

UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS FISICAS Y
FORMALES**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA INDUSTRIAL



**“PROPUESTA DE LA APLICACION DE NANOCOMPOSITOS ARCILLA-
NANOPARTICULAS DE PLATA EN FILTROS PARA LA PURIFICACION DE
AGUAS DE ZONAS RURALES DE CAMANA -AREQUIPA”**

TESIS PRESENTADA POR:

LUIS RODRIGO BENAVENTE TALAVERA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

ASESOR: Dr. EDWIN TICSE VILLANUEVA

AREQUIPA – 2016

RESUMEN

El mayor problema asociado a la contaminación hídrica es la descarga de compuestos tóxicos y patógenos en ríos y acuíferos, las distintas corrientes naturales utilizadas sin ningún control previo, en irrigación de cultivos, ganadería y consumo humano. En términos generales el riesgo microbiológico está asociado con la ingestión de aguas contaminadas con bacterias, virus y parásitos que son causantes de enfermedades. Por esta razón es de gran importancia encontrar nuevas alternativas y técnicas como la implementación de tecnologías limpias que controlen la remoción de microorganismos en aguas naturales para la recuperación y conservación de este recurso.

Las poblaciones rurales no tienen acceso al agua potable, y se trata de encontrar maneras de limpiarla, esto es importante ya que el agua contaminada puede causar problemas de salud. La filtración es uno de los métodos que se utiliza; ya que el agua puede transportar bacterias, parásitos, virus y sustancias químicas por lo que los filtros pueden ser una alternativa para mejorar la calidad del agua; en el presente trabajo se propone hacer la formulación de un filtro de arcilla con propiedades antibacterianas, por la presencia de nano partículas de plata.

Las nano partículas de plata se obtuvieron por reducción del nitrato de plata con boro hidruro de sodio, luego se obtuvo el nanocompósito de la arcilla, aserrín y las nano partículas de plata por el método de inmersión, por 2 horas a la temperatura de 18°C.

Se probó la efectividad del filtro hecho con el nanocompósito obtenido en la eliminación de bacterias y elementos químicos de aguas de consumo humano de la localidad de Camaná, determinando el recuento de microorganismos: Numeración de Coliformes Totales, Numeración de Coliformes Fecales, usando Métodos estándar de la AWWA, encontrando al hacer el recuento de bacterias coliformes totales bajo de 2.2 a <1.1 (NMP/100ml) en la muestra de Quilca-Plaza y las bacterias coliformes fecales bajo de 92 a <1.1(NMP/100ml) en la misma muestra, por lo que se puede confirmar que aplicando estos filtros se puede eliminar bacterias en las aguas de consumo usadas por estas poblaciones.

Palabras Clave: arcilla, nano partículas, plata, filtro

ABSTRACT

The biggest problem associated with water pollution is the dumping of toxic compounds and pathogens in rivers and aquifers, different natural currents used without any prior control, irrigation of crops, livestock and human consumption. Overall the microbiological risk is associated with the ingestion of contaminated with bacteria, viruses and parasites that are disease-causing waters. For this reason it is very important to find new ways and techniques such as the implementation of clean technologies that control the removal of microorganisms in natural waters for the recovery and conservation of this resource.

Rural populations have no access to safe drinking water and about finding ways to clean, this is important because contaminated water can cause health problems. Filtration is one of the methods used; since water can carry bacteria, parasites, viruses and chemicals so the filters can be an alternative for improving water quality; in this paper it is proposed to formulate a clay filter with antibacterial properties, the presence of silver nanoparticles.

Silver nanoparticles were obtained by reduction of silver nitrate with sodium borohydride, then the nanocomposite clay, sawdust and silver nanoparticles by the dipping method was obtained for 2 hours at the temperature of 18 ° C.

the effectiveness of the filter made with the nanocomposite obtained in the removal of bacteria and chemical elements of water for human consumption of the town of Camana was tested by determining the microbial count: Numbering Total Coliforms, Numbering Fecal Coliform, using standard methods AWWA, finding to make the count of total coliform bacteria under 2.2 to <1.1 (NMP / 100ml) in the sample Quilca-Square and fecal coliform bacteria under 92 to <1.1 (NMP / 100ml) on the same sample, so you can confirm that using these filters can remove bacteria in the drinking water used by these populations.

Keywords: clay, nanoparticles, silver, filter

INDICE

	Pág.
Resumen	I
Abstract	II
Índice	III
Capítulo 1	
Introducción y Generalidades	1
1.1. Objetivos	3
1. 1.1. Objetivo general	3
1.1.2. Objetivos específicos	3
1.2. Hipótesis	3
1.3. Antecedentes del problema	3
Capítulo 2	
Marco teórico	6
2.1. El agua	6
2.2. Purificación del agua	6
2.3. Fuentes de contaminación del agua	7
2.3.1. Posibilidad de que exista una contaminación química o bacteriológica	8
2.4. Fuentes tradicionales de abastecimiento de agua	9
2.4.1. Fuentes superficiales	9
2.4.2. Fuentes subterráneas	9
2.4.3. Potabilización	9
2.5. Filtración	9
2.5.1. Tipos de filtros	10
2.5.2. Plantas de filtración	11
2.6. Filtros de agua	12
2.7. Arcilla	12

2.8. Estructura de las arcillas	13
2.9. Propiedades físico-químicas de las arcillas	14
2.10. Tipos de arcillas	15
2.11. Nano partículas de plata	17
2.12. Propiedades antibacterianas de la plata	18
2.13. Síntesis de nano partículas de plata	20
2.13.1. Métodos físicos	21
2.13.2. Métodos biológicos	22
2.13.3. Métodos químicos	22
2.14. Aplicaciones de las nano partículas de plata	24
2.15. Espectroscopia UV – visible	24
Capítulo 3	
3. Metodología	25
3.1. Variables e indicadores	25
3.1.1. Variable dependiente	25
3.1.2 variable independiente	25
3.2. Materiales	27
3.3. Equipos	27
3.4. Ubicación del área del estudio	28
3.5. Procedimiento	30
Capítulo 4	
4. Resultados y discusión	32
4.1. Caracterización fisicoquímica de la arcilla	32
4.2. Obtención de las nano partículas de plata por reducción química del nitrato de plata con boro hidruro de sodio	33
4.3. Evaluación de la presencia de las nano partículas obtenidas por espectroscopia UV-visible	34
4.4. Evaluación del tamaño de las nano partículas de plata por light scattering	35
4.5. Obtención del filtro de arcilla con aserrín	36
4.6. Proceso de inmersión del filtro con el nanocompuesto	37

4.7. Pruebas de las propiedades bactericidas del nanocompósito	37
4.7.1. Propiedades fisicoquímicas del agua	38
4.7.2. Propiedades microbiológicas del agua	46
4.8. Medida de la velocidad de flujo del filtro	51
4.9. Análisis de precios	51
4.9.1. Determinación de costo de producción por unidad de filtro	51
Conclusiones	53
Recomendaciones	54
Bibliografía	55

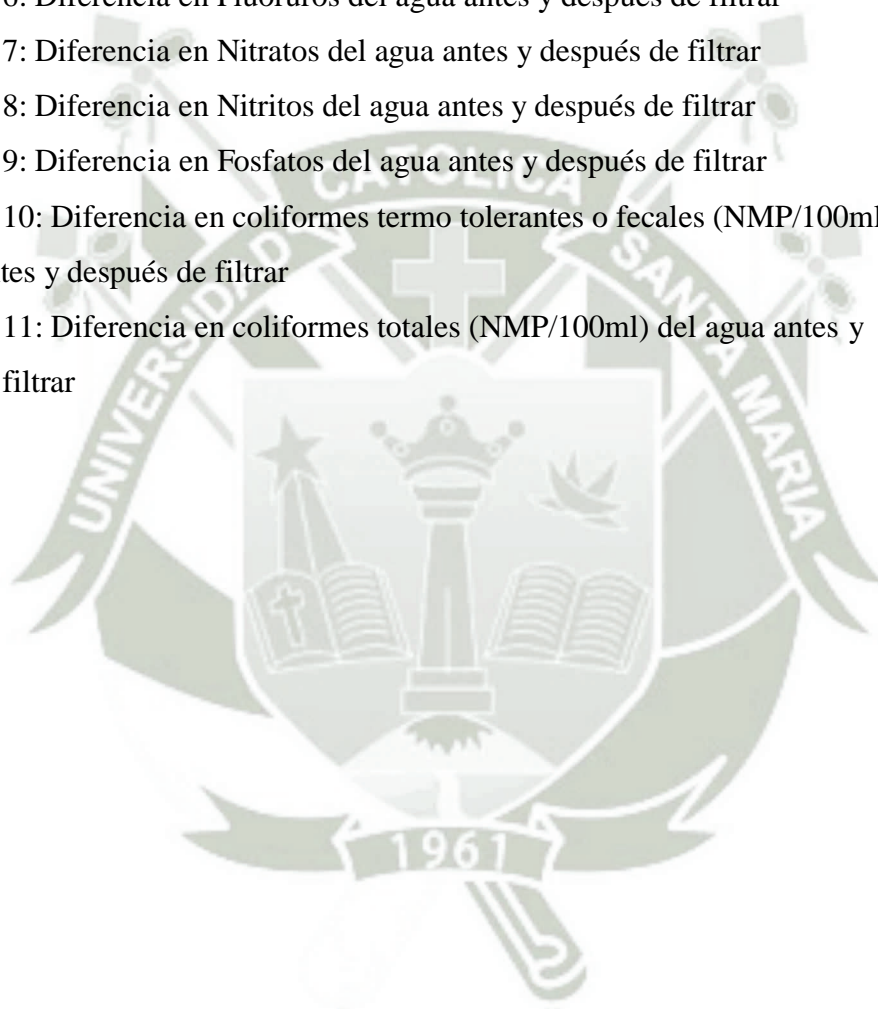


INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura N°1: Esquema del proceso de tratamiento del agua potable	7
Figura N° 2: Estructura de una arcilla	13
Figura N° 3: Estructura de un filosilicato	14
Figura N° 4: Interacción de arcillas con agua	15
Figura N° 5: Interacción de las nano partículas de plata con una bacteria	19
Figura N° 6: Escalas Nano o Micro	23
Figura N° 7: Espectrofotómetro UV-Visible	24
Figura N° 8: Indicadores: Propiedades Fisicoquímicas del agua	26
Figura N° 9: Indicadores: Propiedades Microbiológicas del agua	27
Figura N° 10: Mapa de la provincia de Camaná	28
Figura N° 11 Fotografía del abastecimiento de agua en Quilca –Caleta	29
Figura N° 12: Metodología del trabajo	31
Figura N° 13: Fotografía de nano partículas de plata	33
Figura N° 14: Espectro UV-visible de las nano partículas de plata	34
Figura N° 15: Grafica del tamaño de las nano partículas de plata por Ligth Scatering	35
Figura N° 16: Fotografía de los filtros obtenidos en una estufa	36
Figura N° 17: Fotografía de los filtros después del proceso de inmersión	37
Figura N° 18: Fotografía de frasco para muestreo de agua para la determinación de contenido bacteriológico	38

INDICE DE GRAFICAS

	Pág.
Grafica N° 1: Diferencia en el pH del agua antes y después de filtrar	40
Grafica N° 2: Diferencia en la conductividad del agua antes y después de filtrar	41
Grafica N° 3: Diferencia en la turbiedad del agua antes y después de filtrar	41
Grafica N° 4: Diferencia en los cloruros del agua antes y después de filtrar	42
Grafica N° 5: Diferencia en los sulfatos del agua antes y después de filtrar	42
Grafica N° 6: Diferencia en Fluoruros del agua antes y después de filtrar	43
Grafica N° 7: Diferencia en Nitratos del agua antes y después de filtrar	43
Grafica N° 8: Diferencia en Nitritos del agua antes y después de filtrar	44
Grafica N° 9: Diferencia en Fosfatos del agua antes y después de filtrar	44
Grafica N° 10: Diferencia en coliformes termo tolerantes o fecales (NMP/100ml) del agua antes y después de filtrar	47
Grafica N° 11: Diferencia en coliformes totales (NMP/100ml) del agua antes y después de filtrar	48



INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla N° 1: Caracterización Físicoquímica de la arcilla	32
Tabla N° 2: Propiedades Físicoquímicas del agua antes de filtrar	39
Tabla N° 3: Propiedades Físicoquímicas del agua después de filtrar	39
Tabla N° 4: Diferencia en las Propiedades Físicoquímicas del agua antes y después de filtrar	40
Tabla N° 5: Discusión de resultados en cada variable	45
Tabla N° 6: Propiedades Microbiológicas del agua antes de filtrar	46
Tabla N° 7: Propiedades Microbiológicas del agua después de filtrar	46
Tabla N° 8: Diferencia en las Propiedades Microbiológicas del agua	47
Tabla N° 9: Discusión de resultados en cada variable	48
Tabla N° 10: Estándares del Agua para Consumo Humano	49
Tabla N° 11: Comparación de los resultados antes y después de filtrar con los estándares de agua para consumo humano	50
Tabla N° 12: Determinación de la velocidad de flujo del filtro	51
Tabla N° 13: Determinación de costo de producción por unidad de filtro	51

CAPITULO I

INTRODUCCION Y GENERALIDADES

INTRODUCCION

La nanotecnología es el estudio, diseño, creación, síntesis, manipulación y aplicación de materiales, aparatos y sistemas funcionales a través del control de la materia a nano escala, y la explotación de fenómenos y propiedades de la materia a nano escala. Cuando se manipula la materia a la escala tan minúscula de átomos y moléculas, demuestra fenómenos y propiedades totalmente nuevas. Por lo tanto, científicos utilizan la nanotecnología para crear materiales, aparatos y sistemas novedosos y poco costosos con propiedades únicas. (Díaz, 2012)

La nanotecnología, promete ser la tercera revolución industrial. Se perfila como un conjunto de revoluciones tecnológicas multidisciplinarias que permitirá a la sociedad maximizar la eficiencia en los procesos productivos y sociales. La nanotecnología se define como el campo de las ciencias aplicadas dedicadas al control y manipulación de la materia a una escala menor que un micrómetro, es decir, a nivel de átomos y moléculas. Para tener una idea, la medida *nano* equivale a 70 mil veces menos que la espesura de un cabello. (Balcázar, 2008)

La medida está entre 1 y 100 nanómetros, hay que saber que un átomo mide menos de 1 nanómetro pero una molécula puede ser mayor, en esta escala se observan propiedades y fenómenos totalmente nuevos, que se rigen bajo las leyes de la Mecánica Cuántica, estas nuevas propiedades son las que los científicos aprovechan para crear nuevos materiales (nanomateriales) o dispositivos nanotecnológicos, de esta forma la Nanotecnología promete soluciones a múltiples problemas que enfrenta actualmente la humanidad como: ambientales, energéticos, de salud (nano medicina), y muchos otros, sin embargo estas nuevas tecnologías pueden conllevar a riesgos y peligros si son mal utilizadas. (Almansi, 2006)

Los nanomateriales son una nueva clase de materiales, ya sean cerámicos, metales, semiconductores, polímeros o una combinación de estos o nanocompositos, en los cuales por lo menos una de sus dimensiones se encuentra entre 1 y 100 nm; representan una

transición entre moléculas, átomos y un material con dimensiones de sólido volumétrico. Debido a su tamaño reducido a nanómetros, las propiedades fisicoquímicas difieren del mismo material, de las moléculas y los átomos (Zhang et al, 2009).

En la presente investigación, se realizara un estudio de la Utilización de Nanocompositos Arcilla-Nanoparticulas de plata, en filtros para la purificación de aguas en zonas rurales de Camaná -Arequipa, en el cual se obtendrán los filtros, se estudiara su efectividad, costos y finanzas que darán una visión amplificada de una inversión justificada para beneficiar a una población que estaría consumiendo un agua contaminada, con perjuicio para su salud y por ende a su economía.

Con lo que se llegara a cubrir algunas necesidades básicas de la población como es una buena calidad de agua, en beneficio para la salud. Conectar comunidades dispersas y alejadas con los sistemas convencionales de abastecimiento de agua tiene un alto costo y no es viable debido a sus bajos ingresos de esta población, por lo que se busca alternativas a bajo costo de implementación, operación y mantenimiento que permita abastecer de agua de calidad a estas comunidades.

Una alternativa de agua segura, a bajo costo de implementación, operación y mantenimiento, son los filtros de arcilla impregnados con nano partículas de plata, que se pueden ajustar a las necesidades de potabilización del agua y a las posibilidades económicas, como se ha hecho en otros países como Nicaragua, Honduras, México. (Balcázar, 2008).

