad absorbente y densidad baja. Tiene una similitud con la tiza lo que la hace un grano muy fino y estratificado, se conoce que a las diatomitas se las puede encontrar en diferentes colocaciones siendo más usual amarillenta, blanca a crema, también las hay oscuras siendo inusualmente de color negra<sup>18</sup>.

Se pueden encontrar un sin número de cualidades de las tierras de diatomea como por ejemplo que son agentes de purificación, filtrado abrasivo, material aislante y fertilizante, además se las conoce como pre-capa ya que son capaces de remover las partículas de hasta 0,1  $\mu\text{m}$  sin ser desestabilizadas por coagulación. Los filtros con tierra de diatomea son considerados adecuados preferentemente para el uso de equipos portátiles o purificación a una escala dentro del hogar o particular<sup>17</sup>.

El sistema de filtro con diatomea se trata de una torta de tierra diatomácea, un tipo de sustancia con la similitud de harina, es un elemento tipo yeso que es elaborada con restos fosilizados y molidos de formas de vida unicelular marina conocidas como diatomeas. Al contrario de otros tipos de filtrado, no son utilizados coagulantes químicos para perfeccionar la acumulación de bacterias contaminantes<sup>17</sup>.

En vista de este condicionamiento, se obtienen mayores resultados en la filtración con tierra diatomácea especialmente en el tratamiento de aguas fuentes lo cual dará una mejor calidad de agua para su consumo sin contener contaminantes de tipo inorgánico. Este proceso es perfecto para ser acoplado especialmente en instalaciones de tipo pequeño, ya que el sistema de filtración con tierra diatomácea mayoritariamente puede ser manejado por cualquier persona siendo fácil de hacerlo además de ser accesibles económicamente<sup>17</sup>.



### **1.11. Ventajas y desventajas de los filtros de agua con tierras de diatomeas**

El filtro de tierras de diatomea es capaz de remover partículas cuya densidad sea mayor a 2 g/cm<sup>3</sup>. Entre una de las ventajas de este tipo de filtros es que es empleado únicamente para conteos bacterianos bajos y que posean poca turbidez. Por otra parte, las desventajas y en cierto punto poca eficacia que presenta este filtro son los siguientes: utilizan velocidades muy pequeñas de filtración, además trabajan a presión, no son capaces de remover el material fino y por último emplean un complicado mantenimiento y operatividad especialmente de la capa de diatomeas<sup>19</sup>.

## CAPÍTULO II

### 2. METODOLOGÍA

#### 2.1. Tipo de Investigación

Según el nivel se realizó una investigación de tipo:

- **Descriptiva:** porque se dieron resultados que demuestran cómo funciona el sistema de filtración por las bacterias.

Según el enfoque:

- **Cuantitativo:** ya que se demostró la concentración de bacterias en los ensayos realizados.

Según el diseño:

- **Experimental:** pues se utilizó agua a la cual se agregó una concentración de dos bacterias de diferente morfología.

Según la secuencia temporal:

- **Transversal:** ya que se realizó muestreo en diferentes tiempos, en el periodo octubre 2019 – marzo 2020 en la Universidad Nacional de Chimborazo

Según la cronología de los hechos:

- **Prospectivo:** porque se verificaron los resultados en función a las pruebas realizadas. Se da inicio a la obtención de resultados que se dará seguimiento con pruebas posteriores, conforme van sucediendo.

#### 2.2. Población

El universo se constituyó por las bacterias que se encontraban en las aguas analizadas en diferentes intervalos, basándose en los rangos de riesgo de contaminación de la OMS, lo cual se realizó con la correspondiente al intervalo del riesgo intermedio (Anexo 4).

### 2.3. Muestra

Las muestras fueron analizadas basándose en el siguiente diseño:

FILTRO 1 Guayaquil	0 horas		30 minutos		3 horas		10 horas		24 horas	
	UFC/100ml									
	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>
10 cm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
15 cm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
20 cm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

X= Toma de muestra

**Elaborado por:** Cadena D., Moreno B., Proyecto “Verificación de bacterias de transmisión hídrica después de la utilización de materiales locales como lechos filtrantes”

FILTRO 2 Palmira	0 horas		30 minutos		3 horas		10 horas		24 horas	
	UFC/100ml									
	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>
10 cm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
15 cm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
20 cm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

X= Toma de muestra

**Elaborado por:** Cadena D., Moreno B., Proyecto “Verificación de bacterias de transmisión hídrica después de la utilización de materiales locales como lechos filtrantes”

**2.3.1. Criterios de inclusión:** se tomaron en cuenta los datos en donde los controles dan resultados esperados, como, por ejemplo:

- Control positivo del agua.
- Control positivo del filtro.
- Resultados realizados por triplicado que tuvieron una igualdad aproximada en sus cifras.

**2.3.2. Criterios de exclusión:** se tomaron en cuenta los datos en donde los controles muestran contaminación, en especial en el control negativo.

- Control negativo del agua.
- Control negativo del filtro.

## **2.4. Variables de estudio**

- **Variable independiente:** Filtros.
- **Variable dependiente:** Unidades Formadoras de Colonias en agua filtrada.

## **2.5. Técnicas y procedimientos**

### **2.5.1. Técnicas**

Debido a que esta investigación es experimental se probaron filtros con materiales filtrantes de diferente origen con bacterias de diferente tamaño y se evaluaron luego de la filtración en cajas de cultivo bacteriológico. Para estas pruebas inicialmente se proveyó que el filtro no contenga contaminación alguna. Luego la muestra filtrada se sembró en medio cultivo bacteriológico lo cual permitió comprobar el sistema de medios por separación del filtro.

### **2.5.2. Instrumentos**

Hoja de registro de resultados diario, cámara fotográfica, base de datos de comparación de resultados y análisis.

## **2.6. Procedimientos**

En el presente trabajo de investigación se procedió a tomar muestras de agua basadas en el rango de concentraciones de agua contaminada dispuestas por la Organización Mundial de la Salud, contaminando el agua con una concentración conocida de riesgo intermedio (Anexo 4).

Una vez conocido el trabajo a realizarse se tomó muestras de agua embotellada, para lo cual se emplearon las siguientes técnicas y procedimientos:

- Para el análisis y preparación de la toma de muestra, se utilizaron las debidas barreras de bioseguridad, alcohol al 70% para la desinfección del área de trabajo y empleando en todo momento mechero bunsen, para evitar tener contaminación al momento del análisis. Previamente se verificó mediante siembra en Agar Triptona Soja (TSA) ideal para el crecimiento y asilamiento de bacterias tanto aeróbicas como anaeróbicas, el agua tomada directamente del garrafón, se incubó por 24 horas a 37°C teniendo un resultado negativo para contaminación del agua.
- Después de realizar dicha comprobación, se esterilizó en el autoclave un total de 10 litros de agua separados 1 litro en cada frasco de vidrio para después para ser vertidos en el garrafón.
- Las bacterias que se utilizaron en la investigación fueron bacilos como *Escherichia coli* y cocos como *Staphylococcus aureus*, teniendo en cuenta que todo va en relación al tamaño, las cuales estuvieron preservadas en alícuotas que se realizó mediante su crio conservación a las cuales se les realizó coloración de Gram para ser verificadas, siendo la coloración de Gram una técnica diferencial entre las bacterias Gram positivas (coloración morada) y Gram negativas (coloración rosada o rojo). Después de realizar su identificación se sembró cada bacteria en Caldo Triptona-Soja (TSB) en dos matraces diferenciando *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* los cuales se dejaron en incubación por 24 horas a 37°C, teniendo como resultado el crecimiento de ambas bacterias en el caldo TSB.
- Una vez conservadas las bacterias, se realizó diluciones 1/10 para llegar a la concentración deseada de riesgo medio de contaminación teniendo en cuenta el valor más alto de este rango que fue 100 UFC/ml. Colocando en tubos de ensayo, 9 ml de suero fisiológico y 1 ml del caldo TSB en donde se encontraba cada bacteria (Anexo 5).
- Se preparó Agar TSA para la siembra de cada dilución realizada, con el fin de llegar al conteo de colonias aproximado de 100 UFC/ml, luego de su siembra y posterior lectura de la placa el resultado fue correspondiente a la dilución  $10^{-11}$  para *Staphylococcus aureus*, mientras que para *Escherichia coli* la dilución que le correspondió fue  $10^{-13}$ .

también se calculó mediante una regla de tres la cantidad de la dilución a utilizar en 10 litros de agua tanto para cocos y bacilos respectivamente.

- Al conocer la dilución con el rango aproximado de contaminación, colaborando a los tesisistas de la carrera de Ingeniería Ambiental, se determinó el intervalo de horas de toma de muestra y los centímetros de material filtrante con el que se comenzó también se requirió el montaje y preparación del filtro con su respectiva tierra de diatomeas dentro de este, al cual se esterilizó con ayuda del autoclave probando también la resistencia de este ante el calor.
- Se procedió a colocar los 10 litros de agua estéril autoclavada dentro del garrafón, continuando con su contaminación de 1ml de bacteria *Staphylococcus aureus* en dilución  $10^{-11}$  y 10 ml de bacteria *Escherichia coli* en dilución  $10^{-13}$  por cada 10 litros de agua en total.
- Se agitó con firmeza por 2 minutos aproximadamente con el fin de que se homogenice y también en el caso de *Staphylococcus aureus* se desprendan en el agua y se ensambló junto con el filtro. El primer filtro probado fue con tierras diatomeas cuyo origen fue Guayaquil probándolo con 15 centímetros de altura del material filtrante.
- Posteriormente se dejó correr el agua mediante el sistema de filtrado, en el cual el ensayo comenzó a partir de las 8 de la mañana que fue considerada la hora cero de la toma de muestra siguiendo después el intervalo correspondiente de toma de muestra (Anexo 6).
- Tomadas muestras tanto para controles negativos y positivos y por triplicado de cada microorganismo (cocos y bacilos), se centrifugó cada muestra de agua a las revoluciones y tiempo que mayor sea posible, posteriormente se cultivó en Agar MacConkey para la identificación específica de bacilos Gram negativos como *Escherichia coli* y en Agar Sangre entre los microorganismos capaces de crecer en este agar el cual fue de nuestro interés bacterias anaerobias facultativas Gram positivas como *Staphylococcus aureus*.
- Se realizó el mismo procedimiento con el filtro N°2 pero en este caso con tierras diatomeas de origen de Palmira, todas las placas fueron incubadas por 24 horas a 37°C

y leídas después del tiempo transcurrido dando como resultado crecimiento de colonias en todos los casos e intervalos.

