



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN–TARAPOTO
FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL FILTRO DE CERÁMICA
INCRUSTADO CON PLATA COLOIDAL EN EL TRATAMIENTO
DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN CARHUAPOMA,
SAN RAFAEL, BELLAVISTA-2017**

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

AUTOR:

Neiser Arteaga Díaz

ASESOR:

Ing. Alfonso Rojas Bardalez

Código N° 6053917

Moyobamba - Perú

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



Evaluación de la eficiencia del filtro de cerámica incrustado con plata coloidal en el tratamiento de agua para consumo humano en Carhuapoma, San Rafael, Bellavista-2017

AUTOR:

Bach. Neiser Arteaga Díaz

Sustentado y aprobado el día 07 de Noviembre del 2018 por los siguientes jurados.

.....
Ing. M.Sc. Julio César De La Rosa Ríos
Presidente

.....
Ing. M.Sc. Gerardo Cáceres Bardález
Secretario

.....
Lic. M.Sc. Ronald Julca Urquiza
Miembro

.....
Ing. Alfonso Rojas Bardález
Asesor

Declaratoria de Autenticidad

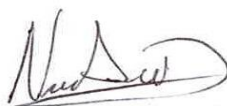
Yo, **Neiser Arteaga Díaz**, identificado con DNI N° 73466041, bachiller de la Facultad de Ecología, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con la tesis titulada **“Evaluación de la eficiencia del filtro de cerámica incrustado con plata coloidal en el tratamiento de agua para consumo humano en Carhuapoma, San Rafael, Bellavista-2017”**.

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiada; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, como el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios y plagio (al no citar la información con sus autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), falsificación (al presentar la información e ideas de otras personas de forma falsa), entre otros, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Moyobamba, 07 de noviembre del 2018.



Neiser Arteaga Díaz

DNI N° 73466041



Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres: <i>Arteaga Díaz Neiser</i>	
Código de alumno : <i>73466047</i>	Teléfono: <i>958864426</i>
Correo electrónico : <i>neiser79962074@gmail.com</i>	DNI: <i>73466047</i>

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de: <i>Ecología</i>
Escuela Profesional de: <i>Ingeniería Ambiental</i>

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título: <i>"Evaluación de la eficiencia del filtro de cerámica incrustado con plata coloidal en el tratamiento de agua para consumo humano en Cerro Apoma, San Rafael, Bellavista - 2017"</i>
Año de publicación:

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, una licencia No Exclusiva, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".



Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento:

14 / 12 / 2018



Firma del Responsable de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM - T.

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios, que me dio la vida, salud, entendimiento y sabiduría para poder desarrollar y terminar a tiempo la ejecución de esta tesis.

Dedico esta tesis a mis padres y hermana quienes me brindaron su apoyo, educación y sus consejos, para poder salir adelante y cumplir con una meta trazada en mi vida.

Dedico esta tesis a mis compañeros, maestros y amigos, quienes siempre estuvieron corrigiéndome y ayudando de manera incondicional en el desarrollo de esta tesis.

Neiser.

AGRADECIMIENTO

A Dios por su cuidar de mi vida y en la de mis seres amados, por ayudarme en momentos difíciles y darme más de lo que me merezco. Sin Él nada fue, ni es, ni será.

A mis padres Eulalio y Enma y hermana Janett que siempre cuidaron y me apoyaron a no rendirme ante los difíciles obstáculos que se presentan en esta vida.

A mi primo Rosas Eli y amiga Leatary quienes me ayudaron con la compra del filtro y plata coloidal desde la ciudad de Lima.

Al Ingeniero Alfonso quien fue asesor y que siempre estuvo pendiente para cumplir con el tiempo establecido en el desarrollo de las diferentes actividades realizadas.

A la Universidad Nacional de San Martín por el financiamiento a la presente investigación mediante un “concurso de proyectos de investigación de tesis a nivel de pregrado, financiado por la UNSM-T periodo 2017” a través del Instituto de Investigación y Desarrollo, aprobado con resolución de consejo universitario N° 631-2017-UNSM/CU-R/NLU.

A mis compañeros Paul, Elkin y todas las personas que me ayudaron directa e indirectamente en la realización de esta tesis

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL	viii
RESUMEN	x
ABSTRAC	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
1.1. Planteamiento del problema.	2
1.2. Objetivos.....	2
1.3. Antecedentes de la investigación.....	3
1.4. Bases teóricas	4
1.4.1. Agua.....	4
1.4.1.1. Definición.....	5
1.4.1.2. Generalidades	5
1.4.1.3. Características	6
1.4.1.4. El agua como recurso	7
1.4.1.5. Accesibilidad al agua	8
1.4.1.6. Contaminación del agua	9
1.4.1.7. Impactos en la salud	9
1.4.2. Agua potable.....	11
1.4.3. Tratamiento de agua para consumo humano	12
1.4.3.1. Tratamiento Físico	12
1.4.3.1.1. Sedimentación.....	12
1.4.3.1.2. Filtración	12
1.4.3.2. Tratamiento químico	13
1.4.3.2.1. Coagulación	13
1.4.3.2.2. Floculación.....	13

1.4.3.2.3. Desinfección	13
1.4.3.3. Tratamiento a nivel domiciliario.....	14
1.4.3.3.1. Desinfección Solar	14
1.4.3.3.2. Desinfección por Cloración	14
1.4.3.3.3. Ebullición.....	14
1.4.3.3.4. Filtración Lenta en Arena	15
1.4.3.3.5. Filtro cerámico con plata coloidal.....	15
1.4.4. Producto final-ecofiltro.....	17
1.4.5. Parámetros de calidad de agua para consumo humano	18
1.4.5.1. Parámetros Físicos.....	18
1.4.5.2. Parámetros Químicos	21
1.4.5.3. Parámetros microbiológicos	22
1.5. Definición de términos básicos.....	23
CAPÍTULO II	25
CAPITULO III	26
3.1. Resultados del primer objetivo específico:.....	26
3.2. Resultados del segundo objetivo específico:	27
3.3. Resultados del tercer objetivo específico:	29
3.4. Discusión de resultados	37
CONCLUSIONES	38
RECOMENDACIONES	39
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	40
ANEXOS	44
Anexo A: ubicación del lugar donde se desarrolló el proyecto de investigación.....	44
Anexo B: plano de ubicación y localización de la localidad de Carhuapoma.....	44
Anexo C: panel fotográfico	46
Anexo D: Resultados obtenidos del análisis de laboratorio regional de agua de Cajamarca 2017	50

RESUMEN

Dado la problemática del consumo de agua de mala calidad en las zonas rurales a nivel nacional, y específico en la localidad de Carhuapoma donde no cuenta con una planta de tratamiento de agua para consumo humano. Viendo la necesidad de la población se evaluó la eficiencia del filtro de cerámica incrustado con plata coloidal en el tratamiento de agua para consumo humano. Mediante el análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua; que fue aplicado mediante un diseño pre-experimental durante un periodo de tres meses y analizado su eficiencia respectiva. Donde sí tiene eficiencia en el tratamiento del agua, reduciendo hasta en un 99.978% la cantidad de microorganismos patógenos como coliformes totales, la reducción fue gracias a que la plata coloidal actúa como un agente bioestático de bacterias, virus, etc. En efecto el uso del filtro cerámico incrustado con plata coloidal es un método confiable para el tratamiento de agua y una solución para personas con recursos limitados que no tienen acceso al consumo de agua potable, siendo un peligro potencial para la sociedad teniendo que consumir agua contaminada con coliformes totales y termotolerantes, en tal sentido se deben tratar de implementar en lugares donde la población no tiene una planta de tratamiento de agua y así poder prevenir muchas enfermedades debido al agua contaminada.

Palabras clave: Agua potable, filtro de cerámica, plata coloidal, tratamiento de agua.

ABSTRAC

Given the problem of poor quality water consumption in rural areas at the national level, and specific in the town of Carhuapoma where it does not have a water treatment plant for human consumption. Seeing the need of the population, the efficiency of the ceramic filter embedded with colloidal silver in the treatment of water for human consumption was evaluated by analyzing the physical, chemical and microbiological parameters of water, which was applied by means of a pre-experimental design during a period of three months and analyzed their respective efficiency. Where it does have efficiency in water treatment, reducing the amount of pathogenic microorganisms such as total coliforms by up to 99,978%, the reduction was due to the fact that colloidal silver acts as a biostatic agent of bacteria, viruses, etc. In fact the use of the ceramic filter embedded with colloidal silver is a reliable method for water treatment and a solution for people with limited resources who do not have access to drinking water, being a potential danger to society having to consume contaminated water with total and thermo-tolerant coliforms, in this sense they should try to implement in places where the population does not have a water treatment plant and thus be able to prevent many diseases due to contaminated water.

Keywords: Drinking water, ceramic filter, colloidal silver, water treatment.



INTRODUCCIÓN

Debido a que el agua de buena calidad en las comunidades rurales y urbanas es parte fundamental para el mejoramiento de las condiciones de vida de la población mundial, pero que sin embargo en nuestro país aún nos falta cerrar muchas brechas en ese sentido ya que existen en muchos poblados rurales y urbanos el servicio de agua entubada la cual no tiene ningún tipo de tratamiento por lo que es en la gran mayoría de casos no es apta para el consumo humano en donde la salud puede verse comprometida cuando bacterias, virus, parásitos, entre otros ingresan al organismo humano causando diferentes males que incluso nos podrían llevar hasta la muerte, es así que se hace evidente la necesidad del tratamiento de esta para que tenga las condiciones debidas para su consumo.

En la localidad de Cahuapoma dicha situación no es ajena, en tal sentido la presente investigación se planteó en fin de tratar el agua en el sitio de consumo en cuestión de salubridad mediante la utilización de un filtro incrustado con plata coloidal el cual debido a su tamaño no dejaría cruzar por los micro-poros muchos elementos contaminantes del agua haciéndola apta para el consumo humano según así lo señalan los resultados obtenidos. Es así que el interés de este trabajo de investigación se centró en evaluar la eficiencia del filtro de cerámica, a la que suma la plata coloidal en una concentración de 15 ppm, para lo cual se realizó el análisis de parámetros físicos, químicos y microbiólogos antes y después de que esta fuese sometida al filtro obteniendo resultados que la califican a esta agua como apta para el consumo humano, los cuales están detallados líneas adelante de la presente investigación, la misma que está estructurada en tres capítulos principales; capítulo primero en donde se detalla todo lo referido a planteamiento del problema, objetivos, antecedentes de la investigación, bases teóricas que lo sustenta y algunos términos importantes para su debido entendimiento, en el apartado dos se menciona lo referido al marco metodológico utilizado y por último en el capítulo tres se detallan todos los resultados a los que se llegó.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Planteamiento del problema.

A nivel mundial la calidad de agua se ha deteriorado en gran manera, donde las zonas rurales son las más afectadas con respecto al acceso de agua potable, haciendo que los más susceptibles sean los niños donde mueren a causa de la presencia de microorganismos dañinos presente en el agua, actualmente los gobiernos toman como prioridad mejorar su armamento ante una eventual guerra dejando de lado aquellas personas que día a día buscan tener una mejor agua para beber tal es el caso de Siria, Nigeria, etc.

Nuestro país no es ajeno a que ciertas poblaciones no cuenten con agua potable, tal es el caso de personas ubicadas en zonas altas de los cerros en Lima, haciendo que sea muy dificultosa la gestión de contar con agua potable, además la incapacidad de nuestras autoridades de no tomar como prioridad el mejoramiento de la calidad de agua, porque el agua es un recurso primordial para la vida sana y segura.

De igual forma en la localidad de Carhuapoma, el problema principal que afronta es la de no contar con una planta de tratamiento de agua, porque desde el lugar de captación va directamente al consumo de los pobladores, en donde la salud de la población está en un alto riesgo de contraer enfermedades gastrointestinales, entre otras, debido a que no hay un tratamiento previo al consumo en los hogares.

Por lo dicho anteriormente nos formulamos la siguiente interrogante: ¿Cuál es la eficiencia del filtro de cerámica incrustado con plata coloidal en el tratamiento de agua para consumo humano en Carhuapoma?.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

- Evaluar la eficiencia del filtro de cerámica incrustado con plata coloidal en el tratamiento de agua para consumo humano en Carhuapoma.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar los parámetros iniciales: físicos (temperatura, turbiedad y solidos totales disueltos), químicos (plata y pH), y microbiológicos (coliformes totales y coliformes termotolerantes) del agua para consumo humano.
- Determinar los parámetros finales: físicos (temperatura, turbiedad y solidos totales disueltos), químicos (plata y pH), y microbiológicos (coliformes totales y coliformes termotolerantes) del agua para consumo humano.
- Determinar la eficiencia del filtro en el tratamiento de agua para consumo humano.

1.3. Antecedentes de la investigación

Lerma, (2012), en su investigación filtros cerámicos, una alternativa de agua segura concluye que los filtros cerámicos impregnados con plata coloidal producen agua sin riesgo para consumo humano, a bajo costo, lo que los hace una alternativa de agua segura para comunidad en zona rural y de bajos recursos que no están conectados a sistemas convencionales de acueducto de agua potable.