Para el desarrollo de este trabajo, se producirán los filtros con arcilla y aserrín, se obtendrán nano partículas de plata, las que se impregnaran en diferentes concentraciones en los filtros, por lo que será necesario implementar una investigación experimental para determinar en el agua de consumo, variables como pH, turbiedad, color, conductividad, nitritos, coliformes entre otros, antes y después del filtrado y de esta forma determinar la eficacia de los filtros.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo General

Optimizar recursos en la tecnología de procesos y productos: Contribuir al mejoramiento y desarrollo de un sistema filtrante de bajo costo de arcilla y aserrín impregnada con nanopartículas de plata, destinado a la potabilización del agua para consumo humano en poblaciones rurales con vulnerabilidad.

1.1.2. Objetivos Específicos:

1. Estudiar el comportamiento y características de las arcillas para diseñar y elaborar un filtro cerámico con propiedades filtrantes y bactericidas.
2. Obtener y caracterizar las nanopartículas de plata para poderlas aplicar en los filtros cerámicos.
3. Probar la eficacia del filtro con agua de consumo doméstico en el sector y determinar la capacidad de eliminar sales, bacterias, virus y elementos químicos presentes en agua para consumo humano.
4. Medir de la velocidad de flujo del filtro hecho con el nanocomposito: registrar el tiempo que se necesita para recoger los 100 ml de agua.
5. Determinación del costo unitario del filtro hecho con el nanocomposito.

1.2. HIPOTESIS

“El agua para consumo humano contaminada con bacterias, virus, parásitos y sustancias químicas, puede purificarse a través de la implementación de tecnologías de bajo costo usando filtros cerámicos de nanocompositos de arcilla con nanopartículas de plata”.

1.3. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Durante los siglos IXX y XX, los filtros de agua para la producción de agua para uso doméstico, se dividen generalmente en filtros de arena lentos y filtros de arena rápidos. Aunque había muchos sistemas de filtración de agua en pequeña escala antes de 1800, Paisley, Escocia es generalmente reconocido como la primera ciudad en recibir el agua filtrada para todo un pueblo. El filtro de Paisley comenzó a funcionar en 1804 y era un tipo inicial de filtro lento de arena. A lo largo de la década de 1800, varios filtros lentos de arena fueron construidos en el Reino Unido y en el continente europeo.

En 1893 un filtro lento de arena intermitente fue construido y operado en Lawrence, Massachusetts, debido a las continuas epidemias de fiebre tifoidea causadas por la contaminación de aguas residuales del abastecimiento de agua. El primer filtro de arena lento, de funcionamiento continuo fue diseñado por Allen Hazen para la ciudad de Albany, Nueva York en 1897. (Moisés Nelson Baker 1981).

En la década de 1800, la filtración mecánica era un proceso industrial que dependía de la adición de sulfato de aluminio antes del proceso de filtración. Esta filtración mecánica era típicamente más de 60 veces más rápida que los filtros de arena lentos, por lo que requiere significativamente menos área de la tierra. La primera planta de filtración mecánica moderna en los EE.UU. fue construido en Little Falls, Nueva Jersey para la Compañía de Agua de Oriente. George W. Fuller diseñó y supervisó la construcción de la planta, que entró en funcionamiento en 1902. En 1924, John R. Baylis desarrolló un sistema de lavado a contracorriente rejilla fija que consistía en tubos con boquillas que inyectan chorros de agua en el material de filtro.

La microcuenca de El Capiro que abastece al barrio El Ocotol, en Honduras, fue caracterizada en un estudio hecho por la Ing. Verónica Rodríguez encontrándose que existen problemas de contaminación del agua para consumo y falta de la activación de un sistema de clorado. En el estudio de la Ing. Isidra Sabio se determinó que el agua de la microcuenca tenía contaminación microbiológica con valores de 13.42 unidades formadoras de colonia (UFC) de coliformes totales y 9.6 UFC de coliformes fecales durante la época seca, 15.16 UFC de coliformes totales y 12.7 UFC de coliformes fecales durante la época lluviosa. También se encontró contaminación por turbidez con valores de 6.1-6.7 unidades nefelométricas y nitritos en niveles de 0.36 mg/L. (Universidad Rafael Landívar. 1995)

El filtro de cerámica impregnado con plata, actúa como desinfectante, el primer filtro de bajo costo, hecho por artesanos, fue desarrollado y probado en 1981 por los químicos Fernando Mazariegos y Julia Amado de Zeissig del ICAITI, en Guatemala. El filtro fue probado en 1993- 1994 con 680 familias en Guatemala en un estudio diseñado por Mark Neveu de la Escuela de Salud Pública de Harvard, en el cual se concluyó que el filtro reduce la incidencia de diarreas en los niños menores de cinco años. También ha sido probado y elaborado con éxito en Nicaragua, Cuba, Haití y Ecuador. (Juárez 2011)

Apaza Hugo, estudio una alternativa sustentable para la purificación de aguas contaminadas destinadas al riego de cultivos en Arequipa-Perú, usando nopal.

Pabón Jhon, estableció un método a nivel de laboratorio para la obtención de una organoarcilla a partir de una arcilla bentonítica usando como agente modificador un polisacárido policationico –quitosano- de alto y de bajo peso molecular. La organoarcilla y la bentonita se caracterizaron por DRX, FT-IR y TGA, además de determinar sus propiedades fisicoquímicas superficiales mediante la capacidad de intercambio iónico (CIC) y potencial Z (ZPC), confirmando la efectividad del tratamiento de modificación

Tarazona Andrés, realizo un estudio de la remoción de coliformes en aguas naturales utilizando un filtro tipo cartucho con nanocompositos de fibras de fique con nanoparticulas de plata, obteniendo buenos resultados.

Mazariegos F. Describe los resultados de la investigación hecha por el Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial, sobre el diseño y evaluación de un pequeño filtro artesanal hecho de arcilla, capaz de producir 3 a 4 litros de agua potable, a bajo costo.



CAPITULO 2

MARCO TEORICO

2.1. EL AGUA

El agua es el compuesto más abundante distribuido sobre la superficie de la tierra. Es el componente más importante del organismo humano, ocupando las dos terceras partes de la masa corporal, participando en los procesos vitales internos.

Es considerada agua potable, o más precisamente agua apta para el consumo humano, toda agua natural o producida por un tratamiento de potabilización que cumpla con las normas de calidad establecidas para tal fin. Estas Normas se basan en estudios toxicológicos y epidemiológicos, además de considerar turbiedad, sabor, olor, color. (AENOR, 1997)

La formación y el crecimiento de grandes aglomeraciones urbanas y el deterioro del Medio Ambiente están obligando a la búsqueda de nuevas soluciones para el abastecimiento de agua potable.

El abastecimiento de agua potable, constituye un servicio esencialmente monopólico. Su abastecimiento es una necesidad básica para la vida, es uno de los principales elementos preventivos contra la propagación de enfermedades hídricas.

2.2. PURIFICACIÓN DEL AGUA

Dentro de los métodos de tratamiento del agua tenemos:

- **El tratamiento biológico o desinfección.** La desinfección es el primer paso de la purificación del agua. Responde al propósito de matar a los microorganismos indeseados. Técnica de desinfectar con cloro.
- **El tratamiento fisicoquímico de coloides** (micro partículas). Deposición de materia suspendida en forma de flóculos, para su posterior filtrado.
- **La purificación física del agua** se refiere sobre todo a técnicas de filtración. Es un instrumento de purificación para quitar los sólidos de los líquidos. Este método requiere de formar flóculos, con las sustancias contaminantes y el activador (caolín), luego precipitan al y se desechan. El filtrado del agua por la unidad

filtrante microporosa, es el último paso antes de su recolección, para ser usada en el consumo diario. (DRS 2004)

Se puede contar con agua confiable para uso, la manipulación de alimentos, lavado, cocción, preparar jugos biberones, etc.

A continuación se observa un esquema de las etapas del proceso de tratamiento del agua:

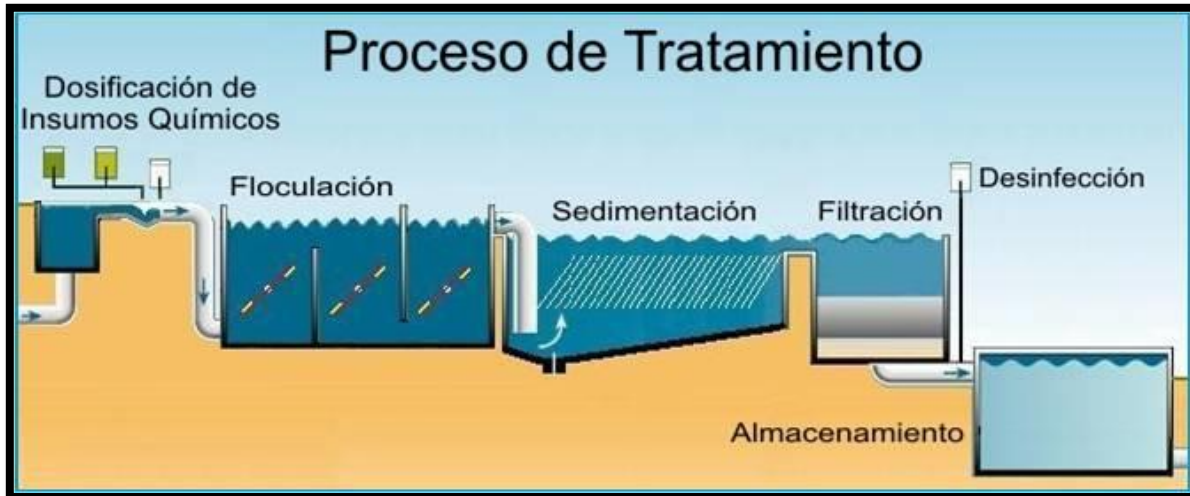


Figura N°1: Esquema del proceso de tratamiento del agua potable
Fuente: Alvestégui, 2006.

2.3. FUENTES DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA

Los cuerpos de agua se contaminan a través de las interacciones que se producen entre las sustancias que están en el Medio Ambiente y el movimiento del agua en el ciclo hidrológico natural del agua. La contaminación puede ser de distinto origen:

- **Origen urbano:** Desechos en calles y zonas impermeables transportados por el escurrimiento superficial producido por la lluvia.
- **Origen agrícola:** Biosidas y fertilizantes, así como metabolitos de naturaleza húmica que dan color al agua, que son transportados por escurrimiento superficial de agua de lluvia o escurrimiento de agua subterránea.
- **Origen atmosférico:** Sustancias presentes en el aire son captadas y arrastradas por las precipitaciones atmosféricas (lluvia, nieve, granizo).

- **Origen accidental:** Pueden ser sustancias derivadas de una variedad de circunstancias originadas por actividades industriales, mineras, depósitos de residuos, y otras difíciles de controlar. (Balcázar 2008)

2.3.1. Posibilidad de que exista una contaminación química o bacteriológica

Los índices y parámetros que consideran las características químicas del agua miden la presencia de sustancias inorgánicas y orgánicas que afectan directa o indirectamente la salud:

a) Sustancias inorgánicas:

Entre las sustancias inorgánicas se encuentran: el contenido salino, las sustancias tóxicas (que afectan al organismo humano) la alcalinidad, el pH (que indica el grado de acidez), la dureza (que indica la presencia de sales de Calcio y Magnesio que dificultan la acción del jabón) el hierro y manganeso.

Entre las sustancias orgánicas se encuentran, los agroquímicos (incluyendo los pesticidas y herbicidas) y los Trihalometanos (THM) que son productos considerados cancerígenos, derivados de la cloración en presencia de sustancias húmicas.(Aenor 1997)

b) Características bacteriológicas:

Los índices y parámetros que consideran las características bacteriológicas del agua miden la presencia de microorganismos tales como bacterias aeróbicas, y bacterias coliformes, entre ellas en particular la Escherichia Coli, que indican en forma indirecta la posibilidad de que el agua haya entrado en contacto con heces humanas y contenga por lo tanto microorganismos patógenos, esto es, microorganismos productores de enfermedades hídricas. Entre estas enfermedades se cuentan las derivadas de bacterias y virus como, entre otros, las diarreas infantiles, el cólera, la fiebre amarilla, la hepatitis, la poliomielitis, las salmonelosis y la fiebre tifoidea, así como las derivadas de parásitos intestinales, etc. Es evidente que, desde el punto de vista de protección de la salud, estos indicadores son esenciales. (Vega, 2000)

2.4. FUENTES TRADICIONALES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

Las aguas en la naturaleza pueden cumplir con los requisitos de calidad exigidos por las Normas de Calidad. Cuando ello no ocurre es necesario un tratamiento de potabilización. A continuación se indican las principales fuentes tradicionales de abastecimiento de agua, mencionándose en qué casos es necesario este tratamiento:

2.4.1. Fuentes Superficiales

Aguas de arroyos, ríos, lagos y embalses. Las aguas de fuentes superficiales no cumplen con las Normas de Calidad y necesitan un tratamiento de potabilización completo o reducido.

2.4.2. Fuentes Subterráneas

De napas superficiales y de napas profundas. es conveniente una seguridad bacteriológica, por lo que necesitan una desinfección. De acuerdo a las zonas de nuestro país, poseerán distintas características de potabilidad.

Las aguas de lluvia son recogidas en techos o superficies y son almacenadas en cisternas. Aunque no cumplen con las Normas ya que suelen ser muy ácidas, Arrastrando distintos contaminantes. (Vega, 2006)

2.4.3. Potabilización

Las Plantas de Potabilización nacieron a fines del siglo XIX cuando se detectó la relación estrecha entre el agua y las enfermedades hídricas.

El objetivo principal de los sistemas de potabilización fue el de lograr, mediante la eliminación de los microorganismos patógenos, una reducción de la incidencia de estas enfermedades. Actualmente los procesos de potabilización deben resolver contaminaciones mucho más complejas dada la alta incidencia de la contaminación Industrial, que generalmente desaguan en los ríos donde nos abastecemos las comunidades para proveernos de agua. (CITA, 2000)

2.5. FILTRACION

Un filtro de agua elimina las impurezas del agua por medio de una barrera física, por un proceso químico o un proceso biológico. Los filtros limpian el agua en diversos grados para fines como el riego, el agua potable, los acuarios y piscinas. (Rubio, 2001)

2.5.1. TIPOS DE FILTROS

- **Filtros de la planta de tratamiento de agua**

Tipos de filtros de agua, filtros de pantalla multimedia, filtros de disco, lento, camas, filtros de arena, filtros rápidos de arena y filtros de tela.

- **Filtros de uso en el hogar**

Los filtros de uso en el hogar incluyen filtros de carbón activado, filtros de aleación metálica, filtros cerámicos microporosos, resina de bloque de carbón, membranas de microfiltración y de ultrafiltración. Algunos filtros utilizan más de un método de filtración. Un ejemplo de esto es un sistema multi-barrera. Filtros Jug, que son hechos a partir de carbono y eliminan el cloro y algunos contaminantes orgánicos del agua del grifo, se pueden utilizar para pequeñas cantidades de agua para beber. Algunos hervidores han incorporado en los filtros, principalmente para reducir la acumulación de sarro. (Vega, 2000)

Los dispositivos de microfiltración de aplicación puede ser instalada directamente en las salidas de agua con el fin de proteger a los usuarios contra la *Legionella* spp., *Pseudomonas* spp., *Micobacterias* no tuberculosas, *Escherichia coli* y otros patógenos de agua potencialmente dañinos, proporcionando una barrera a ellos y/o reducir al mínimo la exposición de las personas. (Juárez, 2911)

- **Certificación de los filtros de agua**

Tres organizaciones están acreditadas por el American National Standards Institute, y cada uno de ellos certifican productos con las normas ANSI/NSF. Cada norma ANSI/NSF requiere verificación de los créditos de reducción de contaminantes de desempeño, una evaluación de la unidad, incluyendo sus materiales y la integridad estructural y una revisión de las etiquetas de los productos y de la literatura de ventas.

Estos filtros de agua no se deben confundir con los dispositivos o tabletas que son purificadores de agua, algunos de los cuales eliminan o destruyen los virus tales como la hepatitis A y rotavirus. (CITA, 2000)

2.5.2. PLANTAS DE FILTRACIÓN

Las Plantas de Filtración rápida consisten en un Proceso integrado por unidades de mezcla, cloración para la eliminación de organismos patógenos, floculación, sedimentación y filtración, ajuste de pH.