- Con los datos obtenidos, se procedió a los análisis de los resultados con los 2 filtros trabajados.

### **2.6.1. Consideraciones éticas**

En el presente trabajo de investigación no existen conflictos bioéticos ya que las muestras de estudio fueron de origen hídrico mas no de origen biológico, siendo realizado respetando las normas éticas de la investigación científica.

## CAPÍTULO III

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Tabla 1: Comparación de filtros y datos**

Medida		0 horas		30 minutos		3 horas		10 horas		24 horas	
		UFC/100ml									
		<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>
<b>FILTRO 1</b>	10 cm	15	24	114	88	49	57	186	150	168	173
<b>FILTRO 2</b>		65	82	125	95	74	40	112	65	131	87
<b>FILTRO 1</b>	15 cm	77	82	100	90	137	53	27	44	27	40
<b>FILTRO 2</b>		90	74	108	150	204	116	187	251	170	199
<b>FILTRO 1</b>	20 cm	95	54	58	49	99	43	74	21	80	37
<b>FILTRO 2</b>		24	125	32	118	123	136	109	131	115	103

**Elaborado por:** Cadena D., Moreno B., Proyecto “Verificación de bacterias de transmisión hídrica después de la utilización de materiales locales como lechos filtrantes”



## **Análisis:**

Obsérvese en la tabla 1 que, los filtros utilizados fueron 2, siendo el filtro 1 de Guayaquil y el filtro 2 de Palmira. En cuanto al filtro 1 al usar 10 cm de diatomeas tiene una filtración mínima dando un crecimiento de 186 UFC/100ml a las 10 horas de espera mientras que al utilizar una distancia de diatomea de 15 y 20 cm se obtuvo un crecimiento de 137 UFC/100ml a las 3 horas y 80 UF/100ml a las 24 horas de espera respectivamente en referencia a la cepa de *Staphylococcus aureus*. Con respecto a la cepa de *Escherichia coli* al usar 10 cm de diatomea se obtuvo un crecimiento de 88 UFC/100ml a los 30 minutos de espera mientras que al usar 15 y 20cm de diatomea se obtuvo un crecimiento de 53UFC/100ml a las 3 horas y 21UFC/100ml a las 10 horas.

Respecto al filtro 2 (con diatomeas de Palmira) al usar 10 cm de diatomeas tiene una filtración mínima dando un crecimiento de 112 UFC/100ml a las 10 horas de espera mientras que al utilizar una distancia de diatomea de 15 y 20 cm se obtuvo un crecimiento de 204 UFC/100ml a las 3 horas y 115 UFC/100ml a las 24 horas de espera respectivamente en referencia a la cepa de *Staphylococcus aureus*. Con respecto a la cepa de *Escherichia coli* al usar 10 cm de diatomea se obtuvo un crecimiento de 95 UFC/10ml a los 30 minutos de espera mientras que al usar 15 y 20cm de diatomea se obtuvo un crecimiento de 116UFC/10ml a las 3 horas y 131UFC/10ml a las 10 horas.

## **Discusión:**

Los filtros tienen una utilidad para reducir contaminantes del agua. Muchas industrias han utilizado diversos materiales para filtrar impurezas como arena, polvo, bacterias e incluso parásitos. A pesar de ello, en las últimas décadas se ha dado un auge en la utilización de diatomeas para diversos propósitos en tema de filtración. Por ejemplo, como indica Valencia *et al.*,<sup>20</sup> las diatomeas tienen un uso variado, en este caso el autor ha utilizado este material para filtrar el agua de mar y eliminar la carga de sal. Así también, al ir avanzando e innovándose el conocimiento sobre la filtración de agua para consumo humano es notable que pronto se implementen diatomeas en filtros caseros accesibles a la comunidad, mismos que faciliten la retención de contaminantes como polvo y en el mejor de los casos de bacterias y parásitos. No obstante, aún queda mucho por determinar sobre las combinaciones

de diversos materiales alternos con las diatomeas con el objetivo de incrementar la efectividad de filtración. Y eso se puede evidenciar en la presente investigación. Dado que únicamente se utilizaron diatomeas para filtrar el agua es posible que no se haya dado una buena retención de microorganismos en el producto obtenido; debido a esto se puede afirmar que la efectividad de los filtros utilizados en este estudio no fue la esperada. De acuerdo al estudio realizado por Pereira *et al* <sup>21</sup>, el carbón activado (en este caso proveniente de las cáscaras de arroz), actúan satisfactoriamente en la purificación del agua en lo que a impurezas inertes respecta. Sin embargo, no se garantiza la eliminación de microorganismos presentes en ella. Por eso, se cree necesario el estudio de la combinación de diatomeas con carbón activado en el mismo filtro con la finalidad de evaluar el comportamiento de estos dos. Se piensa que la razón por la cual los filtros utilizados en la investigación no fueron eficientes como se esperaba por la falta de otros materiales que permitan retener las bacterias en su estructura.

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

FILTRO 1	0 horas		30 minutos		3 horas		10 horas		24 horas	
	UFC/100ml									
	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>
10 cm	15	24	114	88	49	57	186	150	168	173
15 cm	77	82	100	90	137	53	27	44	27	40
20 cm	95	54	58	49	99	43	74	21	80	37

**Elaborado por:** Cadena D., Moreno B., Proyecto “Verificación de bacterias de transmisión hídrica después de la utilización de materiales locales como lechos filtrantes”

### **Análisis:**

La tabla 2, muestra los resultados de la filtración del agua con utilización de diatomeas de Guayaquil como lecho filtrante. Se puede notar que a diferente medida de la diatomea el crecimiento varía. Al usar 10 cm de Diatomeas el crecimiento fue de 114UFC/10ml a los 30 minutos mientras que ese crecimiento incrementó a las 10 horas con 186UFC/10ml y a las

24 horas a 173 UFC/10ml. Con 15 cm de diatomeas el crecimiento fue similar siendo así 100UFC/10ml a los 30 minutos, 137UFC/10ml a las 3 horas y llegando a reducir el crecimiento a las 24 horas con 27 UFC/10ml. Por otra parte, con 20 cm de diatomeas se pudo tener un crecimiento de cifras menores. A los 30 minutos 49UFC/10ml, a las 10 horas 21UFC/10ml y a las 24 horas un crecimiento de 37 UFC/10ml.

### Discusión:

Martínez *et al.*,<sup>22</sup> en su investigación sobre la evaluación de microorganismos presentes en bebederos de escuelas menciona “los lechos filtrantes provenientes de zonas geográficas diferentes suele causar variaciones en los resultados de la filtración”. En este caso, podemos observar que la filtración fue regular ya que si bien el crecimiento fue bajo aún se observó una cantidad de UFC/10ml alta que representaba un riesgo intermedio. La OMS<sup>23</sup> establece que para que sea el agua consumible debe tener un crecimiento nulo; es decir, de 0.0 UFC/10ml. Esta afirmación no se cumplió en la presente investigación ya que como se aprecia en la tabla 2 el crecimiento fue representativo de un riesgo bajo a intermedio.

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

FILTRO 2	0 horas		30 minutos		3 horas		10 horas		24 horas	
	UFC/100ml									
	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>
10 cm	65	82	125	95	74	40	112	65	131	87
15 cm	90	74	108	150	204	116	187	251	170	199
20 cm	24	125	32	118	123	136	109	131	115	103

**Elaborado por:** Cadena D., Moreno B., Proyecto “Verificación de bacterias de transmisión hídrica después de la utilización de materiales locales como lechos filtrantes”

### Análisis:

La tabla 3, muestra los resultados de la filtración del agua con utilización de diatomeas de Palmira como lecho filtrante. Al usar 10 cm de diatomeas el crecimiento fue de 125UFC/10ml a los 30 minutos mientras que ese crecimiento se redujo a las 10 horas con 65UFC/10ml y a las 24 horas a 87 UFC/10ml. Con 15 cm de diatomeas el crecimiento fue de 108UFC/10ml a los 30 minutos, 116UFC/10ml a las 3 horas y llegando a aumentar el crecimiento a las 24 horas con 170 UFC/10ml. Por otra parte, con 20 cm de diatomeas se pudo tener un crecimiento de cifras menores. A los 30 minutos 32UFC/10ml, a las 10 horas 109UFC/10ml y a las 24 horas un crecimiento de 103 UFC/10ml.

### **Discusión:**

La diatomea de Palmira demostró ser menos eficiente que las diatomeas de Guayaquil. Esto puede deberse a la variación de taxón que posiblemente existe en las diatomeas de las dos regiones. Si bien no se conoce los géneros de diatomea utilizadas para este estudio se sabe que existen dos clasificaciones que son las más frecuentes en el mercado, *Nitzschia* sp., y *Chaetoceros* sp. Por lo tanto, al ser de diferente género, se presentan variaciones en su estructura y tamaño lo que podría ser la causa de la variación en la filtración del agua. Así lo menciona Rodríguez *et al.*<sup>24</sup>, quien comparó las características de estos dos tipos de diatomea enlistando sus diferencias morfológicas. Sin embargo, debido al crecimiento evidente en los medios de cultivo de las muestras filtradas; no se cumple la carga bacteriana nula para que los filtros sean efectivos en cuanto a la purificación del agua. Por otra parte, se estima que la combinación de diatomeas con productos alternos como, por ejemplo, carbón activado podría aumentar la efectividad de la filtración del agua y no tendría un impacto ambiental significativo. Tal como se evidencia en la investigación realizada por Caballero *et al.*,<sup>25</sup> en las últimas décadas se ha manejado mucho el carbón activado para la fabricación de filtros de agua, esto debido a que no tiene componentes tóxicos para el organismo y es un material biodegradable.