Vidal, (2010), en su investigación evaluación de la efectividad del filtro a base de arcilla y plata coloidal en la potabilización de agua, medida por pruebas fisicoquímicas y microbiológicas concluye que los coliformes fueron removidos con un porcentaje del 92,73 al 99,96% en el filtro sin aplicación de plata coloidal, debido a que los poros de los filtros son los suficientemente pequeños para atrapar estos microorganismos. Por lo tanto, la plata coloidal es necesaria para completar la remoción e inactivación de las bacterias.

Marchand, (2002), en su investigación microorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano en Lima metropolitana concluye que la contaminación microbiológica del agua en inmuebles, se debe principalmente a la falta de mantenimiento, limpieza y desinfección de los Sistemas de Distribución y almacenamiento de Agua. En pozos, el problema radica principalmente en las

condiciones higiénicas sanitarias, las características del suelo y la contaminación de la capa freática por excretas.

Destéfano, (2008), en su investigación diseño preliminar de una planta de tratamiento de agua para el consumo humano en los distritos de Andahuaylas, San Jerónimo y Talavera de la Reyna, provincia de Andahuaylas, región Apurímac concluye que los avances encontrados en los procesos de filtración han permitido proponer sistema de baterías filtrantes sin reguladores de caudal que operan con velocidades decrecientes, simplificando la construcción de galería de tubos que anteriormente era indispensable. Otra de las ventajas de este sistema de filtración es el lavado de un filtro con el flujo proveniente de otras unidades en operación.

Mendoza, (2013), en su investigación vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en zonas rurales de la provincia de Moyobamba-2012 concluye en que los sistemas de agua visitados en las zonas rurales de la provincia de Moyobamba, no cuentan con un proceso de desinfección respectiva, debido a que las autoridades encargadas de administrar el servicio de agua no tienen facilidad de un presupuesto designado para la adquisición de insumos químicos propios de limpieza y desinfección.

Chong, (2010), en la investigación evaluación de la calidad del agua subterránea en el centro poblado menor la Libertad, distrito de San Rafael, provincia de Bellavista, región San Martín-Perú en una de sus conclusiones menciona que el gran ausente en este tipo de agua es el cloro residual que en todas las muestras indican un valor cero y, por lo tanto, algunos microorganismos no están siendo eliminados por simple desinfección, principalmente los coliformes termo tolerantes; lo demuestran los resultados de exámenes microbiológicos.

1.4. Bases teóricas

1.4.1. Agua

El agua tiene una profunda influencia en la salud humana. En un nivel muy básico, se requiere una cantidad mínima de agua para el consumo, sobre una base diaria por la supervivencia, y por lo tanto el acceso al agua de alguna forma es esencial para la vida. Sin embargo, el agua tiene contribuciones

mucho más amplias sobre la salud y el bienestar y cuestiones como la cantidad y calidad del agua suministrada son importantes en determinar la salud de las personas y comunidades enteras. (Vidal, 2010).

1.4.1.1. Definición

Es el líquido más abundante en la Tierra y el recurso natural base de toda forma de vida, se le conoce como el solvente universal; es decir, es una sustancia que puede disolver más de 50% de todas las sustancias conocidas. Ello permite, por ejemplo, que los vegetales y los animales puedan integrar a su sistema los minerales y nutrientes, disueltos en el agua, como parte de su nutrición. (Leyva, 2012).

Cuerpo formado por la combinación de un volumen de oxígeno y dos de hidrógeno, líquido inodoro e insípido; en pequeña cantidad incoloro y verdoso en grandes masas, que refracta la luz, disuelve muchas sustancias, se solidifica por el frío, se evapora por el calor y, más o menos puro, forma la lluvia, las fuentes, los ríos y los mares. (Guerrero, 1991).

1.4.1.2. Generalidades

Los océanos dan cuenta de casi el 97,5 % del agua del planeta. Únicamente un 2,5% es agua dulce. Los glaciares, la nieve y el hielo de los cascos polares representan casi el 80% del agua dulce, el agua subterránea 19% y el agua de superficie accesible rápidamente sólo el 1%. Esta baja cantidad de agua de superficie fácilmente accesible, se encuentra principalmente en lagos (52%) y humedales (38%).

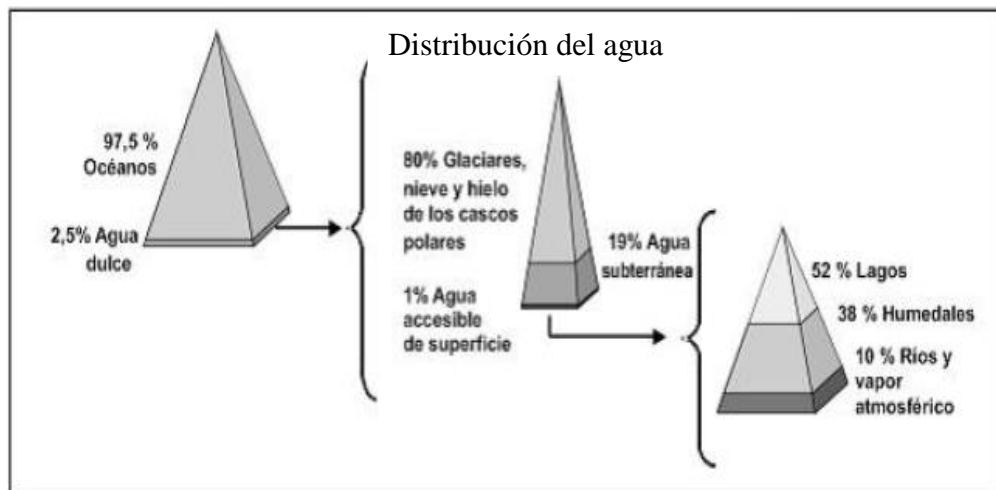


Figura 1: en esta figura se muestra la distribución del agua que se encuentra en nuestro planeta. (Nota: Fernández. (2012). El agua: un recurso esencial).

1.4.1.3. Características

Según Fernández, (2012) menciona las siguientes características:

- Existe en las tres fases, sólida, líquida y gaseosa dentro de los límites de temperatura y presión naturales en la tierra.
- Tiene una gran capacidad calorífica. Puede absorber una cantidad de calor importante sin aumentar demasiado su temperatura. Un gramo de agua absorbe una caloría para elevar su temperatura en 1° C. Debido a esta elevada capacidad calorífica, se necesita una gran cantidad de calor para cambiar apreciablemente la temperatura de una masa de agua y, por lo tanto, un cuerpo de agua puede tener un efecto estabilizante sobre la temperatura de las regiones geográficas cercanas. Esta propiedad impide grandes cambios súbitos en la temperatura de los cuerpos de agua, protegiendo a los organismos acuáticos del shock que supondrían abruptas variaciones de temperatura. El contenido del agua de las células es aproximadamente el 80% y esta propiedad del agua protege a las moléculas que están disueltas o contenidas por ella.
- Tiene las propiedades de expandirse cuando se congela (en realidad, la expansión comienza a los 4° C). Esto permite que el hielo flote. Si eso o sucediera y quedara debajo del agua no podría fundirse tan fácilmente.

- Alta constante dieléctrica: permite la disolución de sustancias iónicas y favorece su ionización.
- Alto calor latente de fusión: estabiliza la temperatura de los cuerpos de agua en el punto de congelación. Evita efectos de las bajas temperaturas sobre el ecosistema de los cuerpos de agua.
- Alto calor de vaporización: influye en la transferencia del calor del vapor de los cuerpos de agua y el vapor atmosférico.
- Alta tensión superficial. Esto significa que el agua es pegajosa y elástica y tiende a unirse en gotas en lugar de separarse en una capa delgada y fina. La tensión de la superficie es la responsable de la acción capilar, de que el agua pueda moverse (y disolver sustancias) a través de las raíces de plantas y a través de los pequeños vasos sanguíneos en nuestro cuerpo.

1.4.1.4. El agua como recurso

Los recursos naturales compartidos, especialmente el caso del agua, pueden llegar a constituirse en un tema de la más alta relevancia en las relaciones con nuestros países vecinos, considerando que uno de los efectos más visibles del cambio climático ha sido, precisamente, la alteración en los ciclos del agua, produciéndose, o largas sequías con consecuencias nefastas para las víctimas del fenómeno, o inundaciones igualmente catastróficas, producto de precipitaciones desmedidas que aumentan extraordinariamente los caudales, haciéndose imposible su contención dentro de sus cauces naturales. (Gonzales, 2014).

A estas alteraciones climáticas debemos sumar la enorme contaminación de que son objeto las aguas como consecuencia de la acción del hombre y la falta de atención que se ha dado a esta situación, lo que afecta tanto a los cursos de agua superficiales como a las aguas subterráneas, que se entendían como la gran reserva del recurso, pero que hoy en día están igualmente afectadas. (Gonzales, 2014).

1.4.1.5. Accesibilidad al agua

Según PPDHDD, (2005) menciona lo siguiente:

Por accesibilidad debe entenderse que el agua y las instalaciones y servicios de agua deben ser accesibles a todos, sin discriminación alguna. La accesibilidad presenta 4 dimensiones superpuestas:

- Física. Las instalaciones y los servicios deben estar al alcance de todos los sectores de la población. La seguridad física no debe ser amenazada durante el acceso.
- Económica. Los costos y cargos directos e indirectos asociados con el abastecimiento de agua deben ser asequibles y no deben comprometer o poner en peligro el ejercicio de otros derechos. El costo del agua potable es varias veces más caro para los más pobres que para los ricos. La tarifa social se usa indiscriminadamente por el consumo no por el nivel socio-económico.
- No discriminación. Deben ser accesibles a todos de hecho y de derecho incluso a los sectores más vulnerables y marginados de la población. En tiempos de grave escasez de recursos es preciso proteger a los miembros más vulnerables mediante la adopción de programas específicos a un costo relativamente bajo. Los pobres en el Perú tienen un acceso restringido, mala calidad y costo alto del agua potable por lo que son objeto de discriminación.
- Información. Derecho de solicitar, recibir y difundir información sobre las cuestiones del agua. No se informa adecuadamente sobre los derechos de los usuarios, sobre los efectos de la privatización y los indicadores de gestión de la EPS.

Creemos que este recurso vital no debe convertirse en una mercancía que se pretende vender al mejor postor, y que el acceso al agua potable para cubrir nuestras primeras necesidades constituye un derecho humano fundamental.

1.4.1.6. Contaminación del agua

La aparición de elementos "no deseables" y tóxicos, y la variación en las concentraciones de los constituyentes comunes, en el cual confluyen distintos compartimentos ambientales y actividades humanas, es donde se produce la contaminación del agua o mejor dicho, la alteración de su calidad. Las principales vías de entrada de contaminantes en el medio ambiente acuático son las aguas residuales, entre las que se incluyen las urbanas, industriales, y las de origen agrícola o ganadero. La prevalencia de una u otra depende en gran medida del tipo de contaminación de que se trate y del nivel de depuración o atenuación natural (si existe) que experimentan. (Damià, Lopez, 2008).

La salud puede verse comprometida cuando bacterias, virus o parásitos perniciosos contaminan el agua potable en la fuente misma, por infiltración del agua de escorrentía contaminada, o en el interior del sistema de distribución por tuberías. Asimismo, la manipulación antihigiénica del agua durante el transporte o en el hogar puede contaminar el agua que antes era salubre. Por estos motivos, muchos de los que disponen de una fuente mejorada de agua a través de una red de tuberías, pozos protegidos o de otras fuentes mejoradas están de hecho expuestos a la contaminación del agua. (OMS, 2007).

A pesar de los progresos hechos en los últimos años, en la mayoría de los países de América Latina y el Caribe todavía se pueden observar problemas de calidad del agua, por lo general a consecuencia de deficiencias en la operación y mantenimiento de los servicios. Algunos de los factores que contribuyen a deteriorar la calidad del agua son los siguientes: sistemas que funcionan de manera intermitente, plantas de tratamiento poco eficientes, ausencia de desinfección o existencia de problemas en este proceso, redes de distribución precarias, conexiones domiciliarias clandestinas o mal hechas y falta de higiene en el manejo del agua por parte de los usuarios. (Vidal, 2010).

1.4.1.7. Impactos en la salud

El agua es un vehículo de transmisión de enfermedades cuya puerta de penetración es la boca y tubo digestivo. El agua puede contener agentes

infecciosos de cólera, tifoidea, disentería, amebiasis, etc. Por lo que, para conocer las características del agua se realizan una serie de análisis de laboratorio. (Rodríguez, 2001).

Las enfermedades gastrointestinales y las respiratorias son causadas por virus y bacterias presentes en el agua, o bien, por falta de higiene colectiva. Sin embargo, hoy, a pesar de los avances de la ciencia, del descubrimiento de medicamentos para combatir enfermedades y de las tecnologías para cuidar, limpiar y tratar el agua, las enfermedades ocasionadas por ésta se hallan presentes en todo el planeta. (Leyva, 2012).

Si bien las enfermedades relacionadas con el agua varían considerablemente en cuanto a su naturaleza, transmisión, efectos y tratamiento, los efectos adversos para la salud relacionados con el agua pueden organizarse en tres categorías: enfermedades transmitidas por el agua, incluidas las causadas por organismos fecales y las causadas por sustancias tóxicas; las enfermedades con base en el agua y las enfermedades de origen vectorial relacionadas con el agua. (PPDHDD, 2005).