- **Los nuevos desafíos para la potabilización del agua**

En las últimas décadas se han acentuado en el mundo entero dos procesos difíciles de manejar por su incidencia en el Medio Ambiente y en particular en la disponibilidad de las fuentes tradicionales para el abastecimiento de agua:

- ✓ Agotamiento de las Fuentes Tradicionales de Abastecimiento.
- ✓ Contaminación de las Fuentes de Abastecimiento.

La utilización intensiva de las fuentes y el aumento del número y tipos de usuarios (Crecimientos poblacionales, Industrias) ha producido un agotamiento de muchas fuentes subterráneas y aún superficiales. (Vega, 2000)

- **Contaminación de las Fuentes de Abastecimiento.**

El uso indiscriminado de las masas de agua superficiales y de las superficies de terreno como punto final de descarga de desagües domiciliarios e industriales, de residuos, de residuos sólidos y de drenajes de zonas de explotación agrícola y ganadera ha producido la contaminación de las fuentes de agua tradicionales.

- **Situación actual**

Los procesos indicados en el punto anterior han obligado a los Organismos y Empresas prestadoras de servicios de abastecimiento de agua potable a cambiar de estrategias y considerar cambios de rumbo frente al nuevo desafío. Estos cambios de rumbo, producidos en forma simultánea e interdependiente, son:

- ✓ El uso de fuentes no tradicionales de abastecimiento de agua.
- ✓ El uso de nuevas tecnologías de potabilización de agua.
- ✓ La identificación, detección y tratamiento de nuevos contaminantes.

Podemos mencionar, a manera de ejemplo las siguientes sustancias inorgánicas que hoy se están considerando con más atención por su incidencia y toxicidad: Arsénico, Bario, Boro, Cadmio, Cianuros, Cromo, Mercurio, Nitratos, Plomo,

Radioactividad y Selenio. Otros compuestos como pesticidas y herbicidas. (Vega, 2000)

2.6. FILTROS DE AGUA

Los filtros de cerámica se han utilizado para el tratamiento de agua. No obstante en la actualidad se comercializan filtros para sistemas de tratamiento de agua centralizados. En los países en vías de desarrollo, éstos se fabrican localmente algunas veces como una microempresa autofinanciada.

Los ensayos de laboratorio han demostrado que, si se diseñan y producen correctamente, estos dispositivos pueden eliminar o inactivar casi todas las bacterias y parásitos protozoarios. Su eficacia contra los virus es desconocida.

La limpieza y el mantenimiento del filtro es crítica; así que al que igual otros sistemas de bajo costo de aplicación en el punto de uso, éste produce mejores resultados cuando se lo combina con un programa educacional acerca de almacenamiento seguro, limpieza de filtros, y otras prácticas recomendadas. (Rubio, 2001)

Las ventajas de los filtros de cerámica son su facilidad de uso, larga vida útil (si no se quiebra) y bajo costo relativo. Entre las desventajas se incluyen la posible recontaminación del agua almacenada debido a la ausencia de cloro residual y un caudal relativamente bajo de uno a dos litros por hora. (Mazariegos 2005)

2.7. ARCILLA

La arcilla es un suelo o roca sedimentaria constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratados, procedentes de la descomposición de feldespatos, como el granito. Presenta diversas coloraciones según las impurezas que contiene, desde el rojo anaranjado hasta el blanco cuando es pura.

Físicamente se considera un coloide, de partículas extremadamente pequeñas y superficie lisa. El diámetro de las partículas de la arcilla es inferior a 0,002 mm. Químicamente es un silicato hidratado de alúmina, cuya fórmula es: $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Se caracteriza por adquirir plasticidad al ser mezclada con agua, y también sonoridad y dureza al calentarla por encima de 800 °C. La arcilla endurecida mediante la acción del fuego fue la primera cerámica elaborada por los seres humanos, y aún es uno de los

materiales más baratos y de uso más amplio. Ladrillos, utensilios de cocina, objetos de arte e incluso instrumentos musicales como la ocarina son elaborados con arcilla. También se la utiliza en muchos procesos industriales, tales como en la elaboración de papel, producción de cemento, ladrillos y procesos químicos.

Las arcillas son constituyentes esenciales de gran parte de los suelos y sedimentos debido a que son, en su mayor parte, productos finales de la meteorización de los silicatos que, formados a mayores presiones y temperaturas, en el medio exógeno se hidrolizan. (Higuera 2012)

2.8. ESTRUCTURA DE LAS ARCILLAS

Estos minerales se constituyen de láminas de tetraedros con una composición química general de Si_2O_5 en donde cada tetraedro (SiO_4)⁴⁻ está unido en sus esquinas a otros tres formando una red hexagonal. Aluminio y hierro (Al^{3+} o Fe^{3+}) pueden parcialmente reemplazar al silicio en la estructura mientras que los oxígenos ubicados en el ápice de los tetraedros de estas láminas pueden, formar parte de otra lámina paralela compuesta de octaedro. Estos octaedros suelen estar coordinados por cationes de Al, Mg, Fe^{3+} y Fe^{2+} . Más infrecuentemente átomos de Li, V, Cr, Mn, Ni, Cu o Zn ocupan dicho sitio de coordinación.

Las superficies de los minerales de la arcilla pueden adsorber iones y moléculas ya que están cargadas de electricidad estática. En la figura N° 2 se observa la estructura de una arcilla:

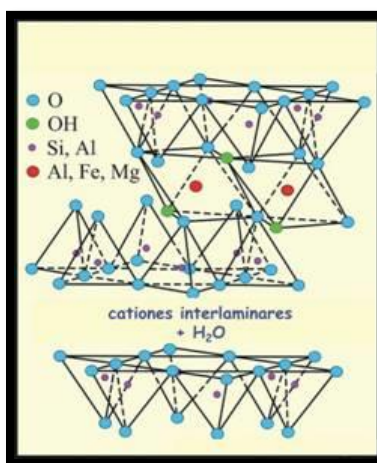


Figura N° 2: Estructura de una arcilla

Fuente: (Higuera 2012)

2.9. PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE LAS ARCILLAS

Las aplicaciones industriales importantes de este grupo de minerales radican en sus propiedades físico-químicas, que derivan de:

- Su pequeño tamaño de partícula (inferior a $2 \mu\text{m}$)
- Su morfología laminar (filosilicatos)
- Las sustituciones isomórficas, que dan lugar a la aparición de carga en las láminas y a la presencia de cationes débilmente ligados en el espacio interlaminar. En la figura N°3 se observa la estructura de un filosilicato:

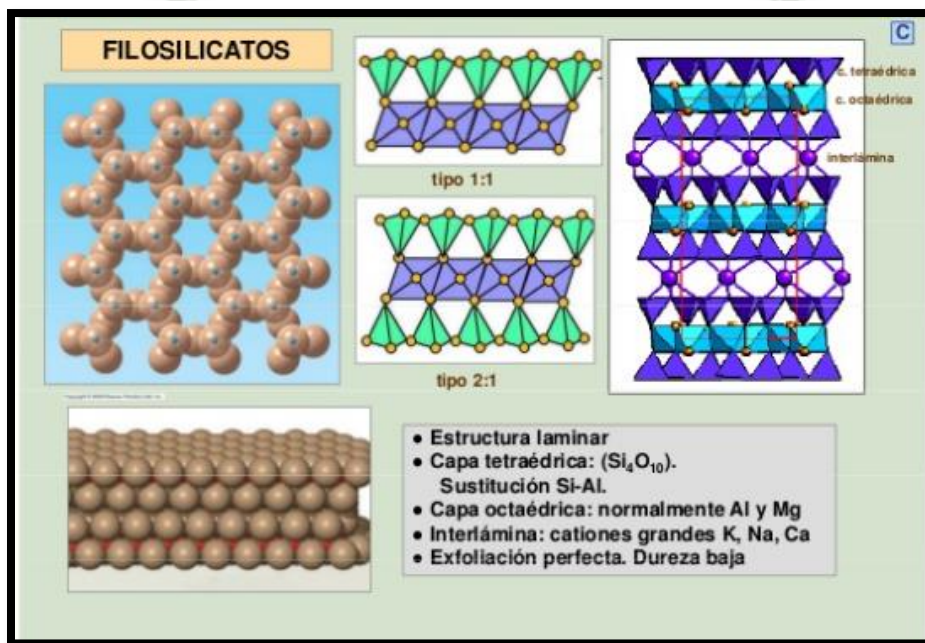


Figura N° 3: Estructura de un filosilicato

Fuente: (Nieto 2001)

Como consecuencia de estos factores, presentan, un valor elevado del área superficial y, la presencia de una gran cantidad de superficie activa, con enlaces no saturados. Por ello pueden interactuar con diversas sustancias, en especial compuestos polares, por lo que tienen comportamiento plástico en mezclas arcilla-agua con elevada proporción sólido/líquido y son capaces en algunos casos de hinchar, con el desarrollo de propiedades reológicas en suspensiones acuosas. (Nieto 2001)

Por otra parte, la existencia de carga en las láminas se compensa, como ya se ha citado, con la entrada en el espacio interlaminar de cationes débilmente ligados y con estado variable de hidratación, que pueden ser intercambiados fácilmente al ponerse en contacto con una solución saturada de otros cationes, a esta propiedad se la conoce como capacidad de intercambio catiónico y es también la base de varias aplicaciones industriales. (Higuera 2012). En la figura N°4 se observa el hinchamiento de las arcillas con agua:

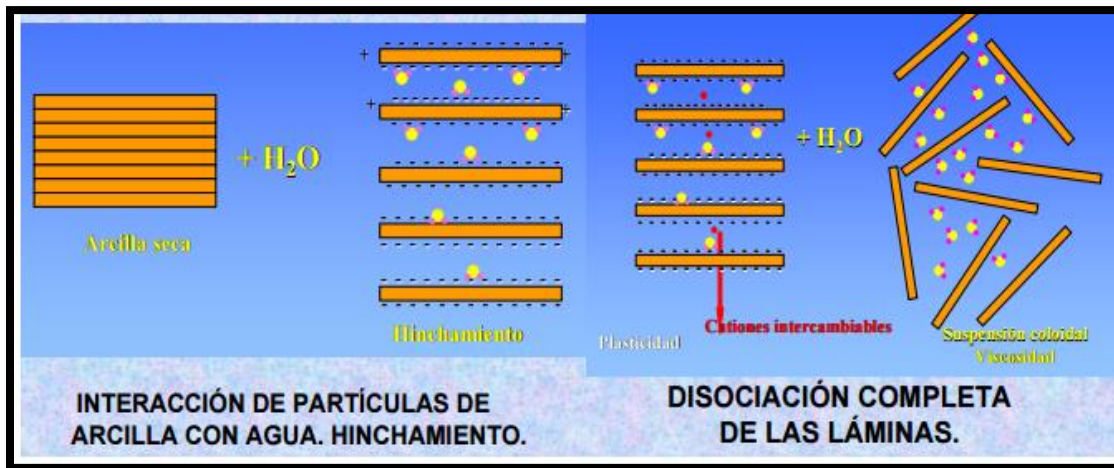


Figura N° 4: Interacción de arcillas con agua
Fuente (Higuera 2012)

A medida que se intercalan capas de agua y la separación entre las láminas aumenta, las fuerzas que predominan son de repulsión electrostática entre láminas, lo que contribuye a que el proceso de hinchamiento pueda llegar a disociar completamente unas láminas de otros.

2.10. TIPOS DE ARCILLAS

- **Arcillas Comerciales**

Las arcillas comerciales, son las que sirven como materia química industrial, figuran entre los recursos minerales más importantes. Un 90% de la producción se dedica a la fabricación de materiales de construcción y agregados. Un 10% se dedica a otras industrias: fabricación de papel, caucho, pinturas, absorbentes, decolorantes, productos químicos, farmacéuticos, agricultura, etc. (Nieto 2001)

El primer tipo se denominan arcillas cerámicas, arcillas para la construcción o arcillas comunes, son arcillas compuestas por dos o más minerales de la arcilla, generalmente illita y esmectita, con importantes cantidades de otros minerales que no son filosilicatos (carbonatos, cuarzo).

- **Arcillas Especiales**

Al segundo tipo se las denomina arcillas especiales, son arcillas constituidas fundamentalmente por un sólo tipo de mineral de la arcilla, y sus propiedades dependen esencialmente de las características de ese mineral. Estas, a pesar de ser mucho menos importantes en volumen, suponen más del 70 % del valor de las arcillas comerciales, y son objeto de comercio internacional. Las arcillas especiales se pueden dividir en caolines y arcillas caoliníferas, y bentonitas, sepiolita y paligorskita. (Higuera 2012)

De acuerdo a la aplicación tenemos los siguientes tipos de arcillas:

- **Arcillas Comunes**

Por “arcilla común” se entiende a toda materia prima arcillosa de amplia distribución de afloramiento, que por sus propiedades físicas y sus no muy exigentes especificaciones químicas mineralógicas, se utiliza, principalmente en el sector cerámico de la construcción y en alfarería.

El principal uso de estos materiales arcillosos se da en el campo de la cerámica de construcción (tejas, ladrillos, tubos, baldosas), alfarería tradicional, losas azulejos y gres. Uso al que se destinan desde el comienzo de la humanidad. Así mismo son utilizadas en la manufactura de cementos, como fuente de alúmina y sílice, y en la producción de áridos ligeros (arcillas expandidas). (Díaz L. y Torrecillas R. 2002)

- **Caolín**

El caolín es un mineral de arcilla, una parte del grupo de minerales industriales, con la composición química $Al_2Si_2O_5(OH)_4$, es un mineral tipo silicato estratificado, con una lámina de tetraedros unida a través de átomos de oxígeno en una lámina de octaedros de alúmina. Las rocas que son ricas en caolinita son conocidas como caolín o arcilla de China.

Los usos del caolín son muy numerosos y variados hasta el punto que el empleo de esta importante materia prima llega a cubrir más de un centenar de aplicaciones en productos industriales muy diferentes entre sí. Las causas que determinan esta amplitud y diversidad de usos son consecuencia de una serie de propiedades inherentes a su naturaleza, entre las que cabe destacar fundamentalmente su blancura, su inercia ante los agente químicos, su ausencia de toxicidad, el fino tamaño de sus partículas, su superficie específica, su gran poder cubriente, su elevada refractariedad, sus poderes absorbentes y adherentes. (Bartolomé 1997).

2.11. NANOPARTICULAS DE PLATA

En los últimos años, la plata ha ganado mucho interés debido a su buena conductividad, estabilidad química y su actividad catalítica y antibacteriana. Las nanoparticulas de plata se están convirtiendo en una de las categorías de productos de mayor crecimiento en la industria de la nanotecnología. Su fuerte actividad antimicrobiana es la principal característica para el desarrollo de productos con nanoparticulas de plata, actualmente, una amplia categoría de productos se encuentran disponibles en el mercado. En el ámbito médico, existen apósitos para heridas, también tienen su aplicación en el sector alimentario, concretamente en agricultura y en el envasado de los alimentos. Dentro del campo de la agricultura, las nanoparticulas de plata se emplean para prolongar la conservación de frutos, ya que además de su actividad antibacteriana presentan un efecto fungistático que retarda el crecimiento de hongos fitopatógenos. Además, también se está evaluando la utilización de las nanoparticulas de plata en el tratamiento de enfermedades que requieren una concentración mantenida de fármaco en sangre o con un direccionamiento específico a células u órganos (Panyman et al., 2003).

Esto ocurre con el virus del VIH-1, ya que ha sido demostrado que el tratamiento in vitro con nanoparticulas de plata interacciona con el virus e inhibe su capacidad para unirse a las células del huésped (Elechiguerra et al., 2005).

En la vida diaria los consumidores pueden tener contacto con las nanoparticulas de plata contenidas en aerosoles, detergentes, frigoríficos, lavadoras, chupones, sistemas de purificación de aguas, pinturas para paredes y productos cosméticos (Zhang y Sun, 2007). Las nanoparticulas de plata también están incorporadas en la industria textil para la

fabricación de prendas de vestir, ropa interior y calcetines (Lee et al., 2007). Mediante la introducción de nanopartículas de plata en fibras sintéticas o naturales consiguen una potenciación de la actividad iónica gracias a la mayor cantidad de iones plata que son liberados. El resultado es la obtención de rápidos efectos antimicrobianos ó anti olor (Chen and Chiang, 2008).