**Tabla 4: Eficacia de los filtros de agua según el número de UFC /100ml (Unidades formadoras de colonias)**

UFC/100ml	EFICACIA %	UFC/100ml	EFICACIA %
0	100%	50	50%
1	99%	51	49%
2	98%	52	48%
3	97%	53	47%
4	96%	54	46%
5	95%	55	45%
6	94%	56	44%
7	93%	57	43%
8	92%	58	42%
9	91%	59	41%
10	90%	60	40%
11	89%	61	39%
12	88%	62	38%
13	87%	63	37%
14	86%	64	36%
15	85%	65	35%
16	84%	66	34%
17	83%	67	33%
18	82%	68	32%
19	81%	69	31%
20	80%	70	30%
21	79%	71	29%
22	78%	72	28%
23	77%	73	27%
24	76%	74	26%
25	75%	75	25%
26	74%	76	24%
27	73%	77	23%
28	72%	78	22%
29	71%	79	21%
30	70%	80	20%
31	69%	81	19%
32	68%	82	18%
33	67%	83	17%
34	66%	84	16%
35	65%	85	15%
36	64%	86	14%
37	63%	87	13%
38	62%	88	12%
39	61%	89	11%
40	60%	90	10%
41	59%	91	9%
42	58%	92	8%
43	57%	93	7%
44	56%	94	6%
45	55%	95	5%
46	54%	96	4%
47	53%	97	3%
48	52%	98	2%
49	51%	99	1%
		≥100	0%

### **Análisis:**

La tabla 4, muestra los resultados de la eficacia de los filtros según el número de UFC/100ml, basándose en la tabla de la Organización Mundial de la Salud, es decir, al tener 0 UFC/100ml nos da a conocer que existe un 100% de eficacia en ambos filtros, mientras el número de UFC/100ml va aumentando menor eficacia poseen los filtros, teniendo en cuenta que posee un límite de UFC/100ml ya que si el crecimiento de bacterias llega a  $\geq 100$  UFC/100ml nos da a conocer que los filtros tienen un 0% de efectividad, por tal motivo se da un error matemático, he ahí la importancia de la realización de la tabla 4 para plasmar los resultados obtenidos siempre y cuando no se alejen de los datos de la OMS.

### **Discusión:**

Bautista *et al*<sup>26</sup> da a conocer una tabla de la Organización Mundial de la Salud, en donde se da a conocer los rangos de los coliformes totales que se encuentran en el agua el cual posee un consumo de agua de alto riesgo, datos recolectados para la presente investigación ya que se ocupó un rango intermedio (10-100 UFC/100ml), es por ello que si las UFC/100ml aumentan la eficacia del filtro es menor.

### 3.1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 3.1.1. CONCLUSIONES

- Al comparar las tierras de diatomea como lechos filtrantes tanto de Guayaquil como de Palmira se pudo comprobar que la tierra de diatomea de Guayaquil fueron las que mejores datos dieron, sin embargo, no se pudo lograr obtener una carga bacteriana debido a que la falta de materiales al filtro hizo no efectivo el resultado.
- Se utilizó *Staphylococcus aureus* para obtener las concentraciones variadas para contaminar el agua y pasarla por el filtro para la verificación del lecho filtrante. Si bien hubo un crecimiento no menos de 15 UFC/100ml, a la hora 0, en el filtro 1 con 10cm de tierra de diatomea de Guayaquil.
- Se realizó la contaminación de agua con bacilos *Escherichia coli* para obtener las concentraciones variadas para contaminar el agua y pasarla por el filtro para la verificación del lecho filtrante. Si bien hubo un crecimiento no menos de 21 UFC/100ml a las 10 horas, en el filtro 1 con 20 cm de tierra de diatomea de Guayaquil.
- Teóricamente, el tiempo de filtración debe influir en la purificación del agua. No obstante, se comprobó que el tiempo no influye en este caso ya que la concentración referida por la Organización Mundial de la Salud no fue eficaz, ya que los resultados indican que en cada tiempo habrá crecimiento de UFC, cualquiera que sea el origen de la tierra de diatomea.

### **3.1.2. RECOMENDACIONES**

- Se debe tener en cuenta que al utilizar materiales como carbón activado, arcilla, etc., puede favorecer a obtener una mejor filtración del agua ya que la combinación de estos con las diatomeas hace que la purificación sea más efectiva.
- Se recomienda a los operadores en estas áreas realizar suspensiones de diferentes bacterias tanto de tipo cocos como de bacilos para la comprobación de la filtración por los diferentes tamaños de las bacterias. En este caso no hubo una buena filtración ya que no se cumplió la regla de la OMS de que la carga debe ser de 0.0 UFC/10ml.
- Se recomienda que las bacterias sean recién obtenidas de un cultivo fresco, ya que el tiempo de conservación prolongado suele interferir con el resultado final del crecimiento bacteriano.
- Se debe tener en consideración que los tiempos de espera deben ser uniformes de tal manera que permita la interacción del agua con el lecho filtrante.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Córdoba MA, Del coco VF, Basualdo JÁ. Agua y Salud Humana. Química Viva 2010. Diciembre; 9(3).
2. Oleas Lara BF. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. [Online].; 2016 [cited 2019. Noviembre 24. Available from: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/5709/1/56T00644.pdf>.
3. Martínez Durán E, Lara Guarnizo ID. Universidad Nacional De Chimborazo. [Online].; 2019 [cited 2019 Noviembre 24. Available from: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/6183/1/Identificaci%c3%b3n%20de%20bacterias%20de%20importancia%20cl%c3%adnica%20en%20productos%20agr%c3%adcolas%20de%20la%20cuenca%20del%20r%c3%ado%20Guamote.pdf>.
4. Escuela Universitaria Politécnica, Universidad de Sevilla. Ambientum. Escuela Universitaria Politécnica , Universidad de Sevilla. Ambientum. [Online]. [cited 2019 Noviembre 24. Available from: [https://www.ambientum.com/enciclopedia\\_medioambiental/aguas/bacterias.asp?fbclid=IwAR0mL0JLst4\\_BzZCYAEcuVMgTfEKGsQMhyXWWGVrFyzY1D1x-GU3H3qs3A](https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/bacterias.asp?fbclid=IwAR0mL0JLst4_BzZCYAEcuVMgTfEKGsQMhyXWWGVrFyzY1D1x-GU3H3qs3A).
5. Arcos Pulido MdP, Ávila de Navia L, Estupiñán Torres S, Gómez Prieto. Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. Universidad Nacional Abierta a Distancia. 2005; 3(4).
6. Gualteros Díaz L, Chacón Rodríguez. Universidad de La Salle Ciencia Unisalle. [Online].; 2015 [cited 2019 Noviembre 24. Available from: [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1550&context=ing\\_ambiental\\_sanitaria](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1550&context=ing_ambiental_sanitaria).
7. Leal Ascencio T. Instituto Mexicano de Tecnología. [Online].; 2014 [cited 2019 11 24. Available from: <https://www.yumpu.com/es/document/view/25552469/4-tecnologa-as-convencionales-de-tratamiento-de-agua-y-sus-8>.
8. Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados. Fuentes de Agua, ANDA. [Online].; 2015 [cited 2020 02 17. Available from: <http://www.anda.gob.sv/calidad-del-agua/fuentes-de-agua/>.

9. Semarnat. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Científico. Mexico D.F: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México; 2015-2016. Report No.: En trámite.
10. Asamblea Nacional. [Online].; 2014 [cited 2019 12 28. Available from: <https://www.etapa.net.ec/Portals/0/TRANSPARENCIA/Literal-a2/LEY-ORGANICA-DE-RECURSOS-HIDRICOS-USOS-Y-APROVECHAMIENTO-DEL-AGUA.pdf>.
11. Vargas Flores T, Kuno Vargas A. Morfología bacteriana. Espacio de Formación Multimodal. 2014; 49(2594-2598).
12. Rodriguez P, Arenas R. Medigraphic literatura biomedica. [Online].; 2018 [cited 2020 01 15. Available from: <https://www.medigraphic.com/pdfs/cosmetica/dcm-2018/dcm182n.pdf>.
13. Apella M, Araujo P. Solar Safe Water. [Online].; 2017 [cited 2019 11 27. Available from: [https://www.psa.es/es/projects/solarsafewater/documents/libro/02\\_Capitulo\\_02.pdf](https://www.psa.es/es/projects/solarsafewater/documents/libro/02_Capitulo_02.pdf).
14. Gesellschaft D, Zusaminenarbeit T. Ministerio Federal Aleman de Cooperación Económica y Desarrollo. [Online].; 2009 [cited 2019 11 27. Available from: <http://www.aguasimple.org.mx/revistav3/images/stories/pdf/ENFERMEDADES%20HIDRICAS,%20REFERENCIA%20CON%20PERMISO.pdf>.
15. Comission BPH. Boston Public Health Comission. [Online].; 2019 [cited 2019 11 27. Available from: <https://www.bphc.org/whatwedo/infectious-diseases/Infectious-Diseases-A-to-Z/Documents/Fact%20Sheet%20Languages/E.coli/Spanish.pdf#search=Escherichia%20coli>.
16. Porrero C. Detección y caracterización de Staphylococcus aureus procedentes de animales. Tesis. Madrid: Universidad Complutense de Madrid; 2014
17. Díaz Restrepo KY, Niño Lozada YE. Universidad Católica de Colombia. [Online].; 2018 [cited 2019 Noviembre 27. Available from: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/16451/1/TESIS%20PROTOTIPO.pdf>.
18. Sánchez Calle CL. Universidad Técnica Particular de Loja. [Online].; 2017 [cited 2020 Febrero 18. Available from:

<http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/17070/1/S%C3%A1nchez%20Calle%2C%20C%C3%A9sar%20Luciano%20vALIDO.pdf>.

19. Leal T. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. [Online].; 2015 [cited 2020 Febrero 18. Available from:  
[http://www.psa.es/es/projects/solarsafewater/documents/cursos/dia\\_14/3.%20Teresa%20Leal.pdf](http://www.psa.es/es/projects/solarsafewater/documents/cursos/dia_14/3.%20Teresa%20Leal.pdf).
20. Valencia Chusi LA. Concejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica. [Online].; 2014 [cited 2020 Marzo 28. Available from:  
<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/2929/MTvachla013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
21. Pereira Guanuche A, Cedeño Sares A, Romerosa Nieves M, Matamoros Morales A. Purificación de agua mediante carbón activo proveniente de la cáscara de arroz. Machala: Universidad Técnica de Machala; 2017.
22. Martínez A, López Magdiel. Microorganismos presentes en agua de bebederos de las escuelas públicas de la ciudad de Gómez Palacio, Durango causantes de gastroenteritis. Química viva. 2012 Oct;(3).
23. Organización Mundial de la Salud. Guías para la calidad del agua para consumo humano. Cuarta ed.: Ginebra; 2018.
24. Rodríguez Núñez K, Toledo , Arias. Scielo. [Online].; 2015 [cited 2020 Marzo 28. Available from:  
<https://www.scielo.sa.cr/pdf/cinn/v8n1/1659-4266-cinn-8-01-00093.pdf>.
25. Caballero Melgar , Zuni Rosado E. Elaboración de filtros de diatomita activada con adición de quitosano para la descontaminación de las aguas del río Chili a nivel de laboratorio. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín; 2017.
26. Bautista A, Tovar J. Calidad microbiológica del agua obtenida por condensación de la atmósfera en Tlaxcala, Hidalgo y ciudad de México. Scielo. 2013 Feb; 2(29).