Los problemas de salud derivados de los nitratos presentes en las fuentes del agua se están convirtiendo en una seria preocupación en casi todas partes. En más de 150 países, los nitratos procedentes de los fertilizantes se han filtrado en los pozos de agua, ensuciando el agua para beber. Las concentraciones excesivas de nitratos causan trastornos sanguíneos. (PPDHDD, 2005).

Tabla 1

Enfermedades transmitidas por la contaminación del agua

Tipo de microorganismo	Enfermedad	Síntomas
Bacterias	Cólera	Diarreas y vómitos intensos. Deshidratación. Frecuentemente es mortal si no se trata adecuadamente.
Bacterias	Tifus	Fiebres. Diarreas y vómitos. Inflamación del bazo y del intestino.

Bacterias	Disentería	Diarrea. Raramente es mortal en adultos, pero produce la muerte de muchos niños en países poco desarrollados.
Bacterias	Gastroenteritis	Náuseas y vómitos. Dolor en el aparato digestivo. Poco riesgo de muerte.
Virus	Hepatitis	Inflamación del hígado e ictericia. Puede causar daños permanentes en el hígado.
Virus	Poliomelitis	Dolores musculares intensos. Debilidad. Temblores. Parálisis. Puede ser mortal.
Protozoos	Disentería amebiana	Diarrea severa, escalofríos y fiebre. Puede ser grave si no se trata.

Nota: Frers (como se citó en Chong, 2010). Evaluación de la calidad del agua subterránea en el centro poblado menor la Libertad, distrito de San Rafael, provincia de Bellavista, región San Martín – Perú.

1.4.2. Agua potable

Aquella que no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida, teniendo en cuenta las diferentes vulnerabilidades que pueden presentar las personas en las distintas etapas de su vida. Las personas que presentan mayor riesgo de contraer enfermedades transmitidas por el agua son los lactantes y los niños de corta edad, las personas debilitadas o que viven en condiciones antihigiénicas y los ancianos. (OMS, 2006).

Debe satisfacer determinados requisitos de potabilidad, denominadas normas de calidad del agua, esto en virtud de que en la actualidad ya no es tan fácil disponer de una fuente de aprovechamiento de agua, apropiada para dotar a una población de dicho líquido potable, pues en los últimos años debido al crecimiento de las ciudades, de las industrias, etc. las cuales vierten sus aguas residuales sin tratamiento a las corrientes naturales, tales como ríos, lagos y

lagunas las han llevado a contaminar en gran medida que ya no es posible su aprovechamiento. (Rodríguez, 2001).

El aprovisionamiento de agua para uso doméstico es el más exigente, en términos de calidad y seguridad del suministro. La calidad de agua tiene consecuencias directas en la salud humana, situación que se torna más grave por la demanda creciente. El agua potable es necesaria para la vida, para la salud y para una existencia productiva. La salud humana depende no sólo de la cantidad de agua suministrada, sino principalmente de la calidad. (Fernández, 2012).

1.4.3. Tratamiento de agua para consumo humano

La promesa de tratamiento y almacenamiento seguro del agua doméstica sólo podrá cumplirse mediante colaboración: por medio de una actuación conjunta, a fin de garantizar que las familias puedan hacerse cargo de la salubridad del agua que beben; por vía de un trabajo en equipo, para tener la seguridad de que se dispone de opciones asequibles y adecuadas para el tratamiento y el almacenamiento seguro del agua doméstica; y mediante el establecimiento de alianzas, para asegurarse de que se brindan soluciones y que éstas se aplican de forma sostenible. (OMS, 2007).

1.4.3.1. Tratamiento Físico

1.4.3.1.1. Sedimentación

Es un fenómeno netamente físico y constituye uno de los procesos utilizados en el tratamiento del agua para conseguir su clarificación. Está relacionada exclusivamente con las propiedades de caída de las partículas en el agua. Cuando se produce sedimentación de una suspensión de partículas, el resultado final será siempre un fluido clarificado y una suspensión más concentrada. (CEPIS/OPS, 2004).

1.4.3.1.2. Filtración

Una vez culminado el proceso de sedimentación, se debe filtrar el agua para seguir eliminando el material suspendido y los patógenos. Existen distintos

tipos de filtros, los cuales se utilizan en las viviendas alrededor del mundo: filtro bioarena, filtro Kanchan para arsénico, filtro de vasija de cerámica y filtro de vela cerámico. El colado también se considera como un tipo de filtración. (CAWST, 2007).

1.4.3.2. Tratamiento químico

Proceso que tiene como resultado la formación de una sustancia o varias sustancias nuevas. Los procesos más comunes de tratamiento químico en el agua son la coagulación, floculación, filtración y desinfección. (Spellman y Drinan, 2000).

1.4.3.2.1. Coagulación

La coagulación es adecuada para eliminar determinados metales pesados y sustancias orgánicas de solubilidad baja, como determinados plaguicidas organoclorados. La coagulación generalmente es ineficaz para eliminar otras sustancias orgánicas, excepto las que están unidas a materia húmica o adsorbidas sobre partículas. (OMS, 2006).

1.4.3.2.2. Floculación

El término floculación se refiere a la aglomeración de partículas coaguladas en partículas floculantes; es el proceso por el cual, una vez desestabilizados los coloides, se provee una mezcla suave de las partículas para incrementar la tasa de encuentros o colisiones entre ellas sin romper o disturbar los agregados preformados. De la misma manera que la coagulación, la floculación es influenciada por fuerzas químicas y físicas tales como la carga eléctrica de las partículas, la capacidad de intercambio, el tamaño y la concentración del floculo, el pH, la temperatura del agua y la concentración de los electrolitos. (Romero, 1999).

1.4.3.2.3. Desinfección

Comunidad de Madrid, (2012) afirma que es la eliminación o destrucción de los microorganismos presentes en el agua, suelos, paredes, entre otros, que pueden afectar desfavorablemente la salud de las personas.

1.4.3.3. Tratamiento a nivel domiciliario

De manera que el problema al que nos enfrentamos no tiene que ver necesariamente con el suministro de agua a nivel mundial, sino con el hecho de poder disponer del agua en el lugar indicado en el momento indicado en el que la necesitamos. Existe más que suficiente agua en el mundo para fines domésticos, para la agricultura y para la industria. El problema es que a algunas personas, en especial a las de menos recursos económicos, se les niega de manera sistemática el acceso al agua debido a las condiciones de pobreza que les toca experimentar, derechos legales limitados o políticas públicas que restringen el acceso a las infraestructuras para el abastecimiento de agua. UNDP (como se citó en CAWST, 2007).

1.4.3.3.1. Desinfección Solar

El calor combinado con la radiación ultravioleta del sol sirve para inactivar los patógenos presentes en el agua. Una técnica de bajo costo consiste en exponer el agua en botellas de plástico transparente a la luz solar durante seis horas, por ejemplo, en el techo de la casa (o durante dos días si hay nubes que oculten el sol). El agua debe consumirse directamente de la botella o transvasarse a un vaso limpio. Para que la desinfección solar tenga éxito debe utilizarse agua relativamente transparente. (OMS, 2007).

1.4.3.3.2. Desinfección por Cloración

La desinfección con cloro se hace agregando al agua cloro en forma de líquido o polvo. Blanqueador (hipoclorito de sodio) es la forma más común utilizada en tratamiento casero. Con suficiente tiempo de contacto el cloro causa una reacción química que desactiva o mata patógenos. La materia orgánica, los metales y otros contaminantes pueden alterar la eficiencia de la cloración. Deteriora con el tiempo y con la exposición a la luz del sol. Con la dosis correcta el olor debe ser mínimo. El cloro es peligroso y corrosivo. (Donachy, 2004).

1.4.3.3.3. Ebullición

La ebullición del agua a 100°C eliminará la mayor parte de los patógenos y muchos de ellos desaparecerán a 70°C. El periodo de ebullición recomendado es un minuto a nivel del mar, añadiendo un minuto por cada 1000 metros de

altitud adicionales. Las principales desventajas de la ebullición tienen que ver con el hecho de que se consume tiempo y combustible, por lo que se convierte en un proceso insostenible tanto a nivel ambiental como económico. (CAWST, 2007).

1.4.3.3.4. Filtración Lenta en Arena

Es una técnica de depuración de aguas superficiales que permite remover organismos patógenos del agua cruda hasta un 99.9% a través de una capa de arena fina que tiene un diámetro de 0.3 a 1.0 mm y una altura mínima de 70 cm, mediante estos filtros también se puede remover metales pesados por mecanismos de tamizado y adsorción. (UNICEF, MMAyA, C.A.S.A, 2008).

1.4.3.3.5. Filtro cerámico con plata coloidal

Consiste en un elemento filtrante y un recipiente con grifo. El recipiente es hecho de cerámica y el elemento filtrante es cerámica porosa, que obtiene su porosidad de la mezcla de la arcilla con un compuesto orgánico combustible como aserrín. Esta mezcla es moldeada y quemada, dejando una estructura porosa muy fina que evita que las bacterias la atraviesen y permite que el agua sí la atraviese. Para evitar el recrecimiento de bacterias en el filtro, los filtros ya salidos del horno son revestidos de una solución de plata coloidal que actúa como agente bioestático. (UNICEF, MMAyA, C.A.S.A, 2008).

1.4.3.3.5.1. Arcilla

La arcilla es un material natural que está constituido por minerales en forma de granos. Al combinársele con agua, se vuelve un material moldeable y manipulable, por lo que se le puede dar prácticamente cualquier forma, siendo ésta una de sus principales características. Dichas propiedades, hacen que este material sea ampliamente utilizado para realizar objetos cerámicos, tanto para uso decorativo como utensilios de uso diario y práctico. (Ventura, 2014).

La arcilla se forma a partir del desgaste de las rocas, especialmente las compuestas por silicato y feldespato. Se considera físicamente como un coloide, por su composición de partículas pequeñas y de superficie lisa. Se puede encontrar en diversas coloraciones debido a impurezas minerales, pero es blanca en su estado puro. (Ventura, 2014).

Además, puede resistir temperaturas altas sin mostrar cambios. Sin embargo, es importante tener en cuenta que, cada tipo de arcilla requiere distintas temperaturas de cocción, y que el nivel de porosidad determina el grado de temperatura requerido, a mayor porosidad y absorción, menor temperatura de cocción. (Ventura, 2014).

1.4.3.3.5.2. Plata coloidal

La plata coloidal utilizada en el elemento filtrante cerámico de agua es una solución fija de macromoléculas (submicroscópicas) de plata positivamente cargada suspendidas en agua destilada y proteínas. El tamaño de una partícula de plata coloidal es 5nm a 100nm o sea más pequeño que un virus. (Donachy, 2004).

1.4.3.3.5.2.1. Características de la plata coloidal

Según Becker, (2001) menciona las siguientes características:

- ✓ La plata reacciona químicamente a muchos de los otros 92 elementos y compuestos naturales.
- ✓ De modo diferente, la plata pura no es tóxica, actúa exclusivamente en movimiento catalítico sobre las enzimas, la respiración química de los gérmenes unicelulares.
- ✓ La plata pura no se disuelve en el agua, pero si a través de procedimientos específicos es descompuesto en grupos de átomos que no superan las quince unidades, y unido gracias a un cargo eléctrico positivo a la molécula de una proteína simple, flotará en el agua pura por un tiempo indeterminado, creando la que es llamada suspensión coloidal.
- ✓ La fuerza de la carga eléctrica es más fuerte que la fuerza de gravedad, así las partículas de plata quedan en suspensión.
- ✓ El color del Coloide de plata es un efecto óptico que depende de la dimensión de las partículas o del número de átomos por micro grupos.

1.4.3.3.5.3. Pasos para su elaboración del filtro

Según Ventura, (2014) menciona los siguientes pasos para la elaboración del filtro:

- Se mezcla la arcilla con agua y residuos de cultivos, que pueden ser cascara de arroz o aserrín, hasta lograr una mezcla lo más homogénea posible.
- Después de mezclados dichos elementos, se modela la forma de un filtro de agua (como una cubeta).
- Por último, se pone a cocinar en un horno de alfarería tradicional, entre los 700 y los 1,000 grados centígrados, hasta que el material se endurezca. A estas temperaturas el residuo del cultivo se descompone y suelta el dióxido de carbono. A su vez, este dióxido forma poros microscópicos en la arcilla. Estos poros son “realmente diminutos”, por lo que sirven para retener bacterias, virus, contaminantes tóxicos y metales que pudiera tener el líquido, mientras dejan pasar sólo el agua limpia. Cabe indicar que, este tipo de filtro resulta en un dispositivo sencillo, compacto, eficaz y de fácil de uso y mantenimiento.

1.4.4. Producto final-ecofiltro

Se elabora con materiales económicos y ecológicos como el barro y el aserrín. Está compuesto por componentes tales como la tapadera, recipiente, los cuales pueden ser elaborados a base de plástico, cerámica o barro, además incorpora una llave plástica y una unidad filtrante que se obtiene de combinación de barro, agua y aserrín. (Ventura, 2014).



Fotográfica 1: Partes del ecofiltro

Es importante observar que, además del valor que implica su propio proceso productivo, genera beneficios o ventajas adicionales derivados de los vínculos de cooperación y complementación que establece con grupos y organizaciones de desarrollo comunitario, con el propósito de involucrarlos en la esfera de producción, adquiriendo de dichos grupos distintos componentes, insumos y/o servicios necesarios en la elaboración de los filtros, todo lo cual conlleva también acciones orientadas a que las actividades se realicen de manera amigable con el ambiente y la conservación de los recursos naturales. (Ventura 2014).