2.12. PROPIEDADES ANTIBACTERIANAS DE LA PLATA

Las propiedades antibacterianas, antivíricas y desinfectantes de la plata se conocen desde hace siglos. Antiguamente era una práctica común introducir una moneda de plata en la leche porque así se conservaba más tiempo. Hoy en día, la plata se usa principalmente en su estado coloidal, es decir, como una solución en la que partículas de plata se hallan dispersas en agua. Las cantidades de plata necesarias para elaborar plata coloidal son mínimas (algunas partes por millón). El pequeño tamaño de las partículas de plata hace la solución más efectiva, al multiplicarse el área de contacto con los gérmenes. (Zhang y Sun, 2007)

La efectividad de la plata coloidal contra bacterias, hongos y virus se ha mostrado repetidamente en test de laboratorio. En la medicina alternativa se usa frecuentemente como antibiótico natural. Las microscópicas partículas de plata suspendidas en agua son capaces de destruir hasta los microbios más resistentes a los antibióticos. La plata coloidal, al contrario que los antibióticos convencionales, no destruyen la flora intestinal benéfica, lo que estimula la proliferación de hongos como la *Candida albicans*, causa de la Candidiasis crónica. (Lee, 2007)

Se ha demostrado que la Plata coloidal no sólo mata ciertas bacterias, hongos y virus e incluso células tumorales, sino que también estimula el crecimiento del hueso y promueve la curación de heridas, incluso en pacientes con serias quemaduras.

La capacidad antimicrobiana de la plata se conoce desde el siglo XIX, donde ya venía siendo usada para potabilizar el agua y en el tratamiento de heridas y quemaduras, enfermedades venéreas, fístulas, etc. Pero, ¿cómo actúan? Aunque su capacidad es conocida desde hace cientos de años, el modo de acción se encuentra en estudio en la actualidad, sin conocerse aún en su totalidad. Los estudios recientes establecen la plata como “oligodinámica”, ya que es capaz de producir su efecto bactericida a concentraciones

muy bajas. Se ha visto que esta capacidad bactericida se debe a que los iones de plata son muy reactivos frente a sustancias como proteínas, enzimas, ADN, ARN, etc., debido a las interacciones que se producen entre los iones de plata y grupos funcionales tipo tiol, fosfato, amina, etc., presentes en estas moléculas. Por ejemplo, el modo de acción en diferentes bacterias gram-negativas, como *Escherichia Coli*, ha sido estudiado en profundidad usando técnicas que permiten observar imágenes a escala nanométrica, viéndose un efecto bactericida muy fuerte cuando las nano partículas poseen un tamaño entre 1 y 10 nm; estas nano partículas se pegan a los grupos funcionales ricos en fósforo y azufre de las proteínas de la membrana externa de la bacteria desestabilizándola, y modificando así la permeabilidad y la función respiratoria de la bacteria. Además, pueden penetrar en el interior y dañar compuestos que también presenten dichos grupos funcionales, como por ejemplo el ADN, que se condensa de manera que es imposible la transcripción. (Zhang, Y y Sun J. 2007)

A continuación observa una figura de la interacción de las nano partículas de plata en una bacteria:

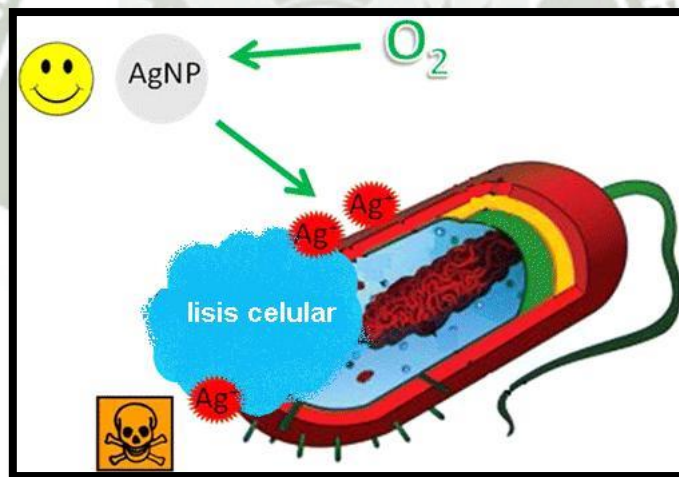


Figura N° 5: Interacción de las nanopartículas de plata con una bacteria

Fuente (Chen,C y Chiang C. 2008)

Por último, las nano partículas liberan iones Ag^+ que aumentan este efecto bactericida, provocando finalmente la muerte celular. En cambio, no se observa lo mismo en bacterias gram-positivas: estudios realizados en *Staphylococcus aureus* demuestran que las nano

partículas de plata dañan a la bacteria, pero lo hacen en una proporción mucho menor que en el caso de las gram-negativas; esto se debe a que la pared celular de peptidoglicano que poseen las gram-positivas, actúa como sistema de defensa que protege a las bacterias de la penetración masiva de los iones de plata en su interior, por lo que en este caso posiblemente no sería suficiente con las nano partículas de plata para acabar con una infección bacteriana. (Monge 2009)

2.13. SINTESIS DE NANOPARTICULAS DE PLATA

La síntesis de partículas de plata de tamaño nanométrico es un campo de trabajo bien establecido, aunque ciertamente no intencionado, desde hace siglos. El primer ejemplo reconocido es la copa de bronce Lycurgus del siglo IV d. C. que posee vidrio coloreado cuya propiedad es que dispersa luz verde y transmite luz roja debido a que contiene nano partículas metálicas de unos 70 nm que son una aleación de plata (70%) y oro (30%). Otro ejemplo curioso es el lustre, que es un tipo de decoración cerámica consistente en el empleo de nanopartículas de plata, entre otros metales, para producir un efecto de brillo metálico en la superficie de cerámicas ya cocidas. En España existen numerosos ejemplos de decoración cerámica de este tipo a partir del siglo XII. En el caso concreto del lustre dorado, este se realizaba mediante una mezcla de almagre, óxido de cobre y monedas de plata.

Los ejemplos históricos anteriormente descritos son el punto de partida actual para el desarrollo de nano materiales basados en plata. Actualmente los dos campos de trabajo más activos relacionados con las nano partículas de plata son el estudio y aplicación de sus propiedades ópticas y biomédicas. (Rai 2009).

La mayoría de los métodos de síntesis química de nano partículas de plata se basan en reacciones de reducción de sales metálicas de plata (I). La síntesis de nano partículas en disolución (disolución coloidal) requiere del empleo de métodos que permitan obtener un control preciso sobre el tamaño y la forma de las nano partículas para así obtener un conjunto de partículas monodispersas que presenten una propiedad determinada.

En general, la síntesis de nano partículas metálicas en disolución se lleva a cabo mediante el empleo de los siguientes componentes:

- 1) Precursor metálico

- 2) Agente reductor
- 3) Agente estabilizante.

El mecanismo de formación de las disoluciones coloidales a partir de la reducción de iones plata consta de dos etapas diferentes: nucleación y crecimiento. El proceso de nucleación requiere una alta energía de activación mientras que el proceso de crecimiento requiere una baja energía de activación.

El tamaño y la forma de las nano partículas dependerá de las velocidades relativas de estos procesos que pueden ser controladas a través de la modificación de los parámetros de reacción (concentración, temperatura, pH, poder reductor, etc.).

En el método Lee-Meisel se obtienen nano partículas de plata con una distribución amplia de tamaño de partícula (polidispersas). El método Creighton consiste en la reducción de AgNO_3 con el agente reductor NaBH_4 . Este método es el más popular en la actualidad y da lugar a la obtención de nano partículas de plata de aproximadamente 10 nm y con una distribución estrecha de tamaños (monodispersas).

Los métodos usados en la obtención de nanoparticulas son los siguientes:

2.13.1. Métodos Físicos

Entre los métodos físicos se encuentran los métodos electroquímicos, ablación laser, termólisis, irradiación con microondas y sonoquímica. La síntesis de nano partículas metálicas mediante termólisis involucra la descomposición de solidos a altas temperaturas, por este proceso es posible obtener partículas menores a 5 nm (Poole y Owens, 2003)

Un método novedoso que permite seleccionar y controlar el tamaño de nanoparticulas en sistemas coloidales es la ablación laser. Esta síntesis ocurre cuando un láser de alta potencia es dirigido a un blanco solido en forma de disco, que se encuentra sumergido en un líquido junto a los precursores.

El método sonoquímico ha sido propuesto como una vía útil para la obtención de materiales a escala manométrica. El efecto químico de la radiación ultrasónica, recae sobre el fenómeno de la cavitación, el cual crea “puntos calientes” en el microambiente, elevando la temperatura y presión de manera importante, entre 5000°K y 1800 atm. (Rodriguez 2000)

En la síntesis electroquímica una hoja metálica es disuelta anódicamente en un solvente aprotico, este procedimiento permite obtener nanoparticulas de alta pureza, menores a 10

nm. La técnica por microondas resulta ser un procedimiento ventajoso, ya que el calentamiento homogéneo favorece la nucleación de las partículas metálicas y reduce el tiempo de reacción. La irradiación con microondas lleva a obtener nano estructuras estables, de tamaño pequeño y distribución uniforme. (Cheng et al., 2008)

2.13.2. Métodos Biológicos

La síntesis biológica es una nueva opción para obtener materiales a escala manométrica, debido a la necesidad de utilizar métodos de síntesis amigables con el medio ambiente. La biosíntesis involucra el empleo de microorganismos (bacterias, levaduras, y hongos) o extractos de plantas para lograr la reducción de varios tipos de iones metálicos (Sastry et al., 2003).

Los organismos vivos pueden producir nanopartículas ya sea intra o extra celularmente, siendo esta técnica más utilizada debido a que es más adaptable y menos costosa.

El empleo de extractos de plantas como agentes reductores, puede ser una vía más rápida para la obtención de nanopartículas, así es posible obtener nanopartículas de oro reduciendo con extractos de hojas de cilantro. (Narayanan y Sakthivel, 2010)

2.13.3. Métodos Químicos

Los métodos químicos son los métodos de síntesis de nanopartículas más usados por su potencial para ser escalados. La reducción química de sales metálicas en solución, destaca como el método químico mas empleado, este método permite controlar el tamaño y forma de las nanopartículas.

Entre los agentes reductores más utilizados se encuentran: el borohidruro de sodio, hidracina y dimetilformamida, sin embargo en los últimos años se han empleado sustancias no toxicas como el citrato de sodio y la glucosa. (Poole y Owens, 2003)

La figura N°6 muestra la unidad de medida de diversos sistemas, y la escala a la que pertenecen (Nano o Micro).

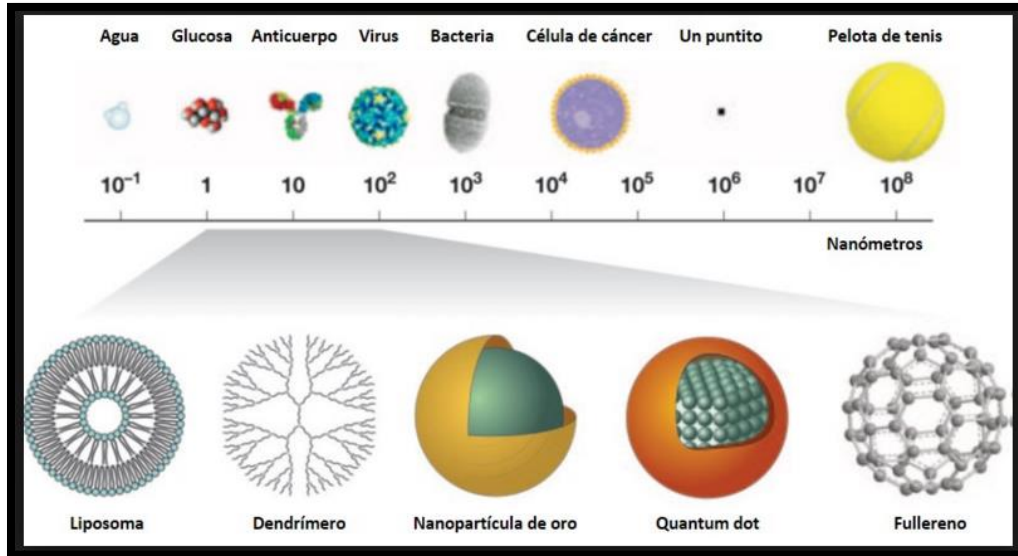


Figura N° 6: Escalas Nano o Micro

Fuente: (Díaz, 2012)

2.14. APLICACIONES DE LAS NANOPARTICULAS DE PLATA

Estas grandes ventajas que presentan las nano partículas de plata permiten hoy en día, como ya mencionamos anteriormente, su aplicación en diferentes campos: - Tratamiento de aguas residuales. - Tratamiento de quemaduras e infecciones, y protección de artillugos usados en medicina (mascarillas, implantes, prótesis, materiales dentales, catéteres, etc.). - Fabricación de textiles, cremas, etc. con protección antimicrobiana. - Desinfección de productos. - Fabricación de envoltorios de alimentos. - Protección de fachadas y monumentos. A pesar que los estudios sobre su funcionamiento continúan, además de las investigaciones sobre la posible toxicidad en humanos y la posible contaminación medioambiental que puede provocar su uso a largo plazo, todo este conocimiento sobre la propiedad bactericida de las nano partículas de plata permite una alternativa en el uso de agentes antibacterianos, y abre un camino de gran interés desde el punto de vista de sus aplicaciones.

La alta estabilidad térmica y su baja volatilidad de la nanoparticulas de plata, son en la actualidad un foco importante en la investigación para tratamientos de medicina (sobre todo en el tratamiento de quemaduras), materiales dentales, materiales de revestimiento de acero inoxidable, industria textil, tratamiento de aguas, lociones solares, etc. (Lee H. et al. 2007).

2.15. ESPECTROSCOPIA UV – VISIBLE

Cuando una molécula determinada absorbe radiación UV - visible, la energía absorbida excita electrones de orbitales de más baja energía a orbitales de más alta energía en la molécula. La máxima absorción UV - visible ocurre en una longitud de onda característica de la estructura molecular y se puede determinar a partir de una gráfica de intensidad de absorción contra longitud de onda de la radiación absorbida (Moore et al., 2000).

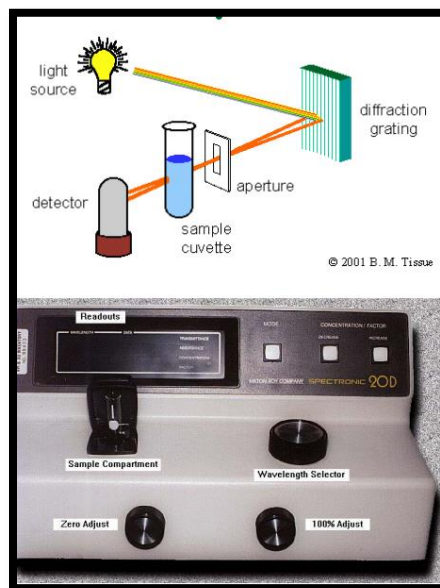


Figura N° 7: Espectrofotómetro UV-Visible

Fuente:

En la figura se observa el diagrama de un equipo de Espectrofotómetro UV- Visible.



CAPITULO 3 METODOLOGIA

3. METODOLOGIA

La presente investigación fue realizada en la Universidad Católica Santa María de Arequipa y laboratorios de Química de la Universidad Nacional San Agustín. Las muestras de arcilla fueron tomadas en el distrito de Yarabamba de Arequipa, se dispusieron en bolsas plásticas herméticas y fueron transportadas al laboratorio.

El diseño experimental de la investigación se realizó de la siguiente manera: primeramente se hizo la caracterización fisicoquímica de la de la arcilla. Luego se obtuvieron las nano partículas de plata por reducción química del nitrato de plata con boro hidruro de sodio. A continuación se realizó la Evaluación de la presencia de las nanoparticulas obtenidas por espectroscopia UV-visible y la Evaluación del tamaño de las nano partículas por DLS, Ligth scattering. Posteriormente se obtuvo el filtro de arcilla con aserrín y luego el nanocomposito de arcilla con nano partículas de plata por el método de impregnación, sumergiendo el filtro cerámico obtenido en la suspensión coloidal de las nanopartículas de plata obtenidas, seguido por un proceso de lavado y secado. Por último se realizaron pruebas de las propiedades bactericidas del nanocomposito determinando el recuento de microorganismos en estudio mediante pruebas de agua: Numeración de Coliformes Totales, Numeración de Coliformes Fecales, usando Métodos estándar de la AWWA. Las pruebas se realizaron con las muestras de agua antes y después del filtrado.