# ANEXOS

**ANEXO N° 1: RESULTADOS DEL FILTRO N°1 TIERRAS DE DIATOMEA  
GUAYAQUIL**

FILTRO 1	0 horas		30 minutos		3 horas		10 horas		24 horas	
	UFC/100ml									
	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>
10 cm	15	24	114	88	49	57	186	150	168	173
15 cm	77	82	100	90	137	53	27	44	27	40
20 cm	95	54	58	49	99	43	74	21	80	37

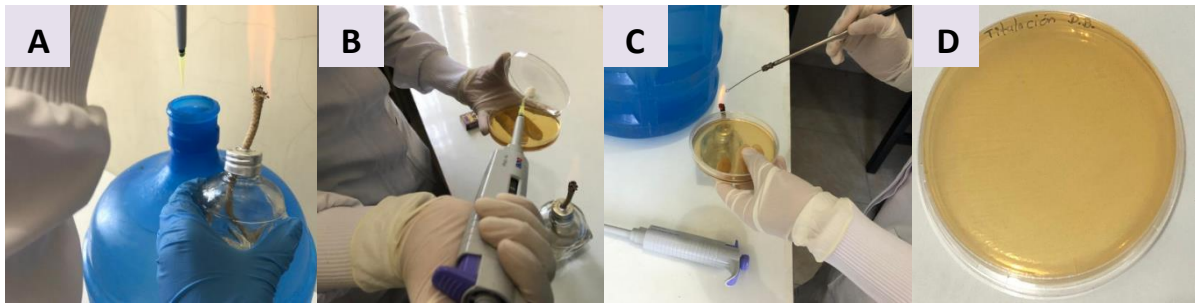
**Elaborado por:** Cadena D., Moreno B., Proyecto “Verificación de bacterias de transmisión hídrica después de la utilización de materiales locales como lechos filtrantes”

**ANEXO N° 2: RESULTADOS DEL FILTRO N°2 TIERRAS DE DIATOMEA PALMIRA**

FILTRO 2	0 horas		30 minutos		3 horas		10 horas		24 horas	
	UFC/100ml									
	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>
10 cm	65	82	125	95	74	40	112	65	131	87
15 cm	>100000	74	108	150	204	116	187	251	170	199
20 cm	24	125	32	118	123	136	109	131	115	103

**Elaborado por:** Cadena D., Moreno B., Proyecto “Verificación de bacterias de transmisión hídrica después de la utilización de materiales locales como lechos filtrantes”

### ANEXO N° 3: EVIDENCIAS FOTOGRAFICAS



**Imagen 1.** Comprobación de existencia o ausencia de contaminación en agua embotellada.

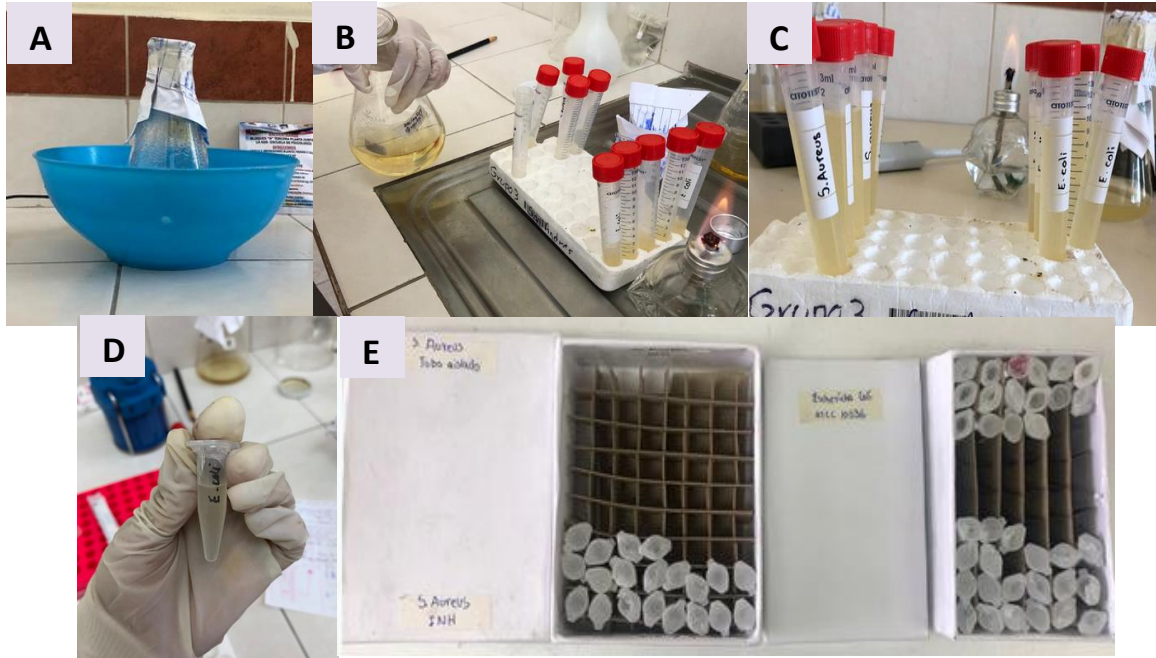
**A)** Recolección de agua tomada directamente del garrafón. **B)** Cultivo en Agar TSA. **C)** Siembra por estría de agua embotellada. **D)** Resultado negativo para contaminación.

**Elaborado por:** Cadena D., Moreno B., Proyecto “Verificación de bacterias de transmisión hídrica después de la utilización de materiales locales como lechos filtrantes”



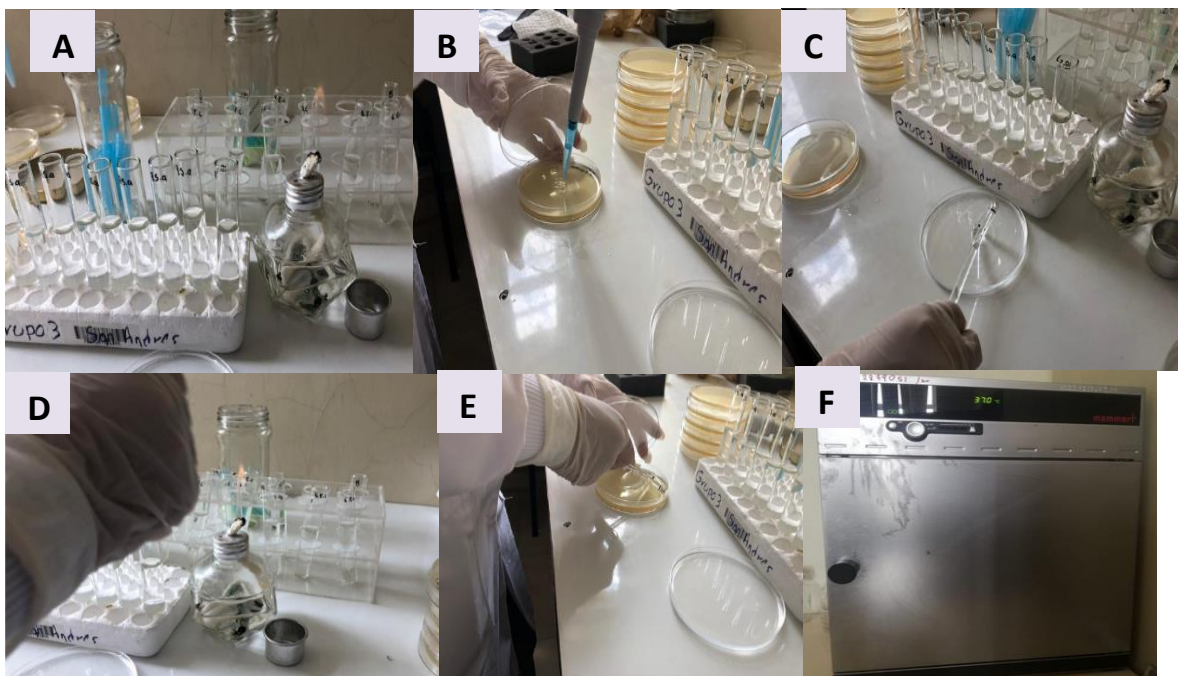
**Imagen 2.** Esterilización de agua embotellada. **A)** Autoclave Tuttnauer 2340MK **B)** Agua separada por litros en frascos de vidrio. **C)** Colocación de los frascos de capacidad de 1 litro en autoclave.

**Elaborado por:** Cadena D., Moreno B., Proyecto “Verificación de bacterias de transmisión hídrica después de la utilización de materiales locales como lechos filtrantes”



**Imagen 3.** Crio conservación de bacterias. **A)** Caldo TSB con bacterias *E. coli* y *S. aureus* separada cada una en diferente matraz en hielo por 15 minutos. **B)** Colocación de bacterias en caldo en tubos cónicos para centrifugación. **C)** Tubos cónicos después de ser resuspendidos. **D)** Alícuotas en tubos eppendorf. **E)** Tubos eppendorf en cajas rotuladas con cada bacteria y colocados en congelador.