Según Ventura (2014): el ecofiltro cumple, principalmente, tres funciones:

- a) Eliminar los contaminantes del agua, garantizando un consumo 100% puro.
- b) Colaborar con el medio ambiente al evitar la contaminación con envases plásticos.
- c) Ayudar a la economía familiar con un costo bajo relativo a la opción de agua potable embotellada.

Éste actúa por gravedad. Simplemente se vierte agua de cualquier fuente dentro del filtro. El tamaño del poro del purificador de agua permite filtrar el agua atrapando las bacterias, quistes de parásitos y residuos fecales, las cuales causan diarrea, cólera y otras enfermedades vinculadas al consumo de agua contaminada. Elimina el mal olor, la turbidez del agua manteniéndola siempre fresca. Éste mecanismo purifica entre dos y tres litros de agua por hora.

1.4.5. Parámetros de calidad de agua para consumo humano

1.4.5.1. Parámetros Físicos

✓ Turbiedad:

La turbiedad es la falta de transparencia del agua causada por las partículas suspendidas. Un incremento en la turbiedad implica un incremento en la falta de transparencia. Por lo general, la turbiedad es producto de las partículas suspendidas de arena, cieno y arcilla, las cuales no son dañinas en cantidades

bajas. Sin embargo, niveles superiores de turbiedad a menudo se encuentran asociados a niveles superiores de virus, parásitos y algunas bacterias. Dado que los patógenos constituyen la causa principal de enfermedades relacionadas con el agua, debemos tomar las precauciones del caso con respecto al agua turbia. No obstante, también es importante recordar que el agua clara no necesariamente indica que ésta se encuentra libre de microorganismos y es apta para el consumo. (CAWST, 2007).

✓ Color:

El color en el agua resulta de la presencia en solución de diferentes sustancias como iones metálicos naturales, humus y materia orgánica disuelta. La expresión color se debe considerar que define el concepto de “color verdadero”, esto es, el color del agua de la cual se ha eliminado la turbiedad. El término “color aparente” engloba no solo el color debido a sustancias disueltas sino también a las materias en suspensión y determina en la muestra original sin filtrarla o centrifugarla. Esta contribución puede resultar importante en algunas aguas residuales industriales, casos en que ambos colores deben ser determinados. (Severiche, Castillo y Acevedo, 2013).

✓ Olor y sabor:

Sensaciones que tienen una relación íntima y van casi siempre unidos; sin embargo, a veces puede haber sabor en el agua sin que se aprecie olor alguno. No existe forma de medir el olor y el sabor, por lo tanto, en los análisis solo se indica si este es aromático, rancio, etc. (Rodríguez, 2001).

✓ Temperatura:

Es un parámetro físico que afecta mediciones de otros como pH, alcalinidad o conductividad. Las temperaturas elevadas resultantes de descargas de agua caliente, pueden tener un impacto ecológico significativo por lo que la medición de la temperatura del cuerpo receptor, resulta útil para evaluar los efectos sobre éste. (Severiche, Castillo y Acevedo, 2013).

✓ Sólidos disueltos totales:

CEPIS/OPS, (2004) menciona que corresponden al residuo remanente después

de secar una muestra de agua. Equivalen a la suma del residuo disuelto y suspendido.

Los sólidos disueltos pueden afectar adversamente la calidad de un cuerpo de agua o un efluente de varias formas. Aguas para el consumo humano, con un alto contenido de sólidos disueltos, son por lo general de mal agrado para el paladar y pueden inducir una reacción fisiológica adversa en el consumidor. (Vidal, 2010).

✓ Conductividad:

La conductividad en medios líquidos está relacionada con la presencia de sales en solución, cuya disociación genera iones positivos y negativos capaces de transportar la energía eléctrica si se somete el líquido a un campo eléctrico. Estos conductores iónicos se denominan electrolitos o conductores electrolíticos. (Vidal, 2010).

Tabla 2

Límites máximos permisibles de parámetros físicos

Parámetros físicos	Limite permisible
Color	20 unidades de color verdadero en la escala de platino-cobalto
Olor y sabor	Agradable (se aceptarán aquellos que sean tolerables para la mayoría de los consumidores, siempre que no sean resultado de condiciones objetables desde el punto de vista biológico o químico).
Turbiedad	5 unidades de turbiedad nefelométricas (UTN)
Temperatura	Condición Natural +/- 3 grados (°C)
Sólidos disueltos totales	1000 (mg/L)
Conductividad	1 500 μ mho/cm

Nota. DIGESA. (2011). Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

1.4.5.2. Parámetros Químicos

➤ pH:

Es uno de los parámetros operativos más importantes de la calidad del agua, el pH del agua que entra en el sistema de distribución debe controlarse para reducir al mínimo la corrosión del sistema de fontanería en las instalaciones domésticas. (OMS, 2006).

➤ Plata:

Según OMS, (2006) menciona que la plata está presente de forma natural principalmente en forma de óxidos, muy insolubles e inmóviles, de sulfuros y de algunas sales.

➤ Aluminio:

El aluminio es el elemento metálico más abundante y constituye alrededor del 8% de la corteza terrestre. Es frecuente la utilización de sales de aluminio en el tratamiento del agua como coagulantes para reducir el color, la turbidez, y el contenido de materia orgánica y de microorganismos. (OMS, 2006).

➤ Nitratos:

(Sales del ácido nítrico, HNO_3) son muy solubles en agua debido a la polaridad del ion. En los sistemas acuáticos y terrestres, los materiales nitrogenados tienden a transformarse en nitratos. (CEPIS/OPS, 2004).

➤ Sulfatos:

Los sulfatos son un componente natural de las aguas superficiales y por lo general en ellas no se encuentran en concentraciones que puedan afectar su calidad. (CEPIS/OPS, 2004).

Tabla 3

Límites máximos permisibles de parámetros químicos

Parámetros químicos	Limite permisible
pH	6.5-8.5 (unidad de pH)
Plata	≤ 0.1 (mg/L)

Aluminio	0.20 (mg/L)
Nitratos	10.00 (mg/L)
Sulfatos	400.00 (mg/L)

Nota. DIGESA. (2011). Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

1.4.5.3. Parámetros microbiológicos

➤ Coliformes totales:

Se reproducen en el ambiente, proporcionan información sobre el proceso de tratamiento y acerca de la calidad sanitaria del agua que ingresa al sistema y de la que circula en el sistema de distribución. No constituyen un indicador de contaminación fecal. (CEPIS/OPS, 2004).

➤ Coliformes termotolerantes (fecales):

A ciertos miembros del grupo de bacterias coliformes totales que están estrechamente relacionados con la contaminación fecal. Por este motivo, antes recibían la denominación de coliformes fecales; estos coliformes generalmente no se multiplican en los ambientes acuáticos. (CEPIS/OPS, 2004).

Escherichia coli y los coliformes termotolerantes son un subgrupo del grupo de los coliformes totales que pueden fermentar la lactosa a temperaturas más altas. Tradicionalmente, se consideraba que las bacterias coliformes pertenecían a los géneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter*, El grupo de los coliformes totales incluye especies fecales y ambientales. (OMS 2006).

Tabla 4

Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos

Parámetros microbiológicos	Limite permisible
Coliformes totales	0 NMP ¹ /100mL
Coliformes termotolerantes	0 NMP/100mL

Nota. DIGESA. (2011). Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

¹ NMP: Numero Más Probable

1.5. Definición de términos básicos

- **Adsorción:** Proceso de atracción de una sustancia hacia otra hasta adherirse a su superficie sin penetrar a la estructura interna. (Spellman y Drinan, 2000).
- **Alcalinidad:** Se debe fundamentalmente a su contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, aunque otras sales o bases es decir capacidad para neutralizar ácidos. (Severiche, Castillo y Acevedo, 2013).
- **Biostático:** La plata coloidal actúa como un biostático evitando el recrecimiento de bacterias en el filtro, por eso los filtros ya salidos del horno son revestidos de una solución de plata coloidal. (UNICEF, MMAyA y C.A.S.A, 2008).
- **Conductividad:** Es la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad. El agua pura prácticamente no conduce electricidad; por lo tanto, la conductividad que se puede medir será consecuencia de las impurezas presentes en el agua. (Severiche, Acevedo y Jaimes, 2015).
- **Fontanería:** Sistemas de distribución por tuberías, en instalaciones de fontanería domésticas mal diseñadas pueden ocasionar el estancamiento de agua y proporcionar un medio adecuado para la proliferación de bacterias. (OMS, 2006).
- **Límites máximos permisibles:** Son los valores máximos permitidos de parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la calidad del agua. (DIGESA, 2011).
- **Muestra:** Volumen conocido de agua, recogido en un lugar y momento determinado. (Spellman y Drinan, 2000).
- **Patógeno:** Microorganismo causante de alguna enfermedad. (Spellman y Drinan, 2000).
- **Potabilidad del agua:** Aquella agua que se distribuye al consumidor, que puede ser usada con seguridad para bebida. (Spellman y Drinan, 2000).
- **Rancio:** Es aquel olor desagradable que está teniendo el agua debido a que puede estar contaminada con microorganismos u otras cosas como metales, etc.

- Tamizado: Es un medio por el cual se va a tener que separar dos partículas de diferente tamaño, capa de arena fina que tiene un diámetro de 0.3 a 1.0 mm. (UNICEF, MMAyA, C.A.S.A, 2008).

CAPÍTULO II

MATERIAL Y MÉTODOS

Los equipos utilizados para la investigación fueron los siguientes: termómetro digital, turbidímetro y pH-metro todos de HANNA, Alemania y otros materiales que se utilizaron en el laboratorio regional de agua en Cajamarca.

Las evaluaciones de temperatura, turbiedad, sólidos disueltos totales, plata, pH, Coliformes totales y Coliformes Termotolerantes, respectivamente fueron realizadas mediante el cálculo del porcentaje de la eficiencia del filtro, a través de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ eficiencia} = \left(\frac{S_i - S_f}{S_i} \right) * 100$$

Siendo:

S_i : resultado del parámetro inicial (A1)

S_f : resultado del parámetro final (A2)

Las medidas de temperatura (°C) y pH fueron por medida directa y turbidez se utilizó el método nefelómetro mediante un turbidímetro. El laboratorio regional del agua de Cajamarca utilizó los siguientes métodos: Concentración Plata mg/L (EPA 200.7, 2014); Sólidos Disueltos Totales mg/L (SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C, 2012); Coliformes Totales NMP/100mL (SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B,C, 2012); Coliformes Termotolerantes NMP/100mL (SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B2,C,E1, 2012).

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tratamiento estadístico e interpretación de resultados

3.1. Resultados del primer objetivo específico:

Determinar los parámetros iniciales: físicos (temperatura, turbiedad y solidos totales disueltos), químicos (plata y pH), y microbiológicos (coliformes totales y coliformes fecales) del agua para consumo humano.

Tabla 5

Parámetros físicos antes del filtro (A1)

Fecha	Muestra	Temperatura (°C)	Turbiedad (UTN)	Solidos disueltos totales (mg/L)
14/09/2017	M1	31	4.5	374
28/09/2017	M2	29.2	3.7	66
12/10/2017	M3	27.1	4.05	64.5
26/10/2017	M4	28.9	1.23	344
09/11/2017	M5	32.7	1.8	59.5
23/11/2017	M6	26.5	2.4	60.5

En la tabla se muestra que la mayor temperatura registrada es de la muestra 5 con un 32.7 °C, así como la mayor concentración de turbiedad se encuentra en la primera muestra con un registro de 4.5 UTN, y con lo que respecta a solidos disueltos totales la mayor concentración fue en la primera muestra con un total de 374 mg/L. (*Nota.* Datos obtenidos del análisis in-situ y ex-situ laboratorio regional de agua de Cajamarca 2017).

Tabla 6

Parámetros químicos antes del filtro (A1)

Fecha	Muestra	Plata (mg/L)	pH (unidad de pH)
14/09/2017	M1	< 0.017	6.52
28/09/2017	M2	< 0.017	6.68
12/10/2017	M3	< 0.017	6.72
26/10/2017	M4	< 0.017	6.75
09/11/2017	M5	< 0.017	7.2
23/11/2017	M6	0.026	8.2

En la tabla se muestra que la mayor concentración de plata se encuentra en la última muestra con un 0.026 mg/L, y la mayor concentración de pH fue también en la última muestra con un total de 8.2 unidad de pH. (*Nota.* Datos obtenidos del análisis in-situ y ex-situ laboratorio regional de agua de Cajamarca 2017).

Tabla 7

Parámetros microbiológicos antes del filtro (A1)

Fecha	Muestra	Coliformes totales (NMP/100mL)	Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)
14/09/2017	M1	920	170
28/09/2017	M2	3500	920
12/10/2017	M3	210	4
26/10/2017	M4	9200	1400
09/11/2017	M5	280	9.2
23/11/2017	M6	350	170

En la tabla se muestra que la mayor concentración de coliformes totales se encuentra en la muestra cuatro con 9200 NMP/100mL, y la mayor concentración de coliformes termotolerantes fue también en la cuarta muestra con un total de 1400 NMP/100mL. (*Nota.* Datos obtenidos del análisis ex-situ laboratorio regional de agua de Cajamarca 2017).