3.1. VARIABLES E INDICADORES

3.1.1. Variable dependiente

Calidad del agua antes de filtrar

Indicadores:

- ✓ Propiedades fisicoquímicas del agua
- ✓ Propiedades microbiológicas del agua

3.1.2 Variable independiente

Calidad del agua después de filtrar

Indicadores:

- ✓ Propiedades fisicoquímicas del agua
- ✓ Propiedades microbiológicas del agua

A continuación se observan las Figuras N°8 y N°9 de los flujogramas que corresponden a los Indicadores:

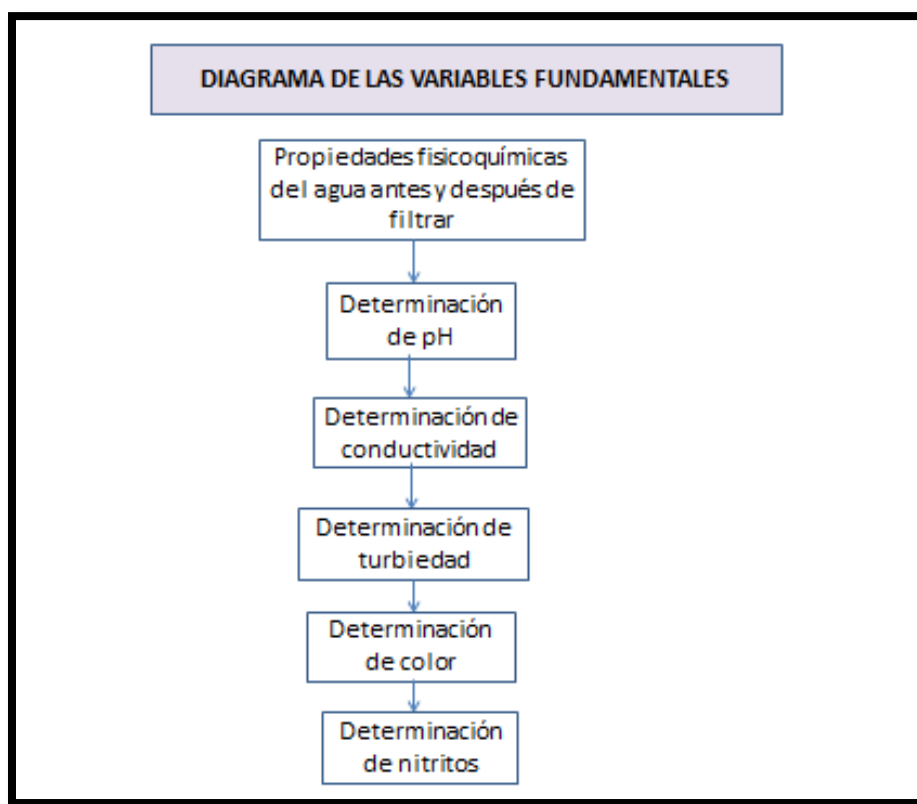


Figura N° 8: Indicadores: Propiedades Fisicoquímicas del agua

Fuente: Elaboración propia

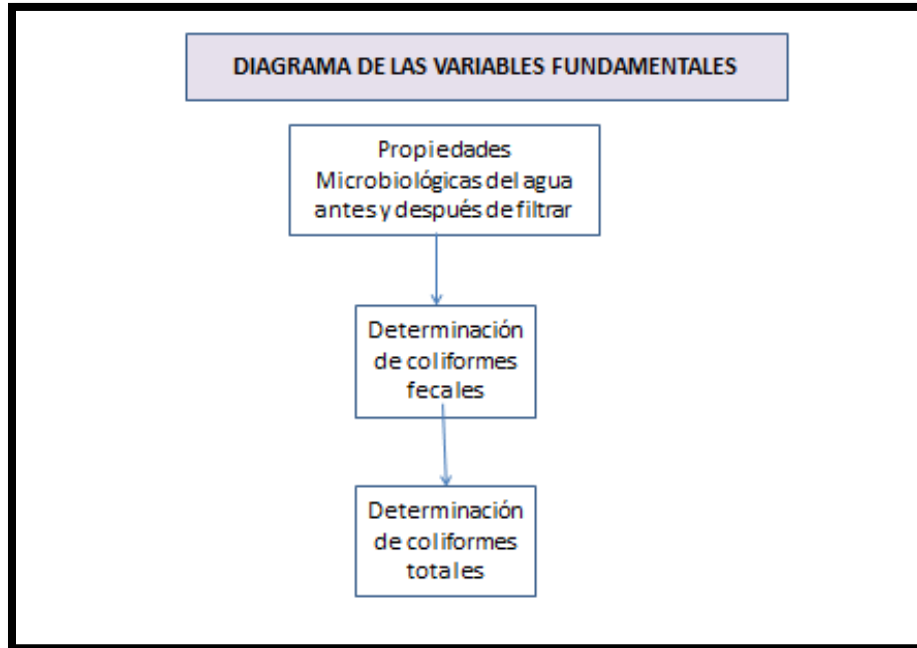


Figura N° 9: Indicadores: Propiedades Microbiológicas del agua

Fuente: Elaboración propia

3.2. MATERIALES

- ✓ Materiales de vidrio de uso común en el laboratorio
- ✓ Juego de tamices
- ✓ Nitrato de plata p.a. Merck Milipore
- ✓ Boro hidruro de sodio p.a. Merck Milipore
- ✓ Arcilla molida, tamizado a malla 100
- ✓ Aserrín de madera molido, tamizado a malla 100
- ✓ Agua de calidad ultra pura

3.3. EQUIPOS

- ✓ Agitador magnético IKA C- MAG HS7
- ✓ Balanza analítica marca: Sartorius, modelo BP1215, sensibilidad 0,1 mg,
- ✓ Estufa eléctrica marca: Memmert, modelo U-854
- ✓ Espectrofotómetro UV-visible marca: Espectronic 20 Génesis.
- ✓ Equipo Ligh Scatering Zetasizer Nano de Malvern Instruments Ltd.
- ✓ Mufla eléctrica marca: Barnstead.

3.4. UBICACIÓN DEL ÁREA DEL ESTUDIO

El área de estudio está ubicada en Camaná, provincia ubicada en la parte sur occidental de la Región Arequipa; la capital es Camaná, que se ubica en el valle del mismo nombre a pocos metros del litoral a 179 Km. de la ciudad de Arequipa. A continuación se observa un mapa de la provincia de Camaná.

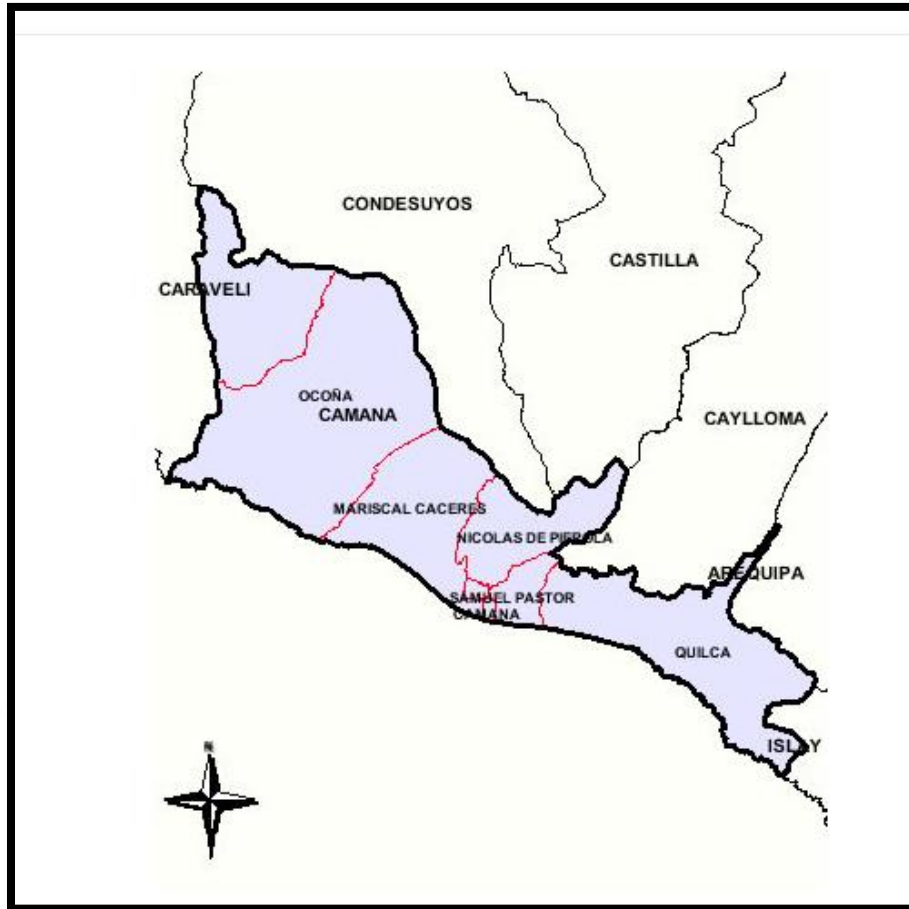


Figura N° 10: Mapa de la provincia de Camaná
Fuente: Perú Top Tour

El distrito de Camaná se encuentra a una Altitud entre cero y: 15 msnm y en las siguientes coordenadas: Latitud sur: 16°37'25", Latitud oeste: 72°42'41" y tiene una superficie de 11.67 Km².

Se conoce como comunidad rural al pueblo que se desarrolla en el campo y alejado de los cascos urbanos. El concepto puede hacer referencia tanto al pueblo en sí mismo como a la gente que habita en dicha localidad. Las comunidades rurales viven de la agricultura o

la ganadería. Por lo general, se trata de regiones donde la industria no está desarrollada y, por lo tanto, la economía es bastante precaria.

Actualmente los pobladores del distrito de José María Quimper - El Cardo, Huacapuy, El Puente, Quilca, La Punta y anexos, para preparar su alimentos y lavar su ropa, se abastecen de agua acarreada en baldes desde el río o de las acequias, mientras otros la compran de los carros cisterna, el costo bordea un sol por balde, lo que representa un alto riesgo en la salud y economía.

A continuación observamos una fotografía del abastecimiento de agua en Quilca-Caleta:

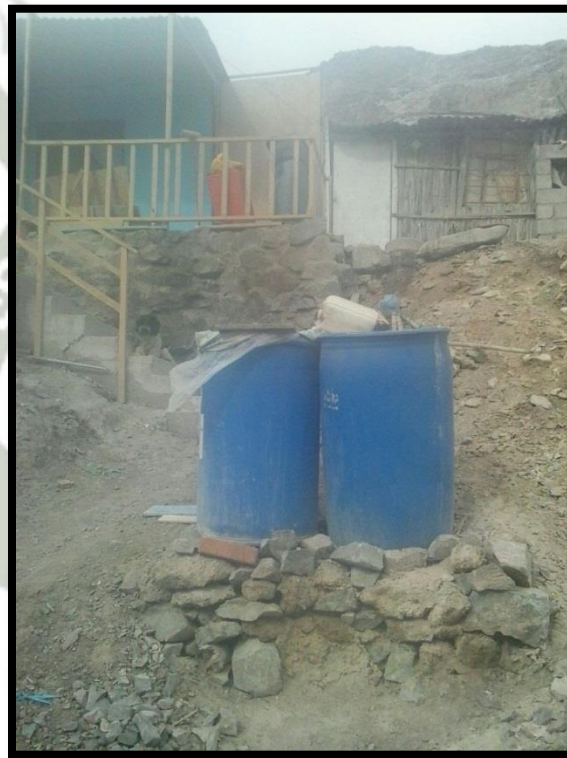


Figura N° 11: Fotografía del abastecimiento de agua en Quilca -Caleta
Fuente: Elaboración propia

3.5. PROCEDIMIENTO

- a. La Caracterización fisicoquímica de la de la arcilla, se realizó haciendo las siguientes determinaciones: pH, sales solubles, bases intercambiables, CIC (Capacidad de intercambio de cationes), densidad, humedad, carbonatos.
- b. Obtención de las nano partículas de plata, se obtuvo por reducción química del nitrato de plata con boro hidruro de sodio; seguido de la Evaluación del tamaño de las partículas obtenidas por espectroscopia UV-visible: haciendo un barrido desde 350 a 1000nm y por Light scattering, para determinar el tamaño.
- c. Obtención del filtro de arcilla, mezclando arcilla pulverizada y tamizada a 100 mallas con aserrín pulverizado y tamizado a 100 mallas, en una proporción 2:1 con agua hasta formar una masa, moldeado y secado a temperatura ambiente por 24 horas y se llevó a la mufla a 600°C por 2 horas, siguió a esto un proceso de lavado con agua destilada y secado a temperatura ambiente fuera de la luz solar directa.
- d. Obtención del nanocomposito de arcilla con nano partículas de plata, se hizo por el método de inmersión, sumergiendo el filtro cerámico obtenido en la suspensión coloidal de las nanoparticulas de plata obtenidas por 6 horas, seguido de un proceso de secado, lavado con agua destilada y nuevamente secado, para a continuación filtrar el agua en estudio.
- e. Pruebas de las propiedades bactericidas del filtro con nanocomposito, filtrando el agua por el filtro obtenido y determinando el recuento de microorganismos: Numeración de Coliformes Totales, Numeración de Coliformes Fecales usando Métodos estándar de la AWWA. Las pruebas se realizaron con las muestras de agua antes y después del filtrado.
- f. Medida de la velocidad de flujo del filtro: se llenó el filtro con 100 ml del agua en estudio y se registró el tiempo que se necesita para recoger los 100 ml de agua.
- g. Determinación del costo unitario del filtro con nanocomposito usado.

A continuación observamos el Diagrama de la metodología del trabajo:

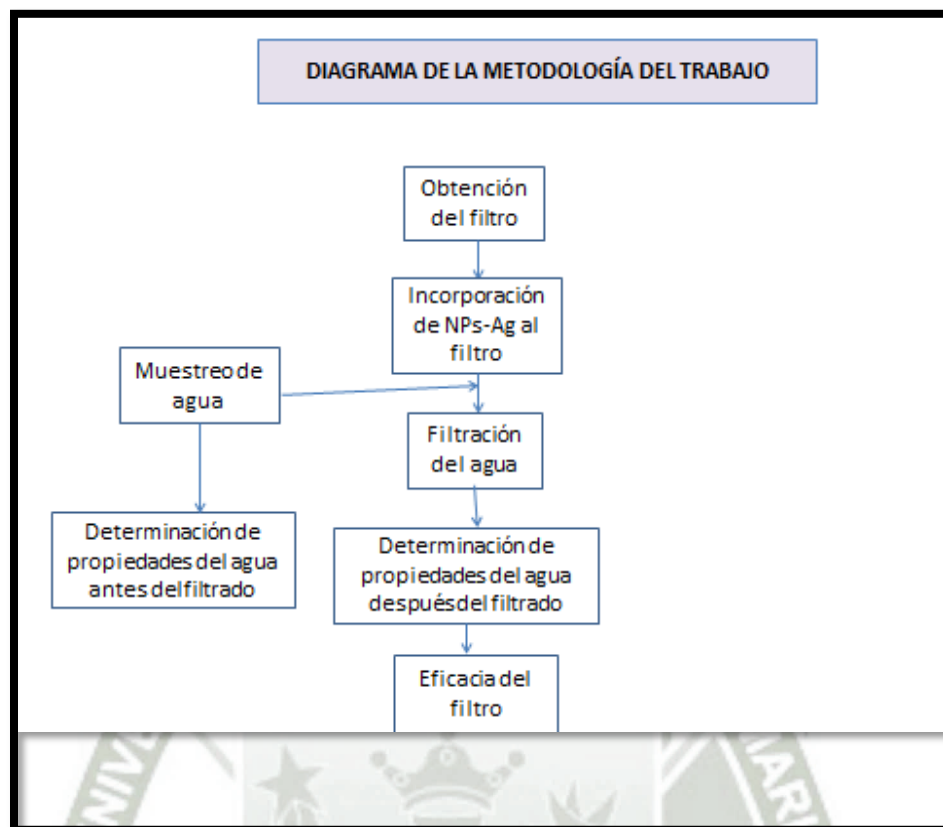


Figura N° 12: Metodología del trabajo

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO 4

RESULTADOS Y DISCUSION

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Caracterización Físicoquímica de la arcilla

El muestreo de la arcilla, se realizó en el distrito de Yarabamba, situado en la provincia de Arequipa, se ubica altitud: 2474 msnm, latitud sur: 16°32'53", longitud oeste: 71°28'39", Superficie: 492.2 Km², se ubica en las siguientes coordenadas UTM: 235 840.00 Este y 8 168 936.00 Sur. Las muestras se colectaron en bolsas de plástico y se llevaron al laboratorio, para realizar la caracterización físicoquímica de la arcilla. A continuación tenemos la tabla N°1 con las Propiedades físicoquímicas de la arcilla:

Tabla N°1: Caracterización Físicoquímica de la arcilla

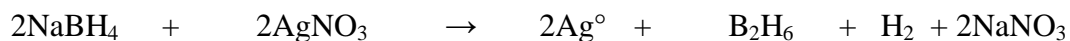
Muestra	pH	Sales solubles g/%	Bases intercambiables %	CIC (Capacidad de intercambio de cationes) meq/100g	Densidad g/ml	Humedad %	Carbonatos %
Arcilla	5.6	0.06	27.84	16.60	1.595	3.608	0.00

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla anterior al caracterizar la arcilla, se ve que tiene un alto valor de bases intercambiables, de 27,84 %, así como alto valor de Capacidad de Intercambio Iónico (CIC), de 16.60 meq/100g, por lo que será fácil que salgan estas bases o cationes, creando espacios libres para que entren las nanoparticulas.