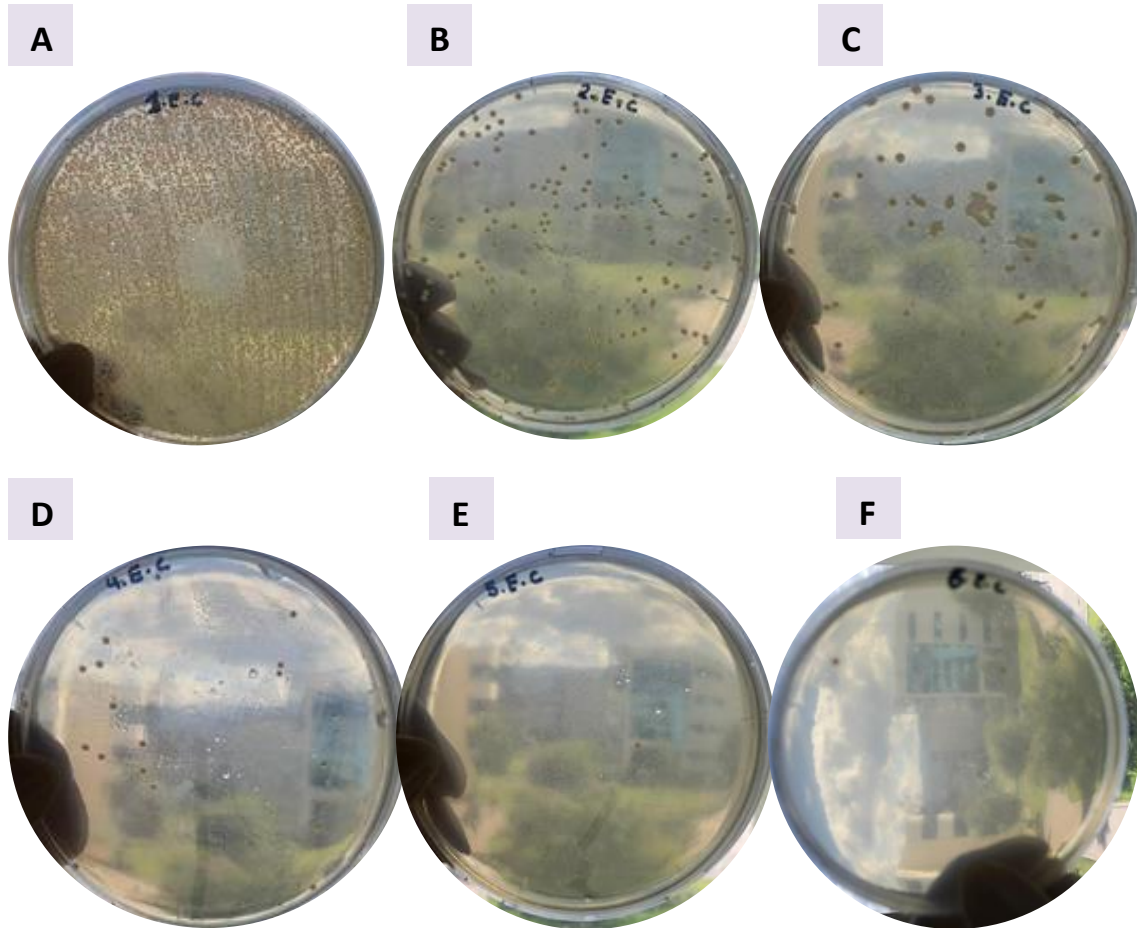
**Elaborado por:** Cadena D., Moreno B., Proyecto “Verificación de bacterias de transmisión hídrica después de la utilización de materiales locales como lechos filtrantes”





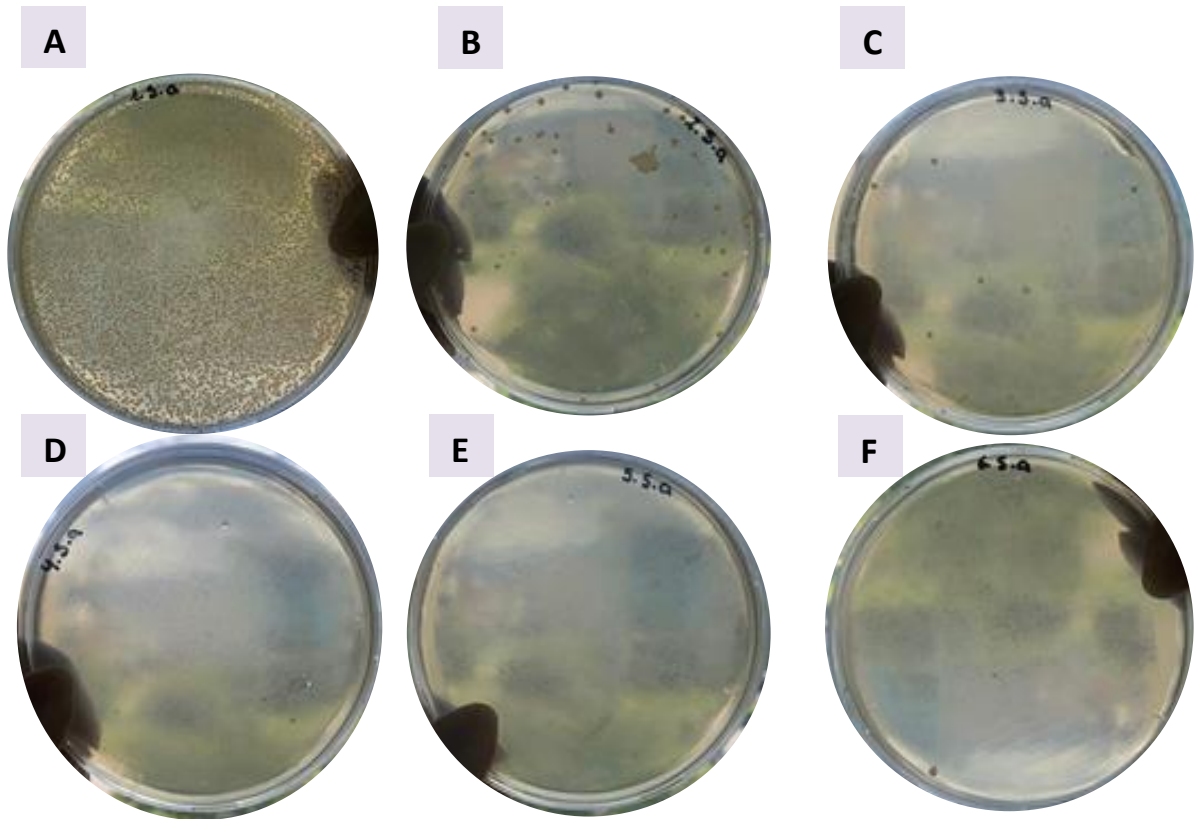
**Imagen 4.** Dilución de bacterias. **A)** Dilución de *E. coli* y *S. aureus* por separado. **B)** Cultivo en Agar TSA. **C)** Método de siembra en superficie. **D)** Asa de Drigalski estéril. **E)** extensión sobre toda la placa con el asa de vidrio estéril. **F)** Placas en incubación por 24 horas a 37°C.

**Elaborado por:** Cadena D., Moreno B., Proyecto “Verificación de bacterias de transmisión hídrica después de la utilización de materiales locales como lechos filtrantes”



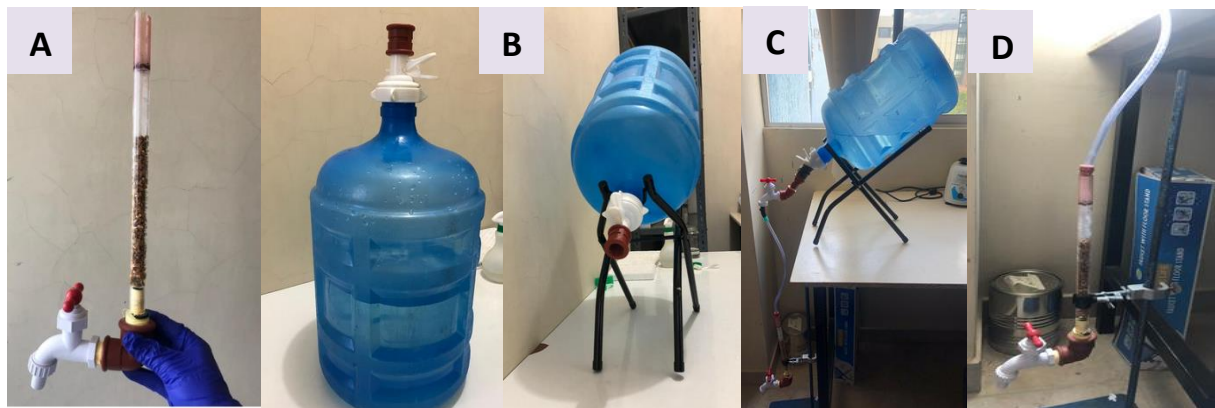
**Imagen 5.** Recuento en placa de crecimiento bacteriano de *E. coli*. **A)** Dilución  $10^{-3}$ . **B)** Dilución  $10^{-6}$ . **C)** Dilución  $10^{-9}$ . **D)** Dilución  $10^{-12}$ . **E)** Dilución  $10^{-15}$ . **F)** Dilución  $10^{-18}$ .

**Elaborado por:** Cadena D., Moreno B., Proyecto “Verificación de bacterias de transmisión hídrica después de la utilización de materiales locales como lechos filtrantes”



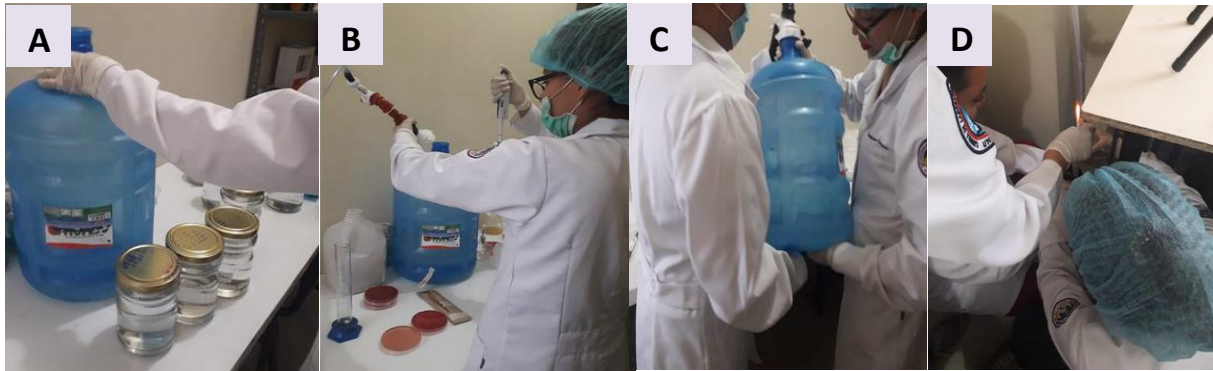
**Imagen 6.** Recuento en placa de crecimiento bacteriano de *S. aureus*. A) Dilución  $10^{-3}$ . B) Dilución  $10^{-6}$ . C) Dilución  $10^{-9}$ . D) Dilución  $10^{-12}$ . E) Dilución  $10^{-15}$ . F) Dilución  $10^{-18}$ .