3.2. Resultados del segundo objetivo específico:

Determinar los parámetros finales: físicos (temperatura, turbiedad y sólidos totales disueltos), químicos (plata y pH), y microbiológicos (coliformes totales y coliformes fecales) del agua para consumo humano.

Tabla 8

Parámetros físicos después del filtro (A2)

Fecha	Muestra	Temperatura (°C)	Turbiedad (UTN)	Sólidos disueltos totales (mg/L)
14/09/2017	M1	30.7	2.7	378
28/09/2017	M2	28.5	1.3	107
12/10/2017	M3	25.9	1.8	92
26/10/2017	M4	31.3	1.02	104
09/11/2017	M5	30.5	1.15	262
23/11/2017	M6	25.8	1	292

En la tabla se muestra resultados de parámetros físicos después del filtro y con respecto a la mayor temperatura registrada es de la muestra 4 con un 31.3 °C, así como la mayor concentración de turbiedad se encuentra en la primera muestra con un registro de 2.7 UTN, y con lo que respecta a sólidos disueltos totales la mayor concentración fue en la primera muestra con un total de 378 mg/L. (*Nota.* Datos obtenidos del análisis in-situ y ex-situ laboratorio regional de agua de Cajamarca 2017).

Tabla 9

Parámetros químicos después del filtro (A2)

Fecha	Muestra	Plata (mg/L)	pH (unidad de pH)
14/09/2017	M1	0.049	6.5
28/09/2017	M2	0.041	6.57
12/10/2017	M3	0.026	6.56
26/10/2017	M4	< 0.017	6.53
09/11/2017	M5	< 0.017	6.6
23/11/2017	M6	0.044	7.4

En la tabla se muestran resultados de parámetros químicos después del filtro donde la mayor concentración de plata se encuentra en la muestra 1 con un valor de 0.049 mg/L, y la mayor concentración de pH fue en la última muestra con un total de 7.4 unidad de pH. (*Nota.* Datos obtenidos del análisis in-situ y ex-situ laboratorio regional de agua de Cajamarca 2017).

Tabla 10

Parámetros microbiológicos después del filtro (A2)

Fecha	Muestra	Coliformes totales (NMP/100mL)	Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)
14/09/2017	M1	40	< 1.8
28/09/2017	M2	2	< 1.8
12/10/2017	M3	< 1.8	< 1.8
26/10/2017	M4	2	< 1.8
09/11/2017	M5	2	< 1.8
23/11/2017	M6	2	< 1.8

En la tabla se muestra resultados de parámetros microbiológicos después del filtro, donde la mayor concentración de coliformes totales se encuentra en la primera muestra con la cantidad de 40 NMP/100mL, y con respecto a coliformes termotolerantes todas las muestras tienen una concentración < 1.8 NMP/100mL. (Nota. Datos obtenidos del análisis ex-situ laboratorio regional de agua de Cajamarca 2017).

3.3. Resultados del tercer objetivo específico:

Determinar la eficiencia del filtro en el tratamiento de agua para consumo humano.

Las evaluaciones de temperatura, turbiedad, sólidos disueltos totales, plata, pH, Coliformes totales y Coliformes Termotolerantes, respectivamente fueron realizadas mediante el cálculo del porcentaje de la eficiencia del filtro, a través de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ eficiencia} = \left(\frac{S_i - S_f}{S_i} \right) * 100$$

Siendo:

S_i : resultado del parámetro inicial (A1)

S_f : resultado del parámetro final (A2)

➤ Determinación del porcentaje de eficiencia en parámetros físicos

Tabla 11

Eficiencia del filtro en el parámetro Temperatura (°C)

Fecha	Muestra	A1	A2	LMP (Condición Natural +/- 3 °C)	% de eficiencia
14/09/2017	M1	31	30.7	29.2	0.968
28/09/2017	M2	29.2	28.5	28.3	2.397
12/10/2017	M3	27.1	25.9	27.7	4.428
26/10/2017	M4	28.9	31.3	30	-8.304
09/11/2017	M5	32.7	30.5	31.7	6.728
23/11/2017	M6	26.5	25.8	26.1	2.642
Promedio		29.23	28.78	28.83	1.476

En la tabla se muestra el porcentaje de eficiencia del filtro con respecto al parámetro temperatura, siendo el mayor porcentaje de eficiencia del filtro en la muestra 5 en la cual alcanzo un 6.728 % y un valor negativo de -8.304% en la muestra 4 siendo la única muestra donde el filtro no tiene eficiencia, pero que si todos los resultados después del filtro están dentro de los límites máximos permisibles. (Nota. Datos obtenidos del análisis in-situ).

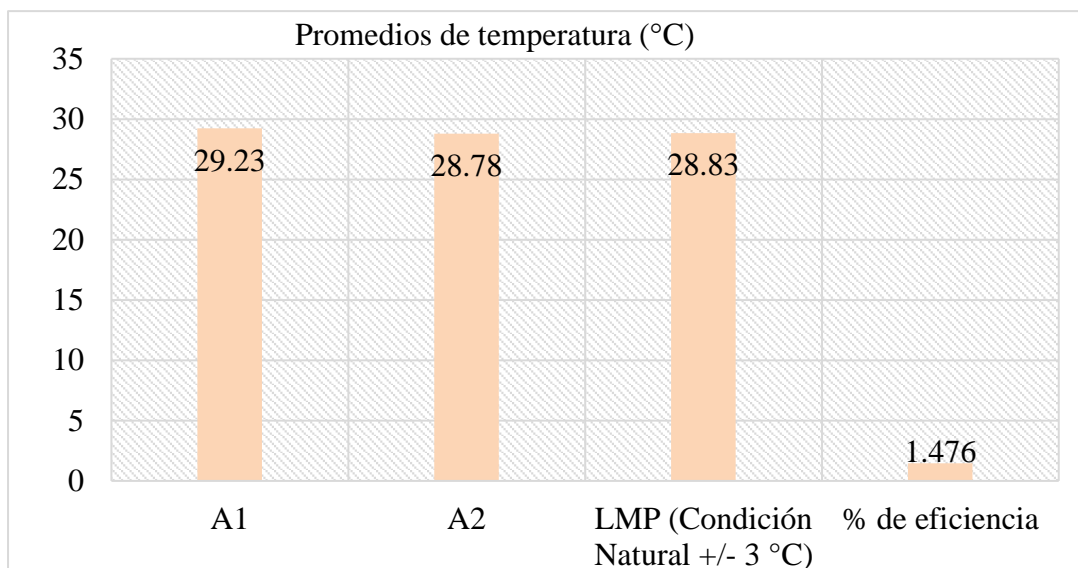


Figura 2. Es la representación de los promedios de la tabla 11 de las muestras antes del filtro (A1), después del filtro (A2), LMP y el promedio de porcentaje de eficiencia es de 1.476% del filtro con respecto al parámetro temperatura teniendo un valor positivo.

Tabla 12

Eficiencia del filtro en el parámetro turbiedad (UTN)

Fecha	Muestra	A1	A2	LMP	% de eficiencia
14/09/2017	M1	4.5	2.7	5	40.000
28/09/2017	M2	3.7	1.3	5	64.865
12/10/2017	M3	4.05	1.8	5	55.556
26/10/2017	M4	1.8	1.02	5	43.333
09/11/2017	M5	1.23	1.15	5	6.504
23/11/2017	M6	2.4	1	5	58.333
Promedio		2.95	1.50	5	44.765

En la tabla se muestra el porcentaje de eficiencia del filtro con respecto al parámetro turbiedad donde el filtro si tiene eficiencia en la reducción de contaminación del agua por turbiedad alcanzando en la segunda muestra su máxima eficiencia con un 64.865%, y tanto las muestras antes y después del filtro están por debajo de los límites máximos permisibles siendo un agua apta para el consumo humano. (Nota. Datos obtenidos del análisis de laboratorio regional de agua de Cajamarca 2017).

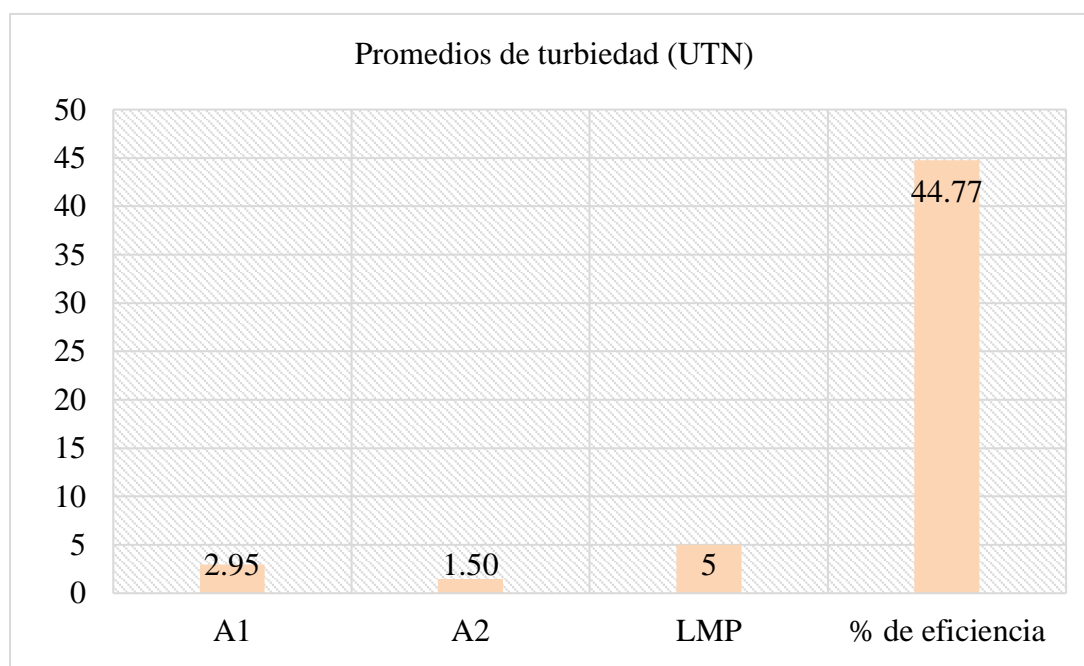


Figura 3. Muestra el promedio de turbiedad (UNT) de la muestra inicial, final y del porcentaje de eficiencia, registrados en la tabla 12, donde si tiene eficiencia en la reducción de turbiedad donde los resultados están por debajo de los LMP, teniendo un 44.77 % de eficiencia del filtro.

Tabla 13

Eficiencia del filtro en el parámetro solidos totales disueltos (mg/L)

Fecha	Muestra	A1	A2	LMP	% de eficiencia
14/09/2017	M1	374	378	1000	-1.070
28/09/2017	M2	66	107	1000	-62.121
12/10/2017	M3	64.5	92	1000	-42.636
26/10/2017	M4	344	104	1000	69.767
09/11/2017	M5	59.5	262	1000	-340.336
23/11/2017	M6	60.5	292	1000	-382.645
Promedio		161.42	205.83	1000	-126.507

En la tabla se muestra el porcentaje de eficiencia del filtro con respecto al parámetro solidos totales disueltos donde los resultados obtenidos se puede ver que no tiene eficiencia en la eliminación de solidos disueltos totales presentes en el agua, teniendo solo un valor positivo de 69.767% en la muestra cuatro y todas las demás muestras tienen valor negativo, pero debido a que el LMP es 1000 mg/L el agua que se consume en esta localidad si es apta porque las muestras no sobrepasan los LMP. (Nota. Datos obtenidos del análisis de laboratorio regional de agua de Cajamarca 2017).

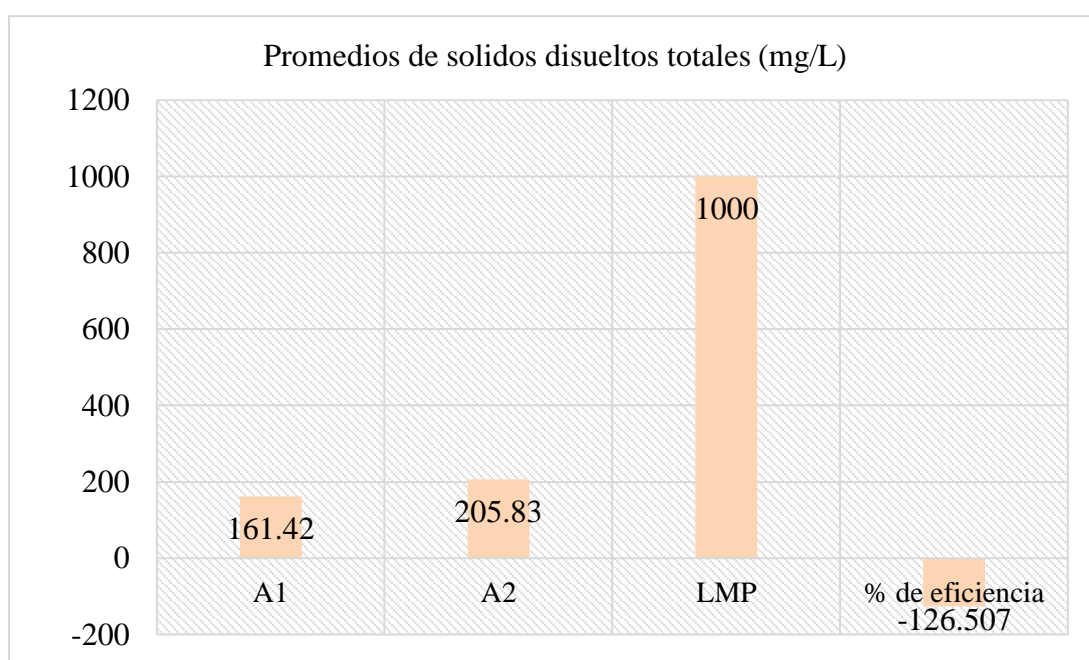


Figura 4. Muestra el promedio de solidos disueltos totales (mg/L) de la muestra inicial, final y del porcentaje de eficiencia, registrados en la tabla 13, en la cual no tiene eficiencia en la reducción de solidos disueltos totales.