4.2. Obtención de las nano partículas de plata por reducción química del nitrato de plata con boro hidruro de sodio.

Se usó solución de boro hidruro de sodio 2mM y nitrato de plata 1 mM., de acuerdo a la siguiente reacción :



En la siguiente fotografía se observan las nanopartículas de plata obtenidas:



Figura N°13: Fotografía de nano partículas de plata obtenidas
Fuente: Elaboración propia

En la Figura N° 13, se observa una fotografía de las nano partículas de plata obtenidas, se observa un color de amarillo a pardo, lo que nos indica presencia de nano partículas de plata.

4.3. Evaluación de la presencia de las nanopartículas obtenidas por espectroscopia UV-visible

Al evaluar las nanopartículas por UV-visible, se encontró que el máximo de absorbancia se encuentra entre 410 nm y 420 nm, lo que es una característica de la presencia de nanopartículas esféricas de plata. En la siguiente figura se observa el Espectro UV-visible de las Nanopartículas de plata obtenidas:

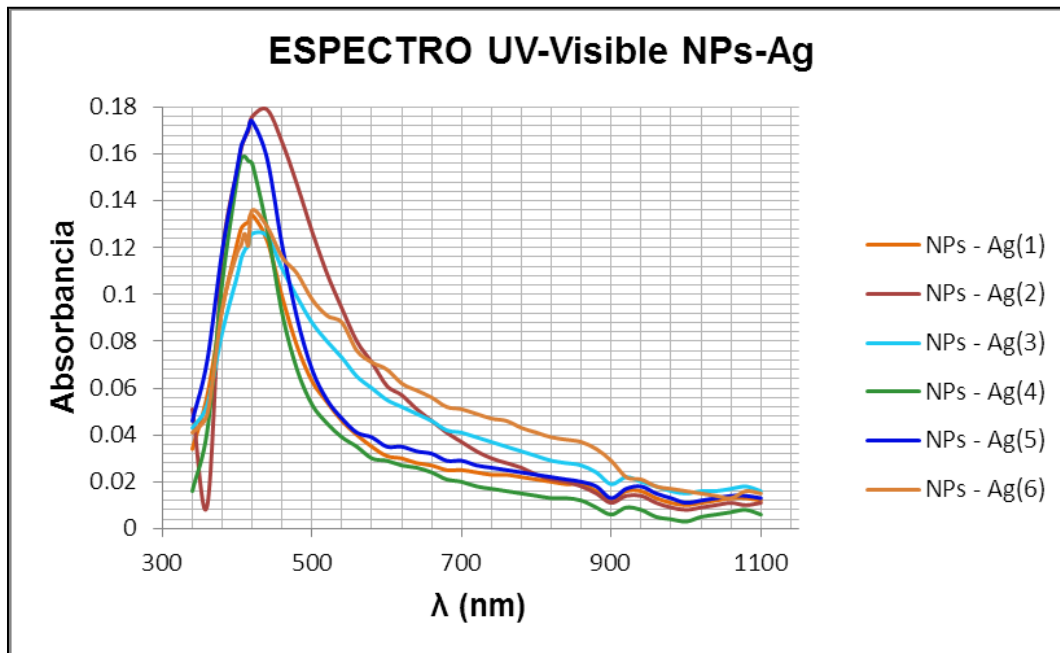


Figura N°14: Espectro UV-visible de las nano partículas de plata
Fuente: Elaboración propia

En la Figura N° 14, se observa el Espectro UV-visible de las nano partículas de plata obtenidas, y tiene un máximo entre 410nm y 420 nm., lo que indica hay presencia de nano partículas esféricas de plata.

4.4. Evaluación del tamaño las Nanopartículas de plata por Dispersión de Luz Dinámica (DLS) Ligth scatering

Al evaluar las nano partículas por Ligth scatering, se determino el tamaño de las nano partículas de plata, encontrándose que el tamaño se encuentra entre 6,30 nm y 46,64 nm, tamaño menor a 100 nm, lo que nos indica presencia de nanopartículas. En la siguiente figura se observa la Gráfica del tamaño de las Nanopartículas de plata por Ligth Scatering nano partículas de plata obtenidas:

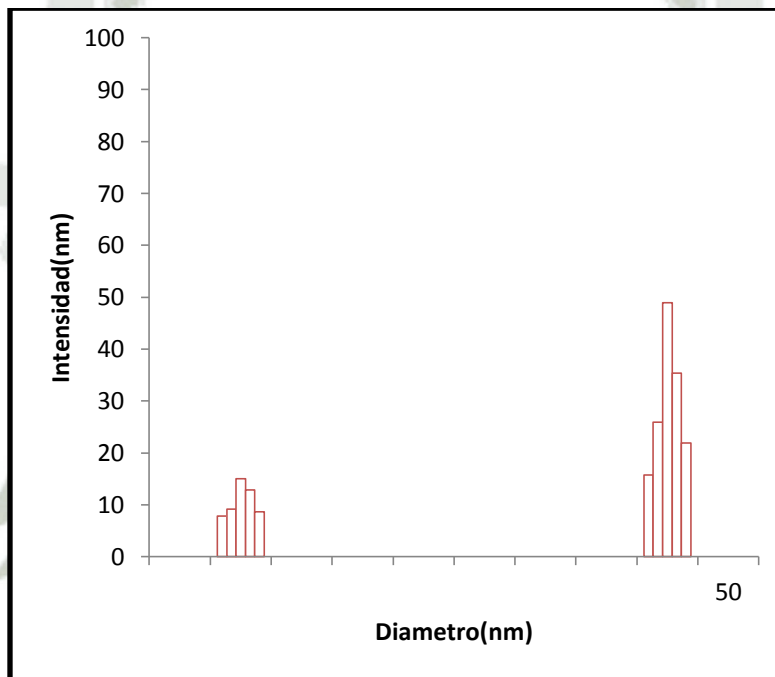


Figura N°15: Grafica del tamaño de las nano partículas de plata por Ligth Scatering

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura N°15, en el análisis por Dispersión de Luz Dinámica (DLS) del tamaño de las nanopartículas nos muestra una distribución polidispersa con tamaños que se encuentran entre 6,30 nm y 46,64 nm, tamaño menor a 100nm. Por lo que son consideradas como nano partículas.

4.5. Obtención del filtro de arcilla con aserrín

Inicialmente, se obtuvo la masa formada por arcilla pulverizada, tamizada a malla 100 y aserrín de madera pulverizado, tamizado a malla 100, en una proporción 2:1 y agua hasta formar una masa, se moldeó y se hizo secar a temperatura ambiente por 24 horas, luego se colocó en la mufla a 600°C por 2 horas, obteniéndose un cerámico de color rojizo, duro, siguiendo a esto un proceso de lavado con agua destilada y secado del filtro. A continuación se observa la fotografía de los filtros obtenidos.



Figura N°16: Fotografía de los filtros obtenidos en una estufa

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°16, se observan los filtros obtenidos en una estufa, luego de un proceso de secado.

4.6. Proceso de inmersión del filtro con el nanocomposito

Se incorporaron las nano partículas al filtro por el método de inmersión, que consiste en sumergir el filtro en la solución de nanoparticulas 1mM por una noche, siguiendo a esto un proceso de lavado con agua destilada y secado. A continuación se observan fotografías de los filtros después del proceso de inmersión:



Figura N°17: Fotografía de los filtros después del proceso de inmersión
Fuente: Elaboración propia

4.7. Pruebas de las propiedades bactericidas del nanocomposito

Para realizar este paso se filtró el agua por el filtro cerámico obtenido y se realizaron pruebas de las propiedades fisicoquímicas del agua determinando: pH, conductividad, turbiedad, aniones, asimismo de las propiedades bactericidas del nanocomposito, determinando el recuento de microorganismos: Numeración de Coliformes Totales, Numeración de Coliformes Fecales, usando Métodos estándar de la AWWA. Las pruebas se realizaron con las muestras de agua antes y después del filtrado. A continuación se observa fotografía del frasco usado para muestreo de agua para la determinación de contenido bacteriológico



Figura N°18: Fotografía de frasco para muestreo de agua para la determinación de Contenido bacteriológico
Fuente: Elaboración propia

4.7.1. Propiedades Físicoquímicas del agua

Se realizaron muestreos de agua de consumo humano en los siguientes puntos: Ocoña, Huacapuy, La Punta, Quilca-Plaza, Quilca-Caletá, situados en Camaná y se realizaron las siguientes determinaciones Físicoquímicas de las aguas antes y después de filtrar: pH, conductividad, turbiedad, aniones, obteniéndose los resultados que se observan en la Tabla N° 2 y Tabla N° 3:

Tabla N° 2: Propiedades Fisicoquímicas del agua antes de filtrar

Determinaciones	Ocoña	Huacapuy	La Punta	Quilca-Plaza	Quilca-Caleta
pH	7.7	7.8	7.8	7.9	7.8
Conductividad (μS)	620	1180	1590	5260	5050
Turbiedad (NTU)	0.64	0.72	0.70	0.80	0.64
Cloruros (Cl^-) mg/L	55.23	112.00	146.30	1344.60	1356.67
Sulfatos (SO_4^{2-}) mg/L	147.19	236.32	345.20	1611.60	1621.40
Fluoruros (F^-) mg/L	0.36	0.43	0.46	0.48	0.48
Nitratos (NO_3^-) mg/L	4.79	4.83	10.95	38.29	37.27
Nitritos (NO_2^-) mg/L	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002
Fosfatos (PO_4^{3-}) mg/L	0.28	0.21	0.16	0.07	0.17

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3: Propiedades Fisicoquímicas del agua después de filtrar

Determinaciones	Ocoña	Huacapuy	La Punta	Quilca-Plaza	Quilca-Caleta
pH	7.6	7.7	7.6	7.9	7.7
Conductividad (μS)	620	520	570	840	872
Turbiedad (NTU)	0.63	0.43	0.36	0.29	0.30
Cloruros (Cl^-) mg/L	54.97	96.40	102.56	81.57	87.05
Sulfatos (SO_4^{2-}) mg/L	141.62	156.45	205.20	234.90	251.70
Fluoruros (F^-) mg/L	0.35	0.41	0.44	0.47	0.46
Nitratos (NO_3^-) mg/L	4.70	4.81	10.91	15.72	13.86
Nitritos (NO_2^-) mg/L	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002
Fosfatos (PO_4^{3-}) mg/L	0.24	0.19	0.13	< 0.002	< 0.002

Fuente: Elaboración propia

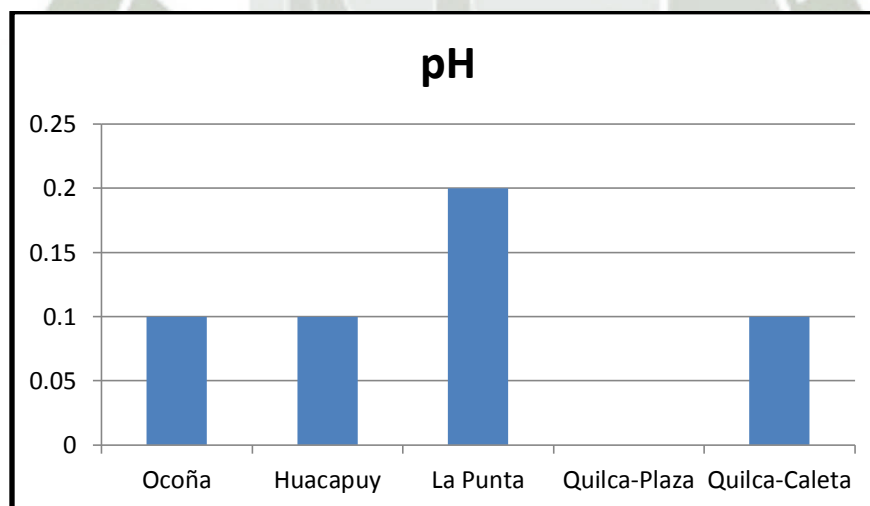
A continuación tenemos la Tabla N°4 donde se hace la Diferencia en las Propiedades Físicoquímicas del agua antes y después de filtrar.

Tabla N° 4: Diferencia en las Propiedades Físicoquímicas del agua antes y después de filtrar

Determinaciones	Ocoña	Huacapuy	La Punta	Quilca-Plaza	Quilca-Caleta
pH	0.1	0.1	0.2	0	0.1
Conductividad (μS)	0	660	1020	4420	5178
Turbiedad (NTU)	0.01	0.29	0.34	0.51	0.34
Cloruros (Cl) mg/L	0.26	15.60	43.74	1263.03	1269.62
Sulfatos (SO_4^{2-}) mg/L	5.57	78.87	140.0	1376.70	1369.70
Fluoruros (F⁻) mg/L	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02
Nitratos (NO_3^-) mg/L	0.09	0.02	0.04	22.57	23.41
Nitritos (NO_2^-) mg/L	0	0	0	0	0
Fosfatos (PO_4^{3-}) mg/L	0.04	0.02	0.03	0.698	0.168

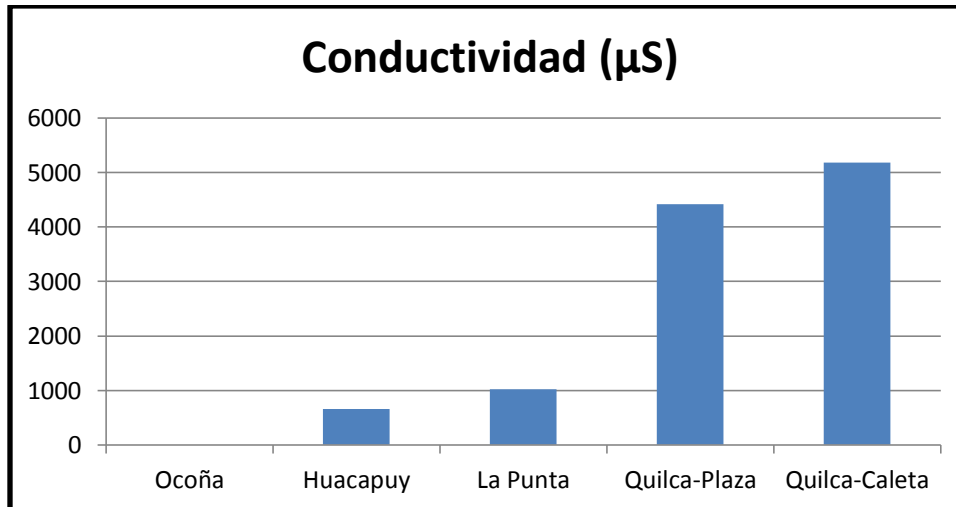
Fuente: Elaboración propia

A continuación tenemos la graficas de la Diferencia en las Propiedades Físicoquímicas del agua antes y después de filtrar.