**Elaborado por:** Cadena D., Moreno B., Proyecto “Verificación de bacterias de transmisión hídrica después de la utilización de materiales locales como lechos filtrantes”



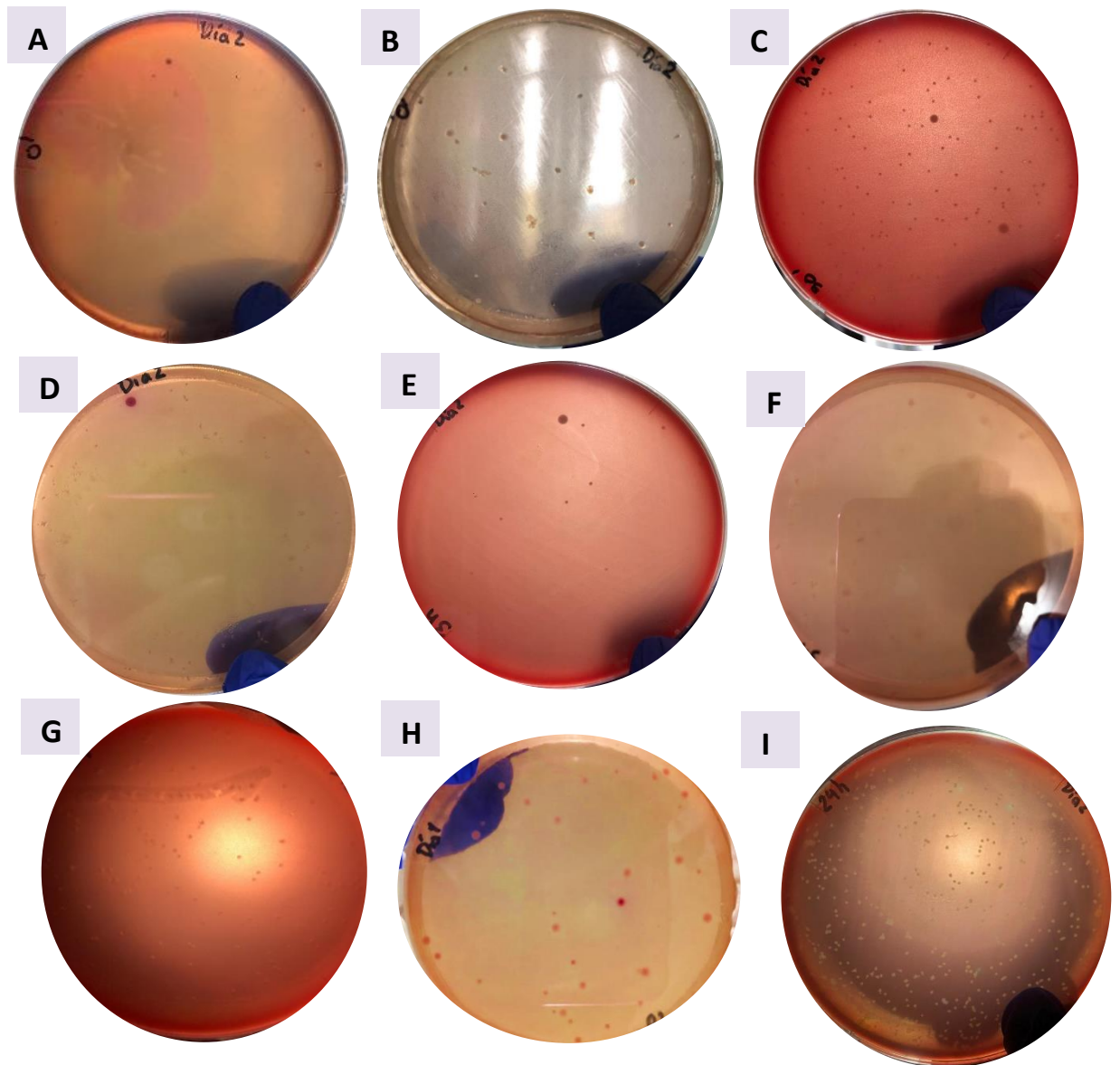
**Imagen 7.** Colocación del filtro. **A)** Filtro con tierra diatomea en su interior. **B)** Adaptación de garrafón de agua con dispensador y soporte. **C)** Equipamiento del dispensador con llave de agua. **D)** Conexión del dispensador junto con el filtro de agua.

**Elaborado por:** Cadena D., Moreno B., Proyecto “Verificación de bacterias de transmisión hídrica después de la utilización de materiales locales como lechos filtrantes”



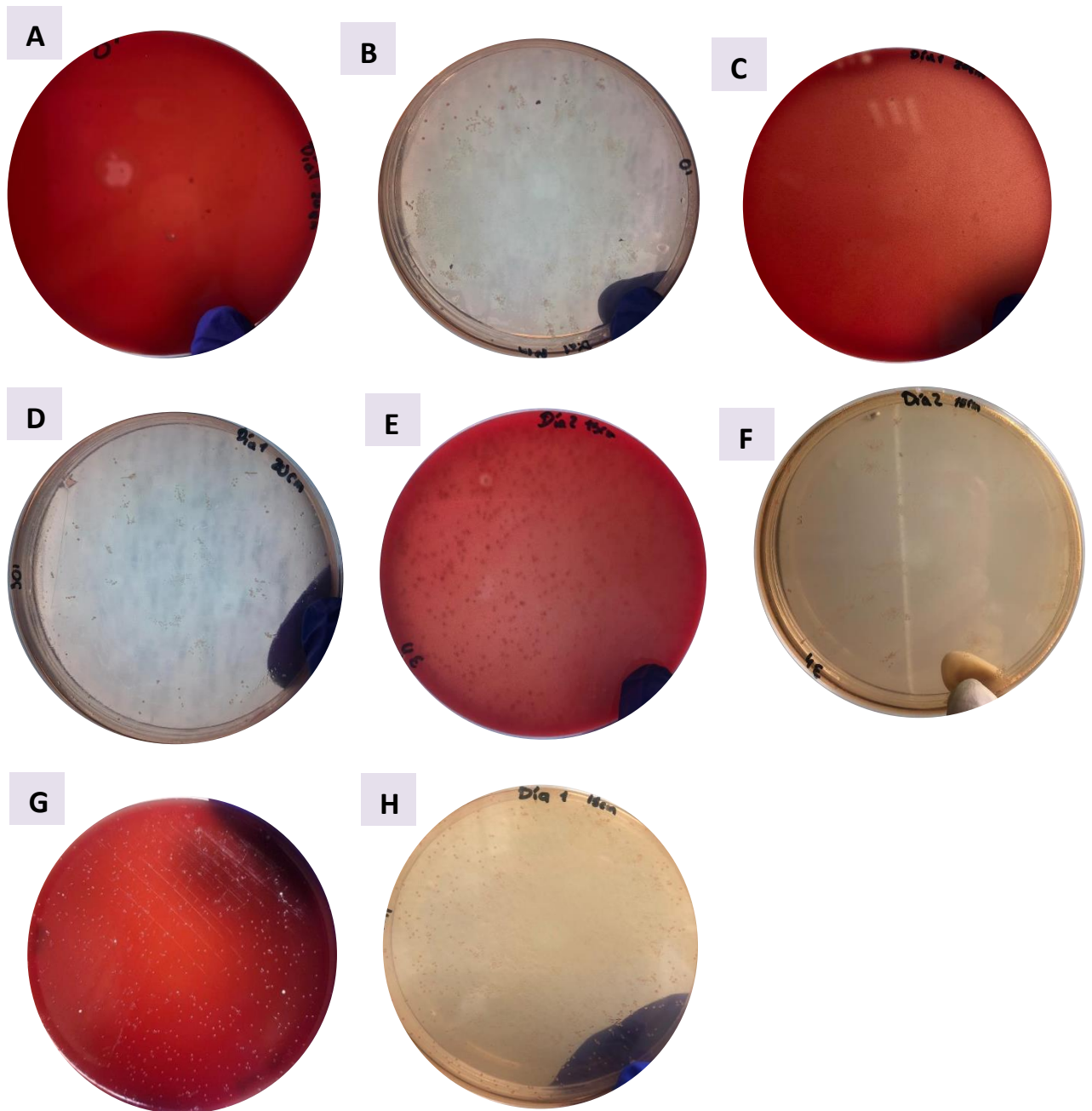
**Imagen 8.** Contaminación del agua. **A)** Traspaso de 10 litros de agua estéril autoclavada en garrafón. **B)** Contaminación con ambas bacterias en agua. **C)** Homogenización de bacterias para su desprendimiento. **D)** Toma de muestras utilizando el sistema de filtración con tierra de diatomea.