➤ Determinación de la eficiencia del filtro en parámetros químicos

Tabla 14

Eficiencia del filtro en el parámetro plata (mg/l)

Fecha	Muestra	A1	A2	LMP	% de eficiencia
14/09/2017	M1	< 0.017	0.049	≤0.1	- 188.235
28/09/2017	M2	< 0.017	0.041	≤0.1	- 141.176
12/10/2017	M3	< 0.017	0.026	≤0.1	- 52.941
26/10/2017	M4	< 0.017	< 0.017	≤0.1	-
09/11/2017	M5	< 0.017	< 0.017	≤0.1	-
23/11/2017	M6	0.026	0.044	≤0.1	- 69.231
Promedio		0.0185	0.032	≤0.1	- 75.264

En la tabla se muestra el porcentaje de eficiencia del filtro con respecto al parámetro plata y se puede ver que el filtro no tiene eficiencia en la reducción de concentración de plata, donde la mayoría de las muestras después del filtro aumentaron su concentración, pero ninguna supera los LMP de concentración de plata en el agua por ende es un agua apta para el consumo humano. (Nota. Datos obtenidos del análisis de laboratorio regional de agua de Cajamarca 2017).

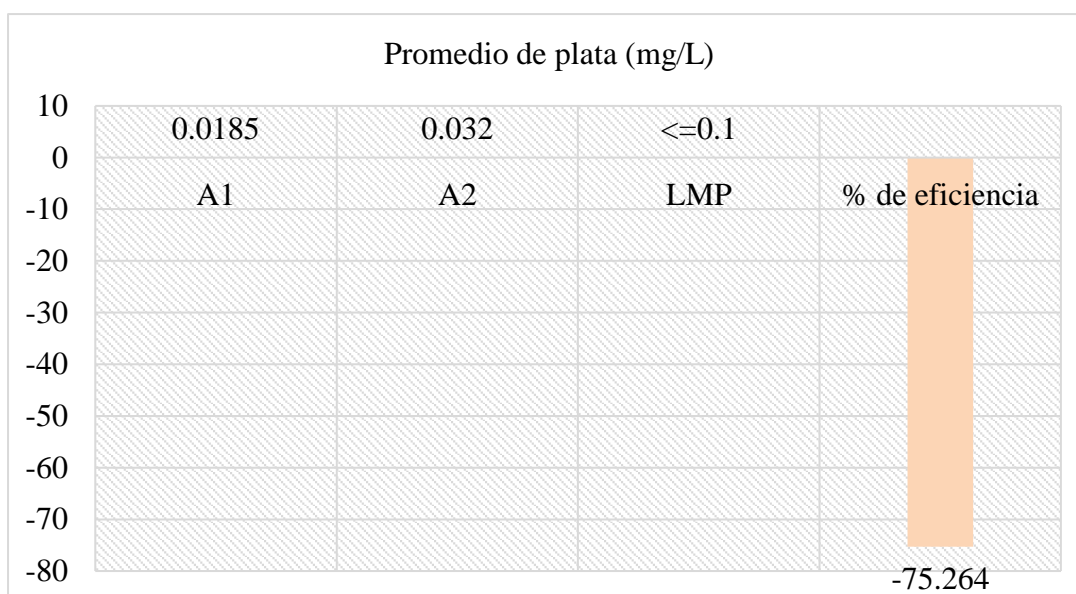


Figura 5. Muestra el promedio de plata (mg/L) de la muestra inicial, final y del porcentaje de eficiencia, registrados en la tabla 14, no tiene eficiencia en la reducción de concentración de plata, teniendo valor negativo de -75.264 % debido a que la concentración de plata aumento después del filtro.

Tabla 15

Eficiencia del filtro en el parámetro pH

Fecha	Muestra	A1	A2	LMP (Min-Max)	% de eficiencia
14/09/2017	M1	6.52	6.5	6.5-8.5	0.307
28/09/2017	M2	6.68	6.57	6.5-8.5	1.647
12/10/2017	M3	6.72	6.56	6.5-8.5	2.381
26/10/2017	M4	6.75	6.53	6.5-8.5	3.259
09/11/2017	M5	7.2	6.6	6.5-8.5	8.333
23/11/2017	M6	8.2	7.4	6.5-8.5	9.756
Promedio		7.01	6.69	6.5-8.5	4.281

En la tabla 15 se muestra el porcentaje de eficiencia del filtro con respecto al parámetro pH, donde la eficiencia del filtro en la reducción de pH no tiene que ser significativamente, debido a que no se busca reducir porque si no sería un pH ácido y eso no es un agua de calidad, por ende, si es eficiente el filtro respecto a la concentración de pH. (*Nota.* datos obtenidos del análisis de laboratorio regional de agua de Cajamarca 2017).

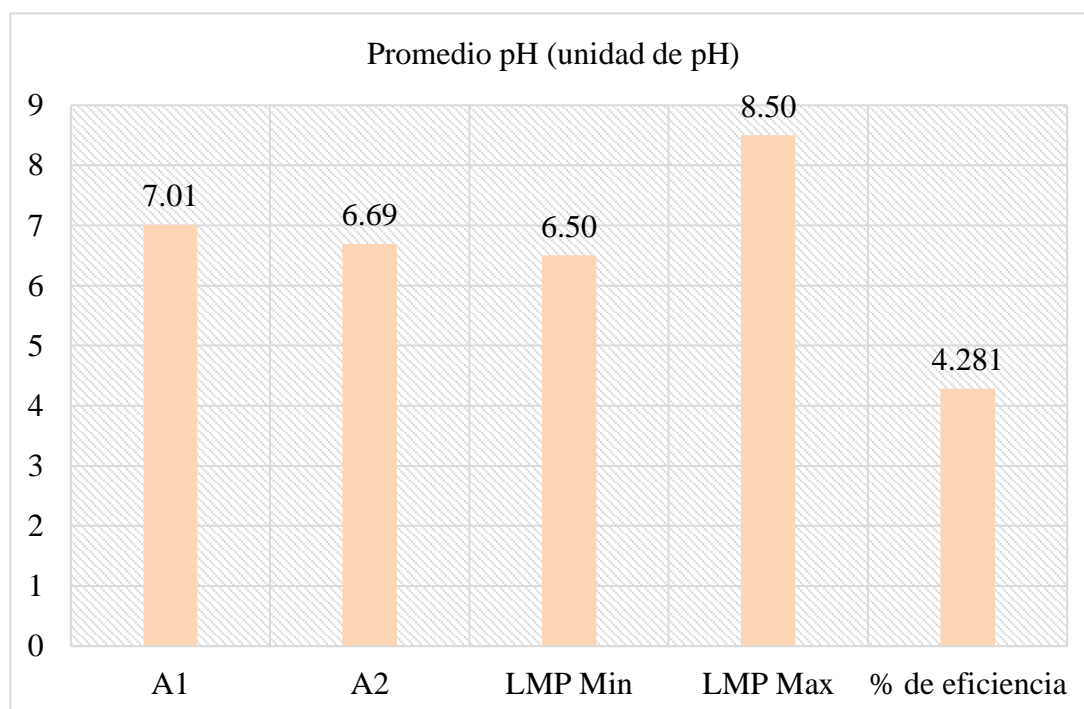


Figura 6. Muestra el promedio de pH (unidad de pH) de la muestra inicial, final y del porcentaje de eficiencia, registrados en la tabla 15, donde si tiene eficiencia en la reducción de concentración de pH, alcanzando un 4.281 % estando dentro de los límites máximos permisibles.

➤ Determinación de la eficiencia del filtro en parámetros microbiológicos

Tabla 16

Eficiencia del filtro en el parámetro coliformes totales NMP/100mL

Fecha	Muestra	A1	A2	LMP	% de eficiencia
14/09/2017	M1	920	40	0	95.652
28/09/2017	M2	3500	2	0	99.943
12/10/2017	M3	210	< 1.8	0	99.143
26/10/2017	M4	9200	2	0	99.978
09/11/2017	M5	280	2	0	99.286
23/11/2017	M6	350	2	0	99.429
Promedio		2410.00	7.40	0	98.905

En la tabla se muestra el porcentaje de eficiencia del filtro con respecto al parámetro coliformes totales siendo significativamente muy eficiente el filtro en la reducción de coliformes totales presentes en el agua alcanzando un máximo de 99.978%. (Nota. datos obtenidos del análisis de laboratorio regional de agua de Cajamarca 2017).

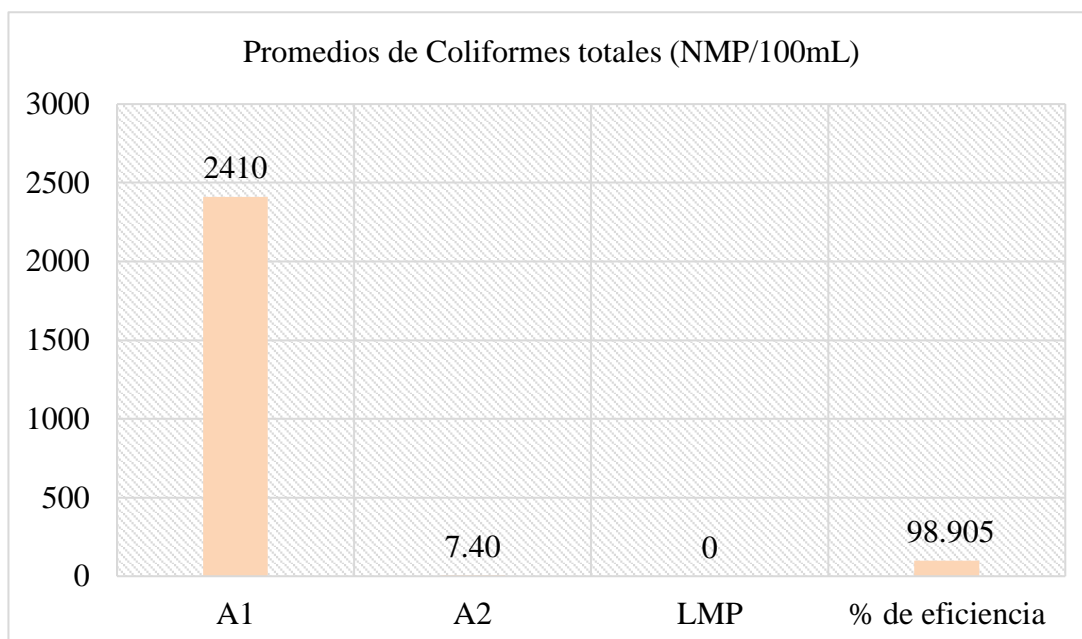


Figura 7. Muestra el promedio de coliformes totales (NMP/100mL) de la muestra inicial, final y del porcentaje de eficiencia, registrados en la tabla 16, donde si tiene eficiencia en la reducción de contaminación del agua por coliformes totales, alcanzando un 98.905% reduciendo 2410 a 7.40 NMP/100mL, pero igual supera los LMP siendo un agua no apta para consumo humano.

Tabla 17

Eficiencia del filtro en el parámetro coliformes termotolerantes NMP/100mL

Fecha	Muestra	A1	A2	LMP	% de eficiencia
14/09/2017	M1	170	< 1.8	0	98.94
28/09/2017	M2	920	< 1.8	0	99.80
12/10/2017	M3	4	< 1.8	0	55.00
26/10/2017	M4	1400	< 1.8	0	99.87
09/11/2017	M5	9.2	< 1.8	0	80.43
23/11/2017	M6	170	< 1.8	0	98.94
Promedio		445.53	< 1.8	0	88.83

En la tabla se muestra el porcentaje de eficiencia del filtro con respecto al parámetro coliformes termotolerantes donde si tiene eficiencia para reducir en gran medida la contaminación del agua por coliformes termotolerantes, alcanzo un máximo de 99.87 % de eficiencia siendo muy beneficioso para la salud de la persona que consume esta agua. (Nota. Datos obtenidos del análisis de laboratorio regional de agua de Cajamarca 2017).