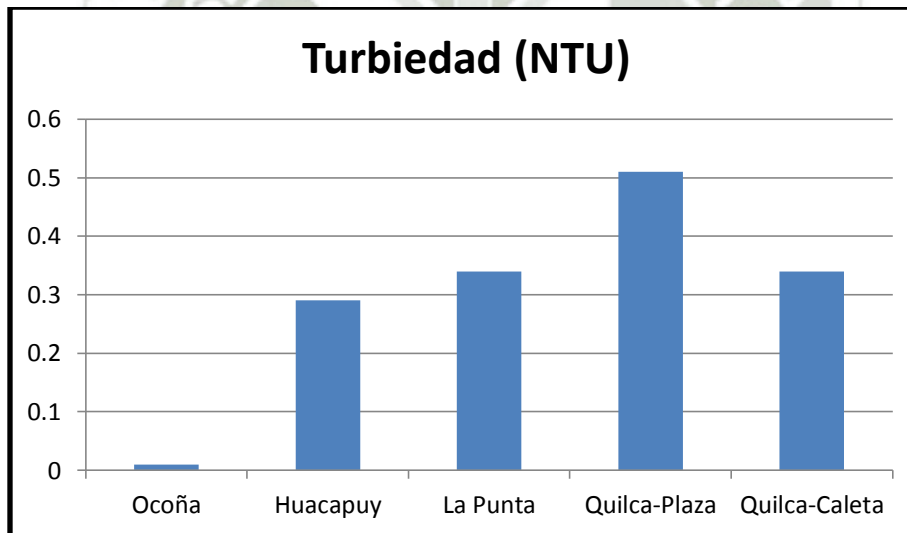
Grafica N° 1: Diferencia en el pH del agua antes y después de filtrar
Fuente: Elaboración propia

Como se observa, el pH de las aguas disminuye entre 0.0 en Quilca-Plaza a 0.2 en el agua de la Punta.



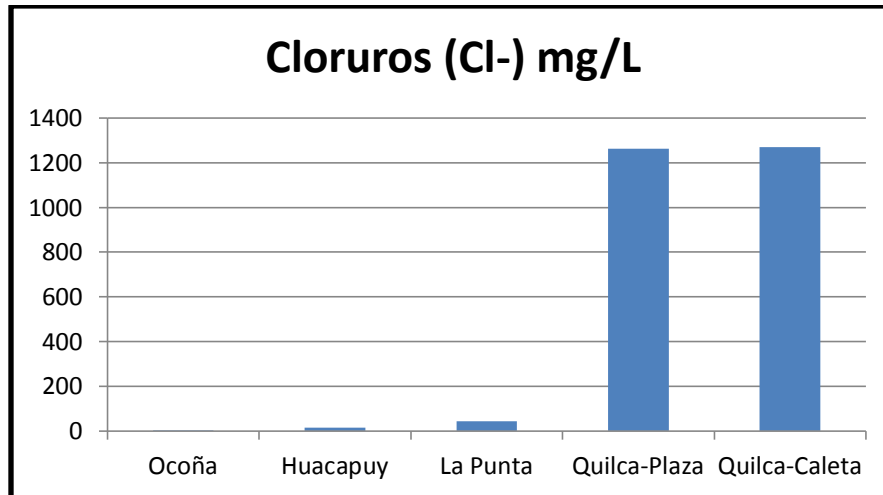
Grafica N° 2: Diferencia en la conductividad del agua antes y después de filtrar
Fuente: Elaboración propia

Como se observa, la conductividad de las aguas disminuye entre 0.0 en Ocoña a 5176 (µS), en Quilca- La Caleta



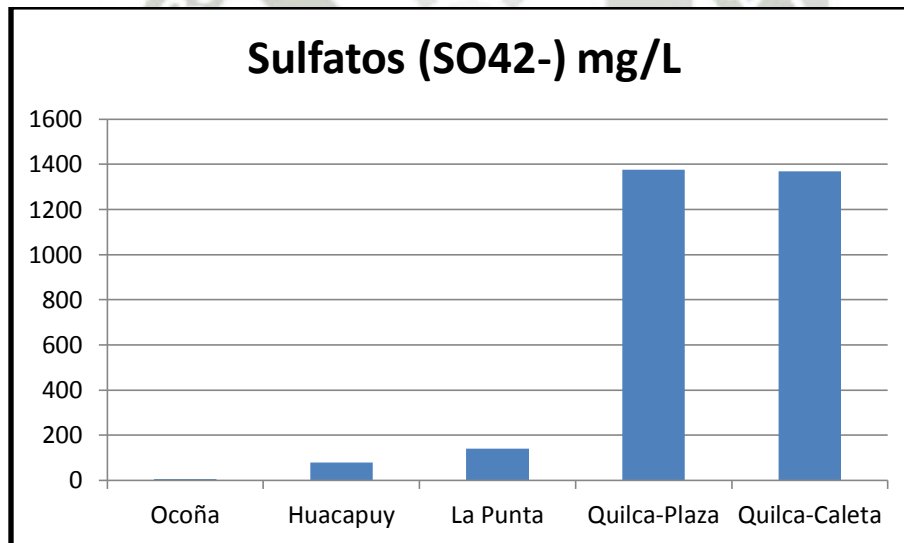
Grafica N° 3: Diferencia en la turbiedad del agua antes y después de filtrar Fuente:
Elaboración propia

Como se observa, La turbiedad de las aguas disminuye de 0,01 en Ocoña a 0.51 NTU, en la Plaza de Quilca.



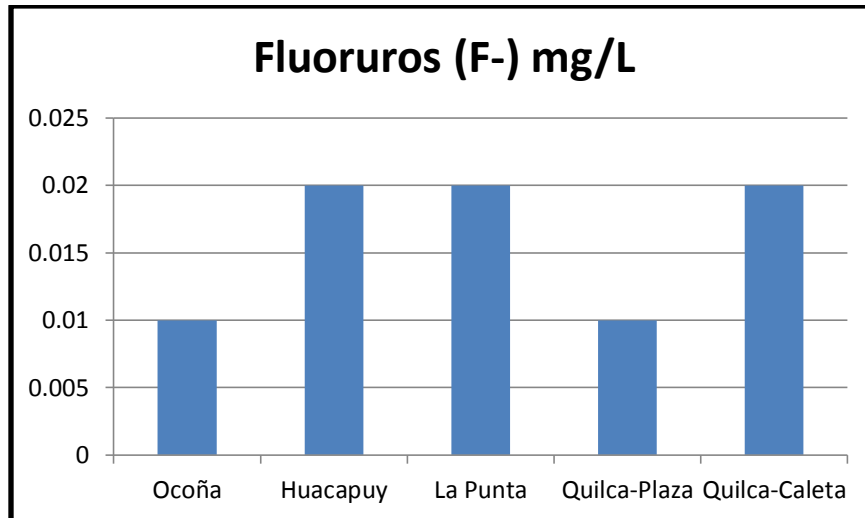
Grafica N° 4: Diferencia en los cloruros del agua antes y después de filtrar
Fuente: Elaboración propia

Como se observa, Los cloruros de las aguas disminuyen entre 0.26 en Ocoña a 1269.62 (mg/L), en Quilca, La Caleta



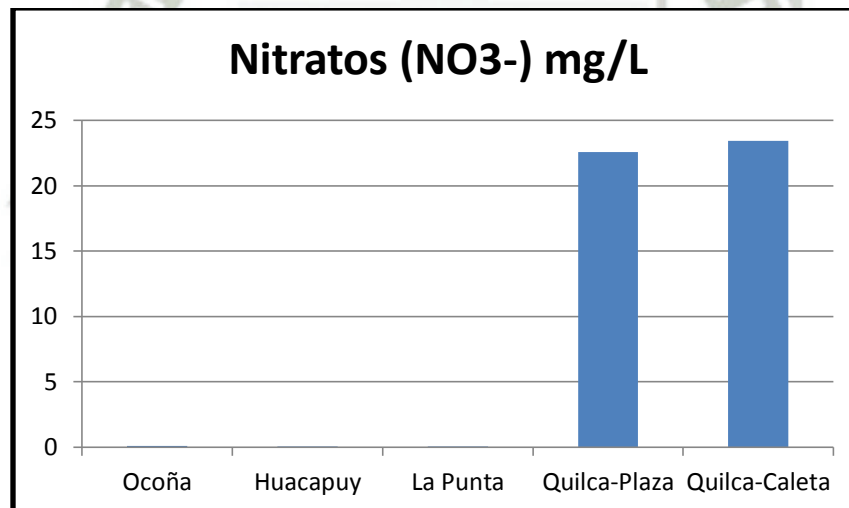
Grafica N° 5: Diferencia en los sulfatos del agua antes y después de filtrar
Fuente: Elaboración propia

Como se observa, Los sulfatos de las aguas disminuye entre 5.57 en Ocoña a 1369.70 (mg/L), en Quilca, La Caleta



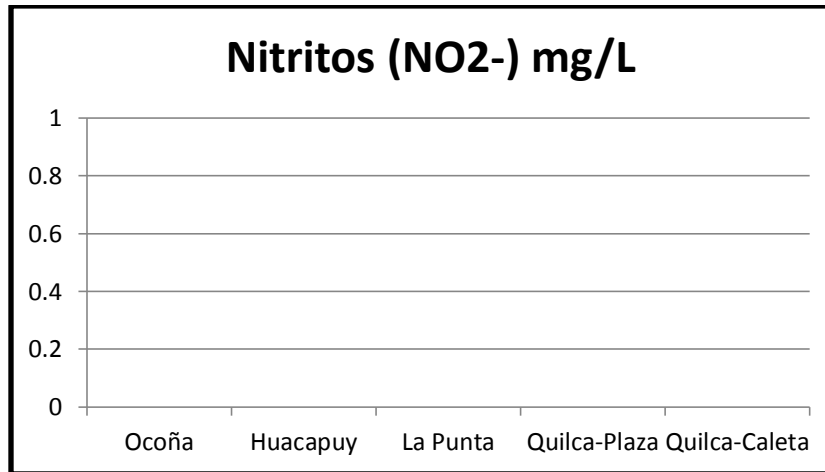
Grafica N° 6: Diferencia en Fluoruros del agua antes y después de filtrar
Fuente: Elaboración propia

Como se observa, Los fluoruros de las aguas disminuyen entre 0.01 en Ocoña y Quilca Plaza a 0.02 (mg/L), en Quilca-La Caleta



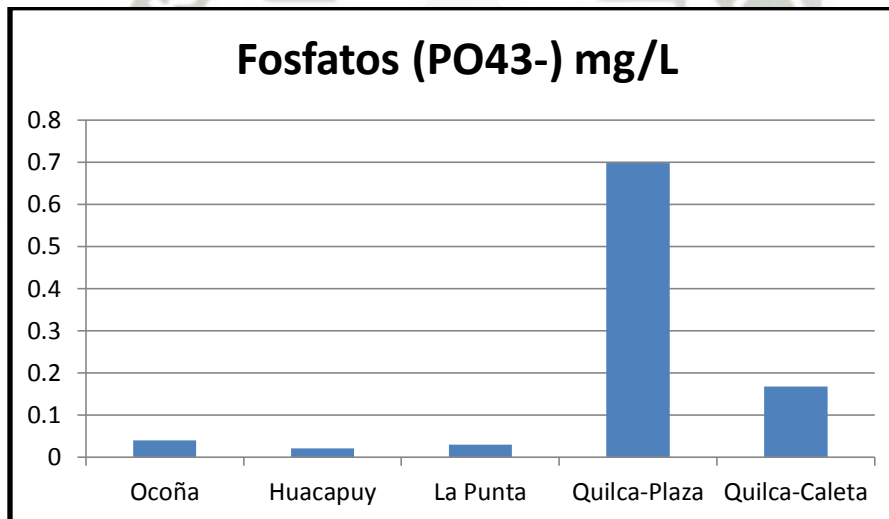
Grafica N° 7: Diferencia en Nitratos del agua antes y después de filtrar
Fuente: Elaboración propia

Como se observa, Los nitratos de las aguas disminuyen entre 0.02 en Ocoña, Huacapuy, La Punta a 23.41 (mg/L), en Quilca- La Caleta.



Grafica N° 8: Diferencia en Nitritos del agua antes y después de filtrar
Fuente: Elaboración propia

Como se observa, Los nitritos de las aguas no disminuyen ya que están en una cantidad muy baja < 0.002 (mg/L).



Grafica N° 9: Diferencia en Fosfatos del agua antes y después de filtrar
Fuente: Elaboración propia

Como se observa, Los fosfatos de las aguas disminuyen entre 0.02 en Huacapuy a 0.698 (mg/L), en Quilca-Plaza.

A continuación tenemos la tabla de la discusión de resultados en cada variable:

Tabla N° 5: Discusión de resultados en cada variable

Determinaciones	Ocoña	Huacapuy	La Punta	Quilca-Plaza	Quilca-Caleta
pH	El pH de las aguas disminuye entre 0.0 en Quilca-Plaza a 0.2 en el agua de la Punta.				
Conductividad (μS)	La conductividad de las aguas disminuye entre 0.0 en Ocoña a 5176 (μS), en Quilca-La Caleta				
Turbiedad (NTU)	La turbiedad de las aguas disminuye de 0,01 en Ocoña a 0.51 NTU, en la Plaza de Quilca				
Cloruros (Cl) mg/L	Los cloruros de las aguas disminuye entre 0.26 en Ocoña a 1269.62 (mg/L), en Quilca-La Caleta				
Sulfatos (SO_4^{2-}) mg/L	Los sulfatos de las aguas disminuye entre 5.57 en Ocoña a 1369.70 (mg/L), en Quilca-La Caleta				
Fluoruros (F^-) mg/L	Los fluoruros de las aguas disminuyen entre 0.01 Ocoña y Quilca Plaza a 0.02 (mg/L), en Quilca-La Caleta				
Nitratos (NO_3^-) mg/L	Los nitratos de las aguas disminuyen entre 0.02 Ocoña, Huacapuy, La Punta a 23.41 (mg/L), en Quilca-La Caleta				
Nitritos (NO_2^-) mg/L	Los nitritos de las aguas no disminuyen, ya que se encuentran en una cantidad muy baja < 0.002 (mg/L).				
Fosfatos (PO_4^{3-}) mg/L	Los fosfatos de las aguas disminuyen entre 0.02 en Huacapuy a 0.698 (mg/L), en Quilca-Plaza.				

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N° 5, se observa que los nitritos no disminuyen ya que se encuentran en muy pequeña cantidad; los fluoruros disminuyen en pequeña cantidad, entre 0.01 a 0.02 mg/L; los sulfatos disminuyen en mayor cantidad, entre 5.57 a 1369.70 mg/L, así mismo los cloruros disminuyen entre 0.26 a 1269.62 (mg/L). Esto nos permite confirmar que mediante estos filtros podemos eliminar sales en las aguas de consumo de estas poblaciones rurales.

4.7.2. Propiedades Microbiológicas del agua

Se realizaron muestreos de agua de consumo humano en los siguientes puntos: Ocoña, Huacapuy, La Punta, Quilca-Plaza, Quilca-Caleta y se realizaron las siguientes determinaciones Microbiológicas de las aguas antes y después de filtrar: Coliformes termotolerantes o fecales, Coliformes totales; obteniéndose los resultados que se observan en la tabla N° 6 y tabla N° 7:

Tabla N° 6: Propiedades Microbiológicas del agua antes de filtrar

Lugares Determinaciones	Ocoña	Huacapuy	La Punta	Quilca-Plaza	Quilca-Caleta
Coliformes termotolerantes o fecales (NMP /100ml)	<1.1	<1.1	11	92	<1.1
Coliformes totales (NMP /100ml)	<1.1	<1.1	1.6	2.2	<1.1

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7: Propiedades Microbiológicas del agua después de filtrar

Lugares Determinaciones	Ocoña	Huacapuy	La Punta	Quilca-Plaza	Quilca-Caleta
Coliformes termotolerantes o fecales (NMP /100ml)	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1
Coliformes totales (NMP /100ml)	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1

Fuente: Elaboración propia

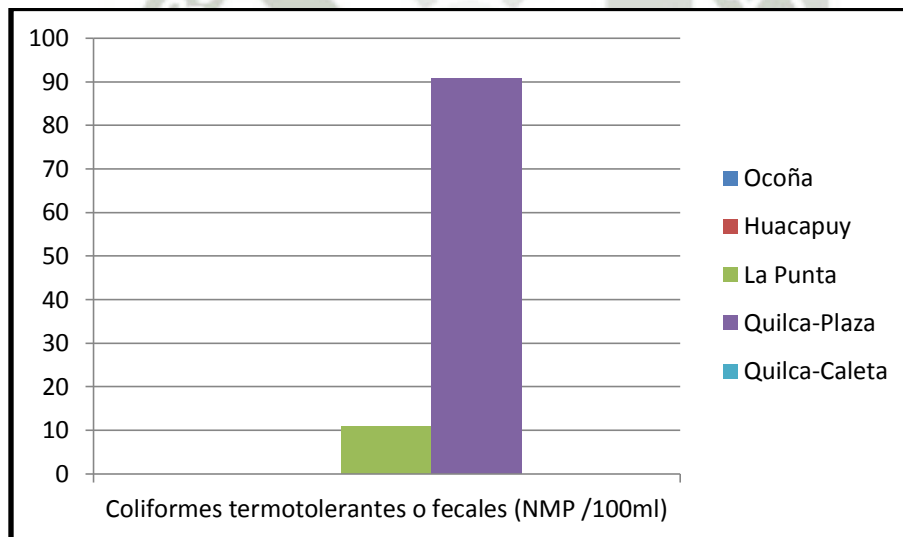
A continuación tenemos la Tabla N°8 donde hacemos la Diferencia en las Propiedades Microbiológicas del agua antes y después de filtrar.