**Elaborado por:** Cadena D., Moreno B., Proyecto “Verificación de bacterias de transmisión hídrica después de la utilización de materiales locales como lechos filtrantes”



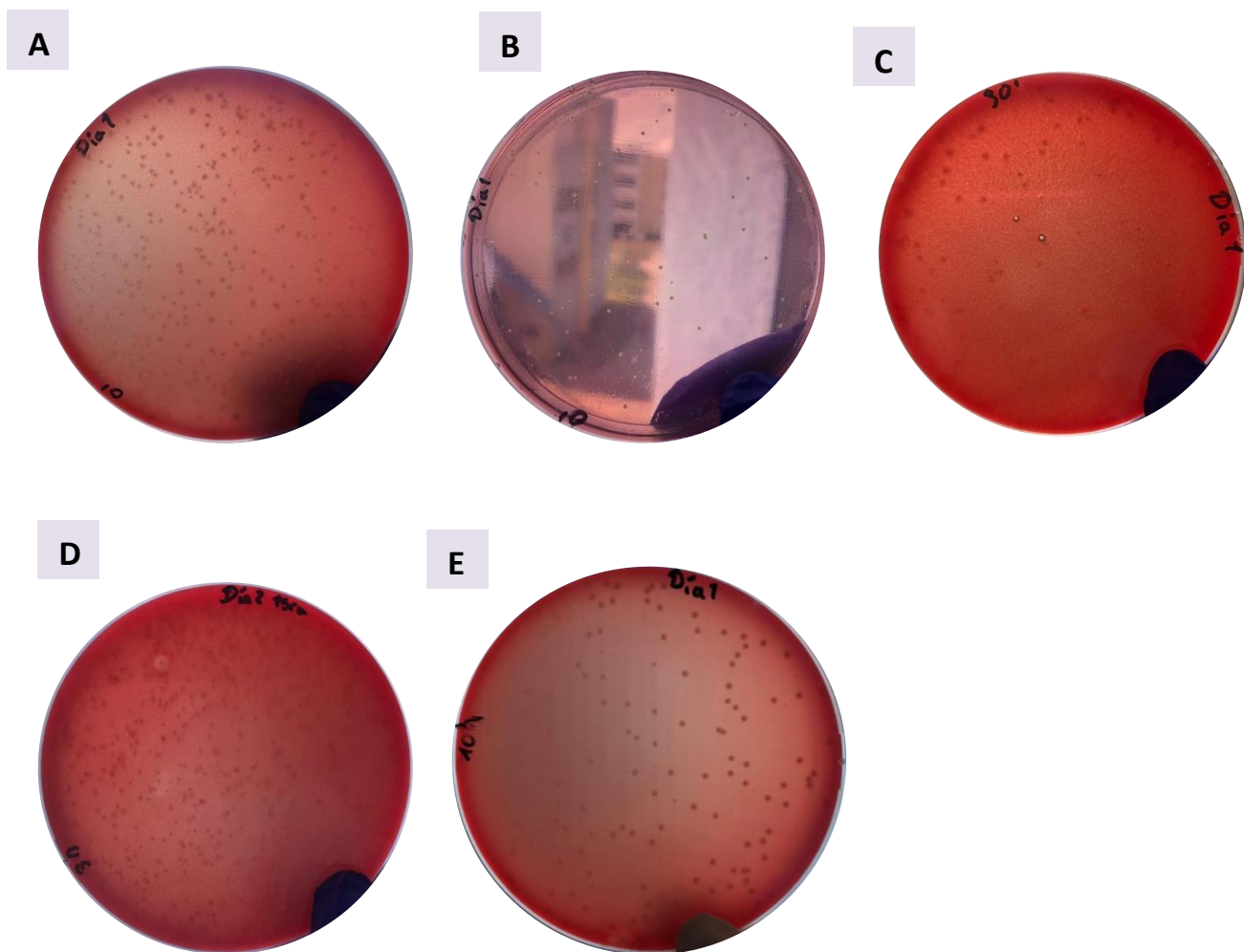
**Imagen 9.** Recuento en placa de crecimiento bacteriano filtro 1, día 2, 15cm. **A)** Crecimiento de *S. aureus*, 77 UFC/100ml, a las 0 horas **B)** Crecimiento de *E. coli*, 82 UFC/100ml, a las 0 horas. **C)** Crecimiento de *S. aureus*, 100 UFC/100ml, a los 30 min. **D)** Crecimiento de *E. coli*, 90 UFC/100ml, a los 30 min. **E)** Crecimiento de *S. aureus*, 137 UFC/100ml, a las 3 horas. **F)** Crecimiento de *E. coli*, 53 UFC/100ml, a las 3 horas. **G)** Crecimiento de *S. aureus*, 27 UFC/100ml, a las 10 horas **H)** Crecimiento de *E.coli*, 44 UFC/100ml, a las 10 horas. **I)** Crecimiento de *S. aureus*, 27 UFC/100ml, a las 24 horas.

**Elaborado por:** Cadena D., Moreno B., Proyecto “Verificación de bacterias de transmisión hídrica después de la utilización de materiales locales como lechos filtrantes”



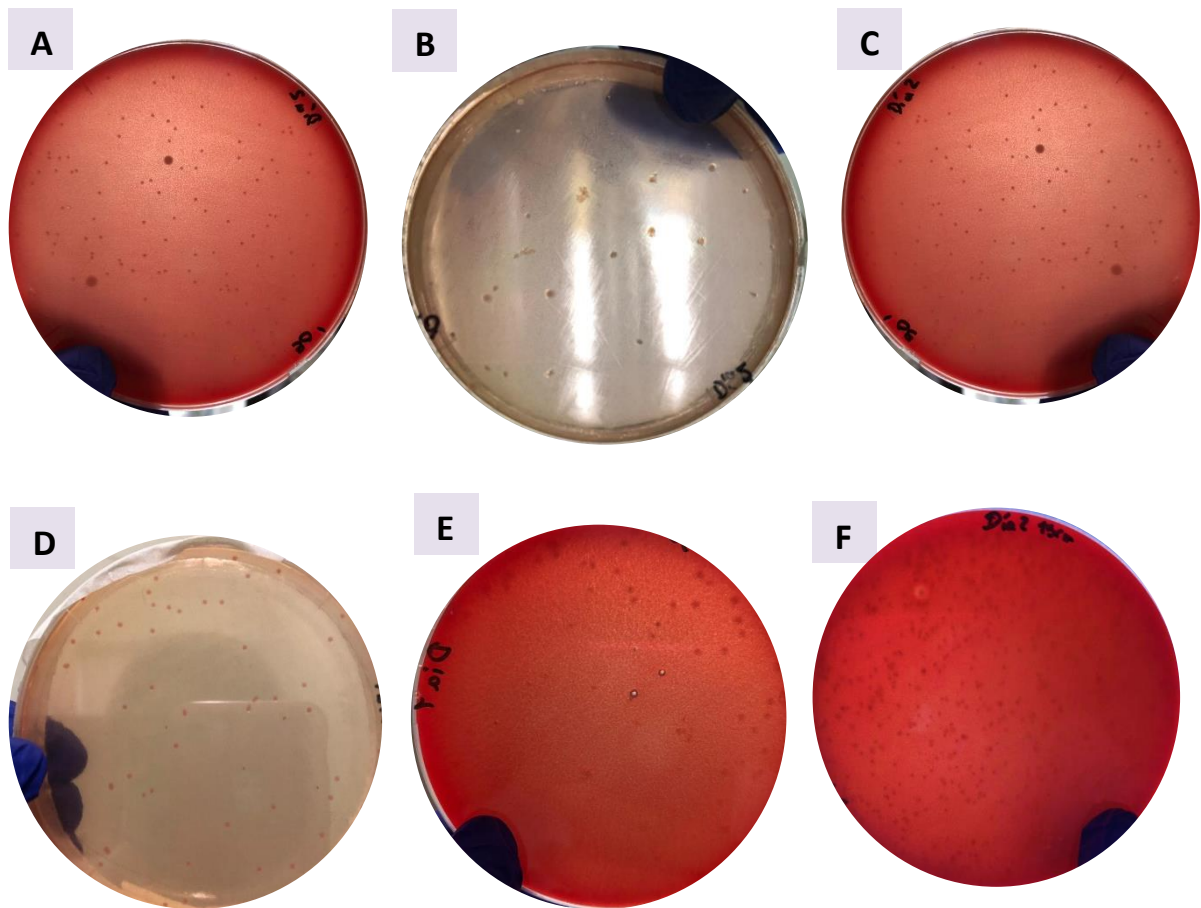
**Imagen 10.** Recuento en placa de crecimiento bacteriano filtro 2, día 1, 20cm **A)** Crecimiento de *S. aureus*, 24 UFC/100ml, a las 0 horas **B)** Crecimiento de *E. coli*, 125 UFC/100ml, a las 0 horas. **C)** Crecimiento de *S. aureus*, 32 UFC/100ml, a los 30 min. **D)** Crecimiento de *E. coli*, 118 UFC/100ml, a los 30 min. **E)** Crecimiento de *S. aureus*, 123 UFC/100ml, a las 3 horas. **F)** Crecimiento de *E. coli*, 136 UFC/100ml, a las 3 horas. **G)** Crecimiento de *S. aureus*, 109 UFC/100ml, a las 10 horas **H)** Crecimiento de *E.coli*, 131 UFC/100ml, a las 10 horas.

**Elaborado por:** Cadena D., Moreno B., Proyecto “Verificación de bacterias de transmisión hídrica después de la utilización de materiales locales como lechos filtrantes”



**Imagen 11.** Recuento en placa de crecimiento bacteriano filtro 2, día 2, 15cm **A)** Crecimiento de *S. aureus*, >100000 UFC/100ml, a las 0 horas **B)** Crecimiento de *E. coli*, 74 UFC/100ml, a las 0 horas. **C)** Crecimiento de *S. aureus*, 108 UFC/100ml, a los 30 min. **D)** Crecimiento de *S. aureus*, 204 UFC/100ml, a las 3 horas. **E)** Crecimiento de *S. aureus*, 187 UFC/100ml, a las 10 horas.

**Elaborado por:** Cadena D., Moreno B., Proyecto “Verificación de bacterias de transmisión hídrica después de la utilización de materiales locales como lechos filtrantes”



**Imagen 12.** Recuento en placa de crecimiento bacteriano filtro 2, día 3, 10cm **A)** Crecimiento de *S. aureus*, 65 UFC/100ml, a las 0 horas **B)** Crecimiento de *E. coli*, 82 UFC/100ml, a las 0 horas. **C)** Crecimiento de *S. aureus*, 125 UFC/100ml, a los 30 min. **D)** Crecimiento de *E. coli*, 95 UFC/100ml, a los 30 min. **E)** Crecimiento de *S. aureus*, 74 UFC/100ml, a las 3 horas. **F)** Crecimiento de *S. aureus*, 112 UFC/100ml, a las 10 horas **G)** Crecimiento de *E.coli*, 65 UFC/100ml, a las 10 horas.