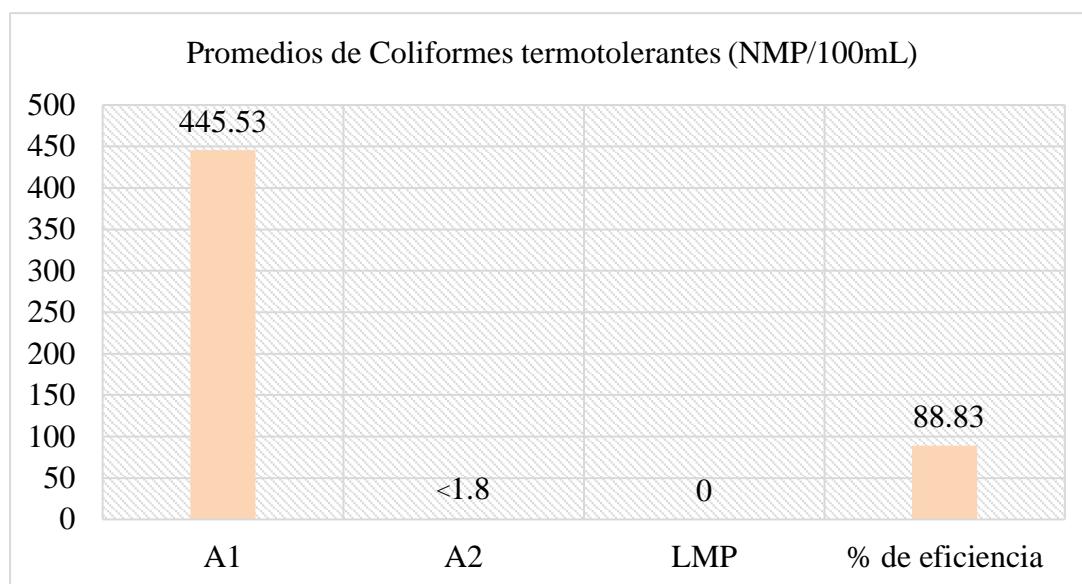


Figura 8. Muestra el promedio de coliformes termotolerantes NMP/100mL de la muestra inicial, final y del porcentaje de eficiencia, registrados en la tabla 17, donde si tiene eficiencia en la reducción de contaminación del agua por coliformes termotolerantes, alcanzando un 88.83% reduciendo 445.53 a < 1.8 NMP/100mL, presentes en el agua de consumo de Carhuapoma, estando por encima de los LMP donde es un peligro para la persona que consume dicha agua, pero que si redujo en gran medida la contaminación de agua con respecto a este parámetro.

3.4. Discusión de resultados

Las muestras antes del filtro presentan contaminación de sólidos totales disueltos, coliformes totales y termotolerantes, siendo un peligro para el consumidor del agua tratada, situación similar encontrada por Marchand (2002) menciona que de acuerdo al análisis microbiológico del agua de inmuebles, el 17,86% presentó contaminación microbiana superior a los límites máximos permisibles; los microorganismos indicadores predominantes fueron bacterias heterotróficas (70%), coliformes totales (70%) y coliformes fecales (52,50%).

Todas las muestras obtenidas después del filtro respecto a turbiedad se encontraron dentro de los límites máximos permisibles teniendo como máxima concentración de turbiedad (2.7 UNT) registrado en la tabla 8, estando por debajo de los LMP (5 UNT) siendo un agua apta para el consumo humano, caso similar sucedió según afirma Vidal (2010), que el único resultado que excede el límite máximo es el de la muestra recogida en el filtro 1 después de ser tratada, pero todas las demás sí estuvieron dentro de los LMP.

El porcentaje de eficiencia del filtro en la eliminación de parámetros microbiológicos fueron muy satisfactorios logrando un máximo de 99.978% en la eliminación de coliformes totales registrado en la tabla 16 y un máximo de 99.87% en la eliminación de coliformes termotolerantes registrado en la tabla 17, siendo muy parecidos a los resultados obtenidos por Lerma (2012) siendo superiores al 96% en todas las muestras, pero para concentraciones de plata por encima de 20 ppm la eficiencia de remoción fue del total del 100%.

CONCLUSIONES

Los valores máximos obtenidos de los parámetros iniciales analizados antes del filtro de las 6 muestras durante los 3 meses son: parámetros físicos de temperatura (32.7 °C), turbiedad (4.5 UTN) y sólidos disueltos totales (374 mg/L), parámetros químicos de plata (0.026 mg/L) y pH (8.2 unidad de pH) y parámetros microbiológicos de coliformes totales (9200 NMP/100mL) y coliformes termotolerantes (1400 NMP/100mL), siendo los parámetros de coliformes totales y termotolerantes los más importantes a considerar debido a que esta agua tiene la presencia de microorganismos patógenos, donde el agua que consume esta localidad de Carhuapoma en cualquier momento pueda causar enfermedades gastrointestinales perjudicando la salud de la persona.

Los valores máximos obtenidos de los parámetros finales analizados después del filtro de las 6 muestras durante los 3 meses son: parámetros físicos de temperatura (31.3 °C), turbiedad (2.7 UTN) y sólidos disueltos totales (378 mg/L), parámetros químicos de plata (0.049 mg/L) y pH (7.4 unidad de pH) y parámetros microbiológicos de coliformes totales (40 NMP/100mL) y coliformes termotolerantes (< 1.8 NMP/100mL) los cuales el filtro tuvo un efecto positivo en mejorar la calidad de agua para consumo humano en Carhuapoma

El filtro si tiene eficiencia en el tratamiento de agua para consumo humano en Carhuapoma según los resultados obtenidos después del filtro con respecto a los resultados iniciales, siendo lo más resaltante de la eficiencia del filtro, la reducción de coliformes totales con un promedio de reducción de 2410 a 7.40 NMP/100mL alcanzando su valor máximo de 99.978% de eficiencia del filtro, así como también en la reducción de coliformes termotolerantes con un promedio de reducción de 445.53 a < 1.8 NMP/100mL alcanzando su valor máximo de 99.87% de eficiencia del filtro del filtro, siendo estos parámetros algunos de los principales causantes de enfermedades en la persona por contaminación de agua, siendo el filtro muy eficiente para mejorar la calidad de agua para consumo humano en Carhuapoma.

RECOMENDACIONES

Se debe de hacer un análisis de diferentes filtros con concentraciones de plata coloidal mayores al 15 ppm y así determinar si a mayor concentración de plata coloidal es más eficiente el filtro en el tratamiento de agua para consumo humano, y así tener la certeza a que concentración de plata sería más eficiente y beneficioso el filtro en el tratamiento de agua.

Se debe implementar en nuestra universidad equipos y materiales para analizar diferentes parámetros y así no tener que enviarlos a laboratorios que no se encuentran cerca del lugar de trabajo de investigación, porque el tiempo que demora en llegar desde el lugar del muestreo hasta la recepción de muestras para análisis puede alterar los resultados de algunos parámetros, y ya no pueden ser confiables dichos resultados.

Se recomienda a la población de Carhuapoma utilizar el filtro de cerámica incrustado con plata coloidal para obtener un agua de mejor calidad para su consumo y así prevenir posibles afecciones y daños a la salud.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Becker, R. (2001). *Plata coloidal Antibiótico natural no tóxico*. Recuperado de <http://www.sensacionex.net/Plata-Coloidal.pdf>.
- Centre for affordable water and sanitation technology. (2007). *Bienestar a través del agua*. Calgary, Canadá. Centre for affordable water and sanitation technology.
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano*. Lima, Perú. Recuperado de <http://www.cepis.ops-oms.org>.
- Chong, R. A. (2010). *Evaluación de la calidad del agua subterránea en el centro poblado menor la Libertad, distrito de san Rafael, provincia de Bellavista, región San Martín – Perú*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de San Martín. Perú.
- Coliformes Termotolerantes (2012). *SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B2,C,E1*. 22 nd Ed.: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.
- Coliformes totales (2012). *SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B,C*. 22 nd Ed.: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Standard Total Coliform Fermentation Technique.
- Comunidad de Madrid. (2012). *Estaciones de tratamiento de agua potable*. Madrid, España: Avance servicio integral gráfico, S.L.
- Córdova, M. A., Del, C. V. F., Basualdo, J. A. (2010). *Agua y salud humana*. Química Viva, 9(3), 105-119.
- Damià, B. J., López, A. M. J. (2008). *Panel científico-técnico de seguimiento de la política de aguas. Fundación nueva cultura del agua, contaminación y calidad química del agua: el problema de los contaminantes emergentes*. Instituto de investigaciones químicas y ambientales-CSIC, Barcelona, España.

- Destéfano, M. J. A. (2008). *Diseño preliminar de una planta de tratamiento de agua para el consumo humano en los distritos de Andahuaylas, San Jerónimo y Talavera de la Reyna, provincia de Andahuaylas, Región Apurímac*. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Dirección General de Salud Ambiental. (2011). *Reglamento de la calidad del agua para consumo humano*. Lima, Perú: J.B. GRAFIC E.I.R.L.
- Donachy, B. (2004). *Manual/guía para instructores de salud y otros involucrados en el monitoreo del filtro de cerámica con plata coloidal para la purificación del agua*. Recuperado de <https://s3.amazonaws.com/PfP/MANUAL+HIGIENICO.pdf>.
- EPA 200.7. Rev 4.4.1994. (validado) (2014). *Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry*.
- Fernández, C. A. (2012). *El agua: un recurso esencial*. QuímicaViva, 11(3), 147-170.
- Sólidos Disueltos Totales (2012). *SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C. 22 nd Ed.:* Solids. Total, Dissolved Solids Dried at 180°C.
- Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia, Ministerio de medio ambiente y agua, centro de aguas y saneamiento ambiental. (2008). *Menú de alternativas de tratamiento a nivel comunitario y domiciliario*. Cochabamba, Bolivia.
- González, G. J. (2014). *El acceso al agua potable como derecho humano*. Alicante, España: Editorial Club Universitario.
- Guerrero, L. M. (1991). *El agua*. México. Fondo de cultura económica, S.A. de C.V.
- laboratoriodelagua@regioncajamarca.gob.pe. “Resultados del de muestras de análisis de laboratorio” [correo electrónico]. 15 de diciembre 2017. Enviado a usuario neiser19962014@gmail.com.
- Lerma, A. D. A. (2012). *Filtros cerámicos, una alternativa de agua segura*. (Tesis de Maestría). Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.

- Leyva, C. F. (2012). *Aguas con la Salud*. Jiutepec, México: Printed in México.
- Marchand, P. E. O. (2002). *Microrganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano en Lima metropolitana*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú.
- Mendoza, A. H. (2013). *Vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en zonas rurales de la provincia de Moyobamba-2012*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Martín, Perú.
- Organización Mundial de la Salud. (2006). *Guías para la calidad del agua potable*. Recuperado de http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf.
- Organización Mundial de la Salud. (2007). *Lucha contra las enfermedades transmitidas por el agua en los hogares*. Recuperado de http://www.who.int/household_water/advocacycombating_disease_es.pdf.
- Plataforma Peruana de Derechos Humanos, Democracia y Desarrollo. (2005). *Desafíos del Derecho Humano al Agua en el Perú*. Lima, Perú: Gráfica Loro's S.A.
- Rodríguez, R. P. (2001). *Abastecimiento de agua*. Recuperado de www.civilgeeks.com.
- Romero, R. J. A. (1999). *Potabilización del agua*. México. Alfaomega.
- Severiche, S. C. A., Acevedo, B. R. L., Jaimes, M. J. D. C. (2015). *Calidad del agua para consumo humano: municipio de turbacolibar, norte de Colombia*. Turbaco, Colombia: Ana Karina Petro Niebles - Tatiana del Carmen Wees Martinez.
- Severiche, S. C. A., Castillo, B. M. E., Acevedo, B. R. L. (2013). *Manual de métodos analíticos para la determinación de parámetros fisicoquímicos básicos en aguas*. Cartagena de Indias, Colombia: Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso.
- Spellman, R. F., Drinan, J. (2000). *Manual del agua potable (Berga, C. A.)*. Florida, Estados Unidos de América: CRC Press. (Obra original publicada en 2000).

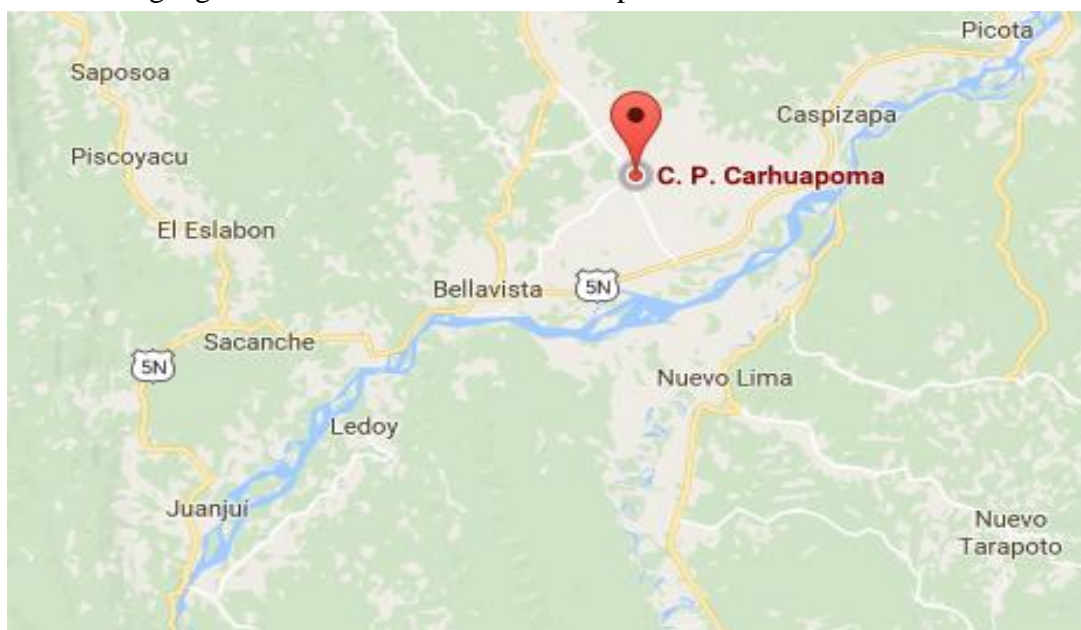
Ventura, P. M. A. (2014). *Diseño para la optimización de la fase de triturado de arcilla en el proceso de producción de purificadores de agua Ecofiltro*. (Tesis de pregrado). Universidad Rafael Landívar, de la Asunción, Guatemala.

Vidal, H. S. M. (2010). *Evaluación de la efectividad del filtro a base de arcilla plata coloidal en la potabilización de agua, medida por pruebas fisicoquímicas y microbiológicas*. (Tesis de Pregrado). Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.

ANEXOS

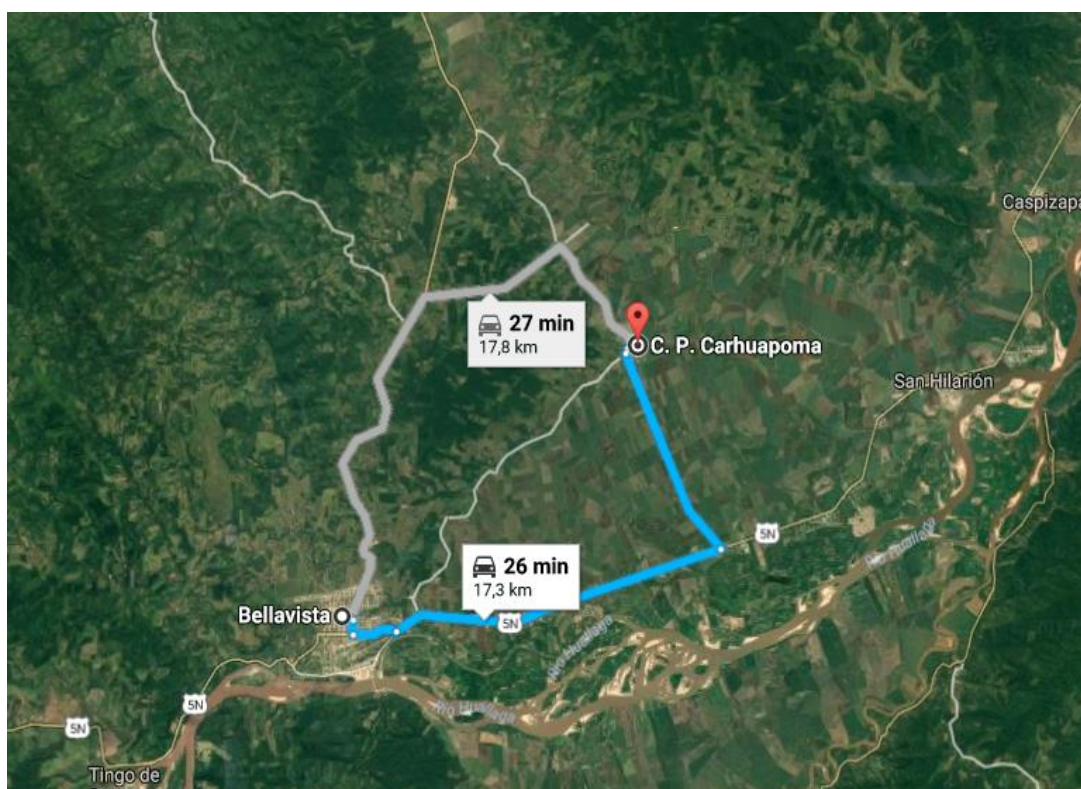
Anexo A: ubicación del lugar donde se desarrolló el proyecto de investigación.

Ubicación geográfica de la localidad de Carhuapoma



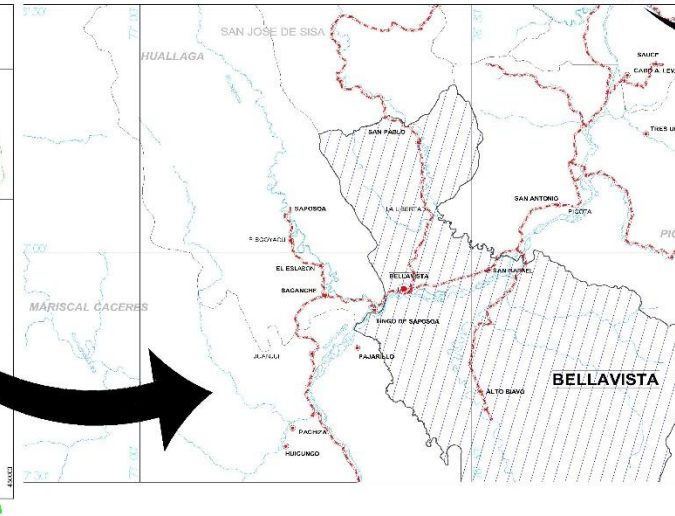
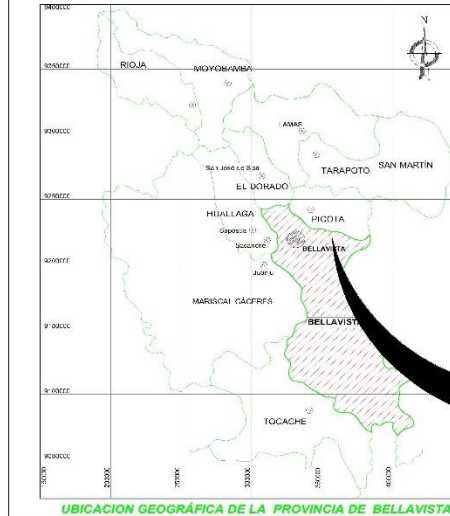
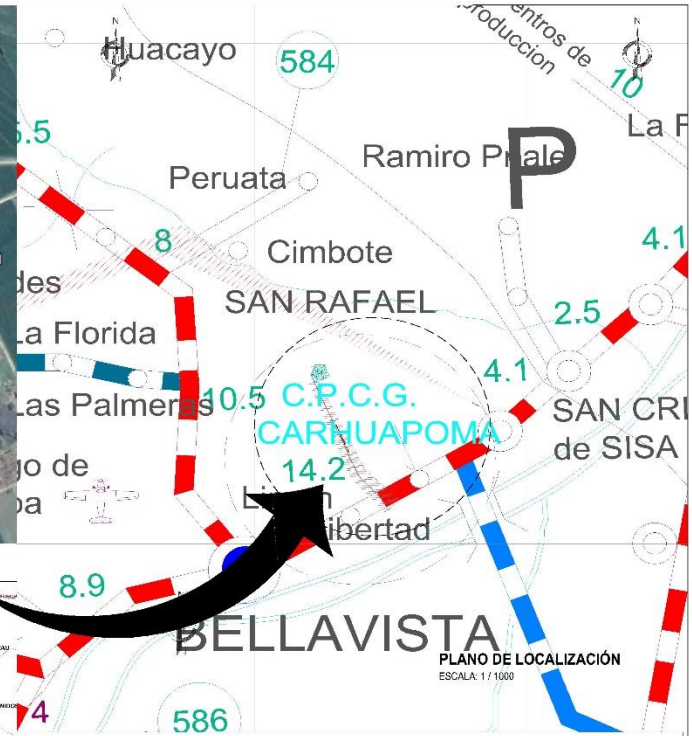
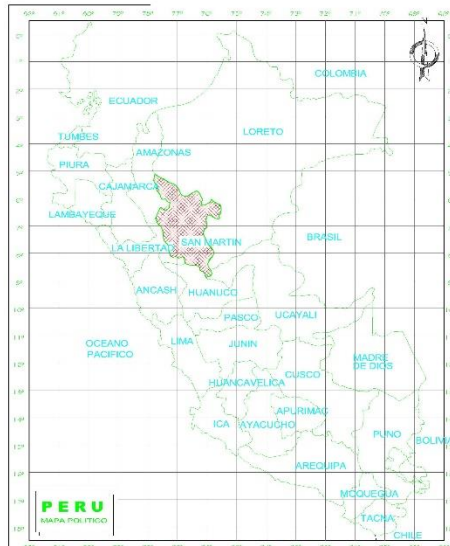
Nota: google maps

Vías de acceso a la localidad de Carhuapoma desde la provincia de Bellavista



Nota: google maps

Anexo B: plano de ubicación y localización de la localidad de Carhuapoma



PLANO DE LOCALIZACION ESCALA: 1/1600

CUADRO DE CORDENADAS WGS84		
VERTICE	ESTE	NORTE
1	332089	9226749
2	332240	9227154
3	332428	9226962

PLANO: "UBICACION Y LOCALIZACION DEL C.P.C.G. CARHUAPOMA"

UBICACION: LOCALIDAD: C.P.C.G. CARHUAPOMA
 DISTRITO: SAN RAFAEL
 PROVINCIA: BELLAVISTA
 REGION: SAN MARTIN

PLANO: UBICACION Y LOCALIZACION DEL C.P.C.G. CARHUAPOMA
 TITULAR: NEIDER ARTEAGA DIAZ
 FECHA: OTUBRE 2015
 DIBUJO: NSJ
 ESCALA: 1/1600

LAMINA N°: UL-01
 INSTITUCION: GOBIERNO REGIONAL SAN MARTIN

Anexo C: panel fotográfico



Fotográfica 2: Filtro y plata coloidal 15 ppm



Fotográfica 3: Instalación del filtro domiciliario



Fotografía 4: Verificación del funcionamiento del filtró



Fotografía 5: Análisis de temperatura antes del filtro (in-situ)



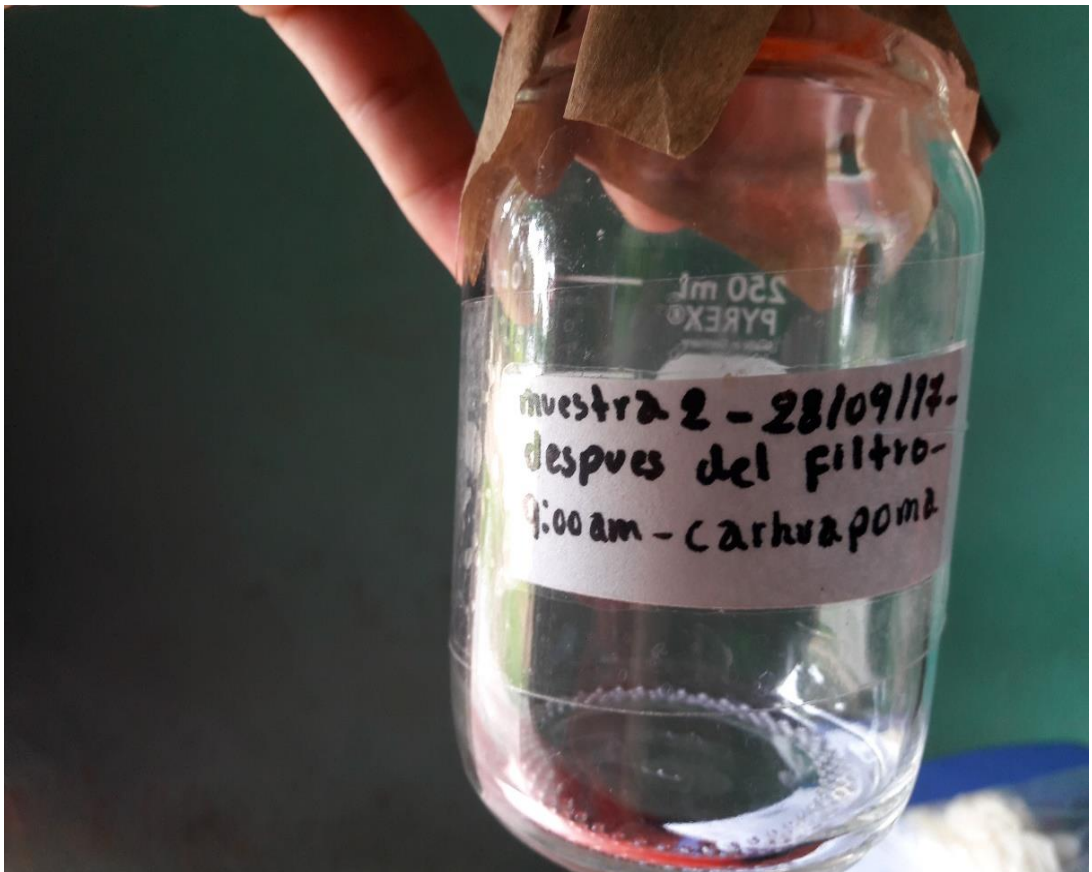
Fotográfica 6: Análisis de pH antes del filtro (in-situ)



Fotográfica 7: Análisis de turbiedad después del filtro (in-situ)



Fotográfica 8: Material para la recolección de muestras para análisis de laboratorio (ex-situ)



Fotográfica 9: Llenado y etiquetado del frasco para recolección de muestra



Fotográfica 10: Recolección de la muestra antes del filtro para análisis de laboratorio (ex-situ).



Fotográfica 11: Recolección de la muestra después del filtro para análisis de laboratorio (ex-situ).

Anexo D: Resultados obtenidos del análisis de laboratorio regional de agua de Cajamarca 2017