**Elaborado por:** Cadena D., Moreno B., Proyecto “Verificación de bacterias de transmisión hídrica después de la utilización de materiales locales como lechos filtrantes”

**ANEXO N° 4: ESQUEMA DE CLASIFICACIÓN Y ASIGNACIÓN DE COLORES PARA LOS COLIFORMES FECALES O *E. coli* EN LOS ABASTECIMIENTOS DE AGUA**

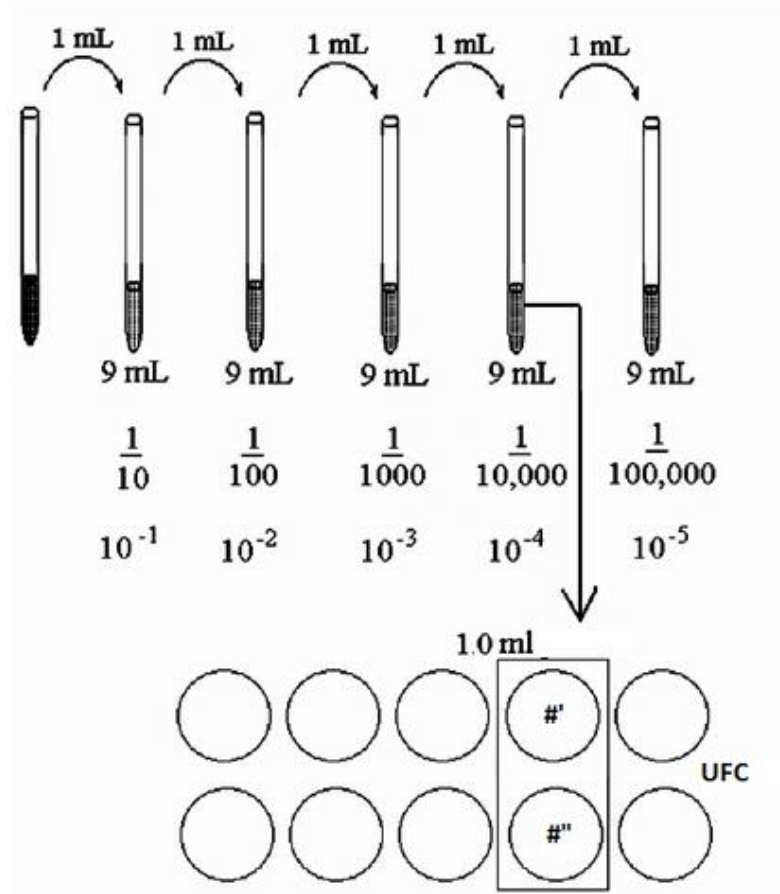
<b>Recuento por 100 ml</b>	<b>Categoría y color asignado</b>	<b>Observaciones</b>
0	A (azul)	De conformidad con las directrices de la OMS
1-10	B (verde)	Poco riesgo
10-100	C (amarillo)	Riesgo mediano
100-1000	D (anaranjado)	Alto riesgo
>1000	E (rojo)	Riesgo muy alto

**Imagen 17.** Esquema de clasificación y asignación de colores para los coliformes fecales o *E. coli* en los abastecimientos de agua.

**Fuente:** Organización Mundial de la Salud. Guías para la calidad del agua para consumo humano. Segunda ed.: Ginebra; 1998.



## ANEXO N° 5: ESQUEMA DE DILUCIONES



**Imagen 17.** Ejemplo de esquema de diluciones y siembra. Diluciones seriadas de 1/10; 1 ml de bacterias en caldo TSB con 9 ml de solución salina.

**Fuente:** Barrios A., Universidad Central de Venezuela. [Online].; 2011 [cited 2020 Marzo 12]. Available from: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-11-Eschema-de-diluciones-y-siembra-Diluciones-seriadas-de-1-10-1-ml-de\\_fig6\\_280927666](https://www.researchgate.net/figure/Figura-11-Eschema-de-diluciones-y-siembra-Diluciones-seriadas-de-1-10-1-ml-de_fig6_280927666)

## ANEXO 6: DISEÑO DE TOMA DE MUESTRAS

### A

FILTRO 1 Guayaquil	0 horas		30 minutos		3 horas		10 horas		24 horas	
	UFC/100ml									
	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>
10 cm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
15 cm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
20 cm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

X= Toma de muestra

### B

FILTRO 2 Palmira	0 horas		30 minutos		3 horas		10 horas		24 horas	
	UFC/100ml									
	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>
10 cm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
15 cm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
20 cm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

X= Toma de muestra

**Elaborado por:** Cadena D., Moreno B., Proyecto “Verificación de bacterias de transmisión hídrica después de la utilización de materiales locales como lechos filtrantes”

## ANEXO 7: INFECCIONES TRANSMITIDAS POR EL AGUA

<b>A</b> Agente patógeno	Tipo de especie/ género/grupo <sup>b</sup>	Importancia para la salud <sup>c</sup>	Persistencia en el suministro de agua <sup>d</sup>	Resistencia al cloro <sup>e</sup>	Infectividad relativa <sup>f</sup>	Fuente animal importante
<b>Bacterias</b>						
<i>Burkholderia</i>	<i>B. pseudomallei</i>	Alta	Puede multiplicarse	Baja	Baja	No
<i>Campylobacter</i>	<i>C. coli</i> <i>C. jejuni</i>	Alta	Moderada	Baja	Moderada	Si
<i>Escherichia coli</i> - diarrogénica <sup>g</sup>		Alta	Moderada	Baja	Baja	Si
<i>E. coli</i> - enterohemorrágica	<i>E. coli</i> O157	Alta	Moderada	Baja	Alta	Si
<i>Francisella</i>	<i>F. tularensis</i>	Alta	Larga	Moderada	Alta	Si
<i>Legionella</i>	<i>L. pneumophila</i>	Alta	Puede multiplicarse	Baja	Moderada	No
Micobacteria (no tuberculosa)	<i>Mycobacterium</i> <i>avium complex</i>	Baja	Puede multiplicarse	Alta	Baja	No
<i>Salmonella typhi</i>		Alta	Moderada	Baja	Baja	No
Otras <i>Salmonellas</i>	<i>S. enterica</i> <i>S. bongori</i>	Alta	Puede multiplicarse	Baja	Baja	Si
<i>Shigella</i>	<i>S. dysenteriae</i>	Alta	Corta	Baja	Alta	No
<i>Vibrio</i>	<i>V. cholerae</i> O1 y O139	Alta	Corta a larga <sup>h</sup>	Baja	Baja	No
<b>Virus</b>						
Adenoviridae	Adenovirus	Moderada	Larga	Moderada	Alta	No
Astroviridae	Astrovirus	Moderada	Larga	Moderada	Alta	No
Caliciviridae	Norovirus, Sapovirus	Alta	Larga	Moderada	Alta	Potencial- mente
Hepeviridae	Virus de la hepatitis E	Alta	Larga	Moderada	Alta	Potencial- mente
Picornaviridae	Enterovirus, Pa- rechovirus, Virus de la hepatitis A	Alta	Larga	Moderada	Alta	No
Reoviridae	Rotavirus	Alta	Larga	Moderada	Alta	No
<b>Protozoos</b>						
<i>Acanthamoeba</i>	<i>A. culbertsoni</i>	Alta	Puede multiplicarse	Alta	Alta	No
<i>Cryptosporidium</i>	<i>C. hominis/parvum</i>	Alta	Larga	Alta	Alta	Si
<i>Cyclospora</i>	<i>C. cayetanensis</i>	Alta	Larga	Alta	Alta	No
<i>Entamoeba</i>	<i>E. histolytica</i>	Alta	Moderada	Alta	Alta	No
<i>Giardia</i>	<i>G. intestinalis</i>	Alta	Moderada	Alta	Alta	Si
<i>Naegleria</i>	<i>N. fowleri</i>	Alta	Puede multiplicarse	Baja	Moderada	No
<b>Helmitos</b>						
<i>Dracunculus</i>	<i>D. medinensis</i>	Alta	Moderada	Moderada	Alta	No

<b>B</b>	Microorganismo	Tipo de especie/género/grupo <sup>b</sup>	Prueba de transmisión a través del agua (o características epidemiológicas)	Presencia y comportamiento en el abastecimiento de agua	Resistencia al cloro <sup>c</sup>
<b>Bacterias</b>					
	<i>Acinetobacter</i>	<i>A. calcoaceticus baumannii complex</i>	Problema posible en centros de salud (no gastrointestinales)	Común y puede multiplicarse	Baja
	<i>Aeromonas</i>	<i>A. hydrophila</i>	Los aislamientos clínicos no coinciden con aislamientos ambientales	Común y puede multiplicarse	Baja
	<i>Enterobacter</i>	<i>E. sakazakii</i>	Infección asociada con la fórmula infantil; no hay evidencia de transmisión por el agua	Improbable	Baja
	<i>Helicobacter</i>	<i>H. pylori</i>	Se sugiere, pero no hay evidencia directa; la familia es la ruta primaria de transmisión	Detectado, sobrevive por tiempo limitado	Baja
	<i>Klebsiella</i>	<i>K. pneumoniae</i>	Problema posible en centros de salud (no gastrointestinales)	Puede multiplicarse	Baja
	<i>Leptospira</i>	<i>L. interrogans</i>	No hay pruebas de transmisión a través de la ingesta de agua potable. Se propaga principalmente por contacto con agua superficial contaminada; brotes asociados con inundaciones	Puede sobrevivir meses en el agua	Baja
	<i>Pseudomonas</i>	<i>P. aeruginosa</i>	Problema posible en centros de salud (no gastrointestinales)	Común y puede multiplicarse	Moderada
	<i>Staphylococcus</i>	<i>S. aureus</i>	No hay pruebas de transmisión a través del agua potable; las manos son la fuente más importante	Común y puede multiplicarse	Moderada
	<i>Tsukamurella</i>	<i>T. paurometabola</i>	Problema posible en centros de salud (no gastrointestinales)	Común y puede multiplicarse	Desconocida
	<i>Yersinia</i>	<i>Y. enterocolitica</i>	Las especies detectadas en agua probablemente no son patógenas; los alimentos son la fuente primaria	Común y puede multiplicarse	Baja
<b>Virus</b>					
	Filoviridae	Virus del Ebola	No hay pruebas de transmisión a través del agua potable	Improbable	Baja

**Imagen 18.** Infecciones transmitidas por el agua. **A)** Agentes patógenos transmitidos a través del agua potable. **B)** Microorganismos cuya transmisión a través del agua potable se ha sugerido, pero las pruebas no son concluyentes o se carece de ellas.

**Fuente:** Organización Mundial de la Salud. Guías para la calidad del agua para consumo humano. Cuarta ed.: Ginebra; 2018.