Tabla N° 8: Diferencia en las Propiedades Microbiológicas del agua

Lugares Determinaciones	Ocoña	Huacapuy	La Punta	Quilca-Plaza	Quilca-Caleta
Coliformes termotolerantes o fecales (NMP /100ml)	0	0	10.9	90.9	0
Coliformes totales (NMP /100ml)	0	0	0.5	1.1	0

Fuente: Elaboración propia

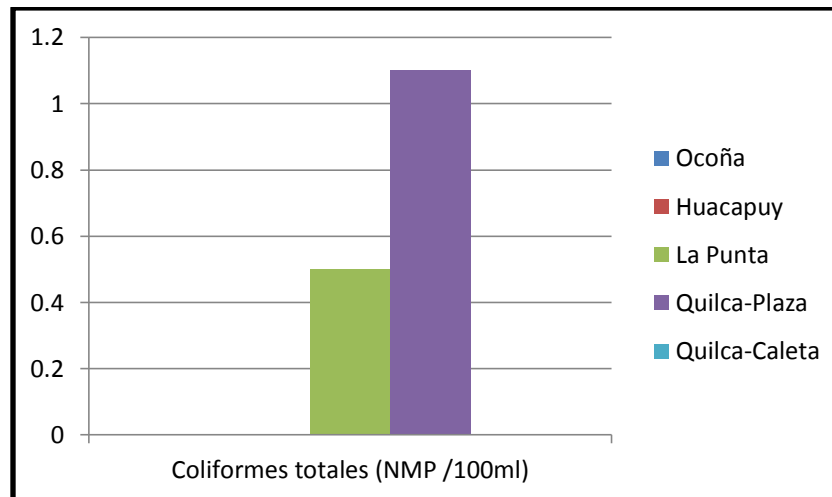
A continuación tenemos la graficas de la Diferencia en Propiedades Microbiológicas del agua antes y después de filtrar.



Grafica N° 10: Diferencia en coliformes termo tolerantes o fecales (NMP/100ml) del agua antes y después de filtrar

Fuente: Elaboración propia

Como se observa, las bacterias coliformes termo tolerantes o fecales (NMP/100ml) del agua antes y después de filtrar disminuyen entre 10 en La Punta a 90, en Quilca-Plaza, en los otros lugares no se encontró valores representativos de las bacterias antes y después de filtrar, por lo que la diferencia es cero y no se observa en la gráfica.



Grafica N° 11: Diferencia en coliformes totales (NMP/100ml) del agua antes y después de filtrar

Fuente: Elaboración propia

Como se observa, las bacterias coliformes totales (NMP/100ml) del agua antes y después de filtrar disminuyen entre 0.5 en La Punta a 1.1, en Quilca-Plaza, en los otros lugares no se encontró valores representativos de las bacterias antes y después de filtrar, por lo que la diferencia es cero y no se observan en la gráfica. A continuación tenemos una tabla de la discusión de los resultados:

Tabla N° 9: Discusión de resultados en cada variable

Determinaciones	Ocoña	Huacapuy	La Punta	Quilca-Plaza	Quilca-Caleta
Coliformes termotolerantes o fecales (NMP /100ml)	Las bacterias coliformes termo tolerantes o fecales (NMP/100ml) del agua antes y después de filtrar disminuyen entre 10 en La Punta a 90 en Quilca-Plaza.				
Coliformes totales (NMP /100ml)	Las bacterias coliformes totales (NMP/100ml) del agua antes y después de filtrar disminuyen entre 0.5 en La Punta a 1.1, en Quilca-Plaza.				

Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestran los estándares de agua para consumo humano según el Ministerio de Salud (MINSA):

Tabla N° 10: Estándares del Agua para consumo humano

Determinaciones	Límite Máximo Permissible
pH	6.5 a 8.5
Conductividad (μS)	1500
Turbiedad (NTU)	5
Cloruros (Cl^-) mg/L	250
Sulfatos (SO_4^{2-}) mg/L	250
Fluoruros (F^-) mg/L	2
Nitratos (NO_3^-) mg/L	50
Nitritos (NO_2^-) mg/L	2
Fosfatos (PO_4^{3-}) mg/L	0.7
Coliformes termotolerantes o fecales (NMP /100ml)	1.8
Coliformes totales (NMP /100ml)	1.8

Fuente: Ministerio de Salud (MINSA)

A continuación se muestra la comparación de los valores antes y después de filtrar con los límites máximos permitidos para cada uno de los lugares donde se tomaron las muestras de agua.



Tabla N° 11: Comparación de los resultados antes y después de filtrar con los estándares de agua para consumo humano

Determinaciones	Límite Máximo Permisible	Ocoña		Huacapuy		La Punta		Quilca-Plaza		Quilca-Caleta	
		Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
pH	6.5 a 8.5	7.7	7.6	7.8	7.7	7.8	7.6	7.9	7.9	7.8	7.7
Conductividad (μ S)	1500	620	620	1180	520	1590	570	5260	840	5050	872
Turbiedad (NTU)	5	0.64	0.63	0.72	0.43	0.7	0.36	0.8	0.29	0.64	0.3
Cloruros (Cl-) mg/L	250	55.23	54.97	112	96.4	146.3	102.56	1344.6	81.57	1356.67	87.05
Sulfatos (SO ₄ ²⁻) mg/L	250	147.19	141.62	236.32	156.45	345.2	205.2	1611.6	234.9	1621.4	251.7
Fluoruros (F-) mg/L	2	0.36	0.35	0.43	0.41	0.46	0.44	0.48	0.47	0.48	0.46
Nitratos (NO ₃ ⁻) mg/L	50	4.79	4.7	4.83	4.81	10.95	10.91	38.29	15.72	37.27	13.86
Nitritos (NO ₂ ⁻) mg/L	2	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002
Fosfatos (PO ₄ ³⁻) mg/L	0.7	0.28	0.24	0.21	0.19	0.16	0.13	0.07	< 0.002	0.17	< 0.002
Coliformes termotolerantes o fecales (NMP /100ml)	1.8	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	11	<1.1	92	<1.1	<1.1	<1.1
Coliformes totales (NMP /100ml)	1.8	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	1.6	<1.1	2.2	<1.1	<1.1	<1.1

Fuente: Elaboración Propia

4.8. Medida de la velocidad de flujo del filtro:

Se determinó la velocidad de flujo, colocando en el filtro 100 ml del agua en estudio y se registró el tiempo que se necesita para filtrar los 100 ml de agua filtrada, obteniéndose los siguientes resultados, en la tabla N°10:

Tabla N° 12: Determinación de la velocidad de flujo del filtro

Filtro	Tiempo (min.)	Volumen de agua (ml.)	Velocidad de Flujo del Filtro (ml/min.)
Filtro 1	6	100	16.6
Filtro 2	5	100	20
Filtro 3	5	100	20
			X= 18.8

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N° 11, se obtiene una velocidad de flujo promedio de $X= 18.8$ (ml/min.), lo que se considera como un valor óptimo, pudiéndose eliminar a esta velocidad de flujo, bacterias, virus y sustancias químicas presentes en el agua para consumo humano.

4.9. Análisis de precios

4.9.1. Determinación de costo de producción por unidad de filtro

A continuación se determina el costo por unidad de filtro cerámico, en la Tabla N° 12, teniendo en cuenta la materia prima y los costos de producción

Tabla N° 13: Costo de producción por unidad de filtro

Componen te	Unida d	Cantida d	Valor Unitario S/.	Total S/.
Arcilla	Kg	0.2	5.00	1.00
Aserrín	Kg	0.1	8.00	0.80
Mano de obra	h-día	1.0	40.00	5.00
Matriz	UN	1	1.00	1.00
Cocción	UN	1	2.00	2.00
NPs-plata	L	0.1	8.00	0.80
Total				10.60

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N° 11, se obtiene el costo de producción por unidad de filtro, teniendo un valor de S/. 10.60, lo que se considera como un costo relativamente alto, el costo va a depender de las unidades que se fabriquen, a mayor cantidad de fabricación menor precio.

Además se debe tener en cuenta que, la capacidad de tratamiento por filtro es de 1.5 litros/hora, durante 10 horas diarias como máximo, además está comprobado que como mínimo la vida útil de los filtros es de 6 años, con un uso y mantenimiento apropiados.



CONCLUSIONES

1. Al aplicar el sistema filtrante a base de arcilla y aserrín impregnada con nano partículas de plata, se mejorara la calidad de las aguas contaminadas con bacterias, virus, parásitos y sustancias químicas desarrollando un sistema filtrante de bajo costo, como una tecnología simple, ecológicamente aceptable y económicamente accesible a las poblaciones rurales de bajos recursos.
2. Al caracterizar la arcilla, se encontró que tiene un alto valor de bases intercambiables: 27,84 %, así como alto valor de Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), de 16.60 meq/100g, por lo que será fácil que salgan estas bases o cationes, creando espacios libres para que se ubiquen las nano partículas.
3. Al registrar el Espectro UV-visible de las nanoparticulas de plata, se encontró un máximo de absorbancia entre 410nm y 420 nm, lo que indica presencia de nano partículas de plata esféricas. En el análisis por Dispersión de Luz Dinámica (DLS), se muestra una distribución polidispersa con tamaños entre 6,30 nm y 46,64 nm, tamaño menor a 100 nm. Por lo que se puede confirmar la presencia de nano partículas de plata.
4. Al filtrar las aguas utilizando los filtros hechos con el nanocompósito de arcilla y nanoparticulas de plata, los sulfatos disminuyen entre 5.57a 1369.70 mg/L, así mismo los cloruros disminuyen entre 0.26 a 1269.62 (mg/L). Igualmente, disminuyen las bacterias coliformes totales entre 0.5 a 1.1 (NMP/100 ml) y las bacterias coliformes fecales entre 10 y 90 (NMP/100ml). Por lo que se puede confirmar que aplicando los filtros con el nanocomposito se puede eliminar sales, bacterias coliformes en aguas de consumo humano.
5. Al obtener la velocidad de flujo se tiene un promedio de $X= 18.8$ (ml/min.), lo que se considera como un valor optimo, para poder eliminar bacterias, virus y elementos químicos de aguas para consumo humano.
6. Al determinar el costo de producción por unidad de filtro se obtiene un valor de S/. 10.60, lo que se considera como un costo relativamente bajo, el costo va a depender de las unidades que se fabriquen, a mayor cantidad de fabricación menor precio.

RECOMENDACIONES

1. Para una filtración bacteriana adecuada, el caudal debe ser de 1 cuarto de galón (947 ml) cada una a dos horas (90 min). Si el ritmo es más rápido, las bacterias no filtrarán adecuadamente. Si el ritmo es menor, se tendrá que esperar mucho tiempo para obtener 1L de agua.
2. Seguir con el estudio, realizando el proceso de transferencia de la tecnología en las comunidades rurales de Camaná y otras comunidades, para esto se propone que se planifiquen y ejecuten varias etapas: promoción social y educación sanitaria, evaluación de los costos, promoción del uso masivo del filtro.
3. Promover la creación de una microempresa a nivel regional donde se fabrique los filtros con el nanocomposito, usando recursos no metálicos de la región.



BIBLIOGRAFIA

1. AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). “Calidad del agua. Medio Ambiente”. Tomo 1. Recopilación de Normas UNE. Madrid, 190-200. 1997.
2. Almansi Florencia. “Mejorando la provisión de servicios de agua, saneamiento e higiene para las comunidades urbanas de bajos recursos en América Latina: Caso Guayaquil”. Programa de Agua y Saneamiento para América Latina – Banco Mundial (WSP-BM). 2006.
3. Apaza Hugo " Tratamiento ecológico, una alternativa sustentable para la purificación de aguas contaminadas destinadas al riego de cultivos en Arequipa”. Perú. 2013
4. Alvestégui Alfonso y Justiniano Lucio. “Mejorando la provisión de servicios de agua, saneamiento e higiene para las comunidades urbanas de bajos recursos en América Latina: Caso Santa Cruz de la Sierra”. Programa de Agua y Saneamiento para América Latina – Banco Mundial (WSP-BM). 2006.
5. APHA-AWWA-WEF (2005) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th Edition. Washington DC, 2-1 a 2-3, método 2120 B.
6. Baker, Moses N. “Sewage Purification in America: A Description of the Municipal Sewage Purification Plants in the United States and Canada”. New York City, N.Y.: Engineering Publishing Co. Canadá. (1893).
7. Balcázar Cecilia. “Agua y saneamiento para las zonas Programa de Agua y Saneamiento marginales urbanas de América Latina”. Memoria del taller internacional. Medellín, Colombia. 2008.
8. Balu Alina: “Nanoparticulas soportadas sobre materiales porosos para la síntesis de productos de alto valor añadido”. Cordoba. 2012.
9. Bartolomé J. “El Caolín: composición, estructura, génesis y aplicaciones”. Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (ICMM). Madrid España. 1997.
10. Cardeño Lukas y Londoño Marta: “Síntesis verde de nanopartículas de plata mediante el uso del ajo (*Allium sativum*)” España. 2014

11. Centro de Investigación de Tecnología Apropriada. “Evaluación de filtros artesanales de cerámica roja como sistema de tratamiento de agua para comunidades rurales en Cuba”. Camaguey CENHICA, Centro Nacional de Hidrología y Calidad de las Aguas, Cuba. 2000
12. Chaloupka K, Malam Y, Seifalian A.M. Nanosilver as a new generation of nanoproduct in biomedical applications. Trends in Biotechnology 2010; 28(11): 580-5
13. Chen,C y Chiang C. “Preparation of cotton fibers with antibacterial silver nanoparticles”. Mater Lett. 2008.
14. Cheng D. et al., “ Antibacterial materials of silver nanoparticles application in medical appliances and appliances for daily use”. Chin. Med. Equip. J. 2004.
15. Díaz del Castillo F. “Introducción a los Nanomateriales”. México. 2012.
16. Díaz L. et al., “Arcillas cerámicas: una revisión de sus distintos tipos, significados y aplicaciones”. Instituto Nacional del Carbón (CSIC). Departamento de Química de Materiales. Oviedo. España. 2002.
17. Dirección Regional de Salud. “Análisis de la Situación de Salud Arequipa.” ASIS. 2004.
18. Domínguez Sonia: “Síntesis de nanoparticulas metálicas y de zeolitas para catálisis y separación de gases”. Alicante. España. 2011.
19. Elechiguerra J. et al., “Interaction of silver nanoparticles with HIV-1”. J Nanobiotechnol. 3: 6 2005.
20. Higuera C. et al., “Caracterización de un suelo arcilloso tratado con hidróxido de calcio” Revista Facultad de Ingeniería, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC). Colombia 2012.
21. Juárez Henry, Contreras Juan, Garcia Victor, Herrera Carlos. “Sistematización del proceso de filtros potabilizadores” Guatemala. 2011.
22. Kannan Badri, Natarajan Sakthivel. “Biological synthesis of metal nanoparticles by microbes”. Journal Advances in colloid and interface science. Elsevier Publisher. 2010.
23. Lee H. et al., “A practical procedure for producing silver nanocoated fabric and its antibacterial evaluation for biomedical applications”. Chem. Commun. 2007.

24. Mazariegos F. “Pequeños filtros artesanales para potabilizar agua”. ICAITI. Guatemala. 2005.
25. Monge Miguel: “Nanopartículas de plata: métodos de síntesis en disolución y propiedades bactericidas”. España 2009.
26. Narayanan y Sakthivel “Biological synthesis of metal nanoparticles by microbes” Estados Unidos. 2010.
27. Nieto F. et al., “Física Mineral de los Filosilicatos en el Metamorfismo Incipiente” . Universidad de Granada. España. 2001.
28. Panyman, J y Labhasetwar V. “Biodegradable nanoparticles for drug and gene delivery to cells and tissue”. Rev. Adv Drug Delivery . 2003.
29. Poole C. y Owens F. “Introduction to Nanotechnology” Editorial Wiley. Estados Unidos. ISBN: 978-0-471-07935-4. 2003.
30. Rai M, Yadav A, Gade A. Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials. Elsevier 2009; 27:76-83.
31. Rodríguez Verónica. “Caracterización y evaluación participativa de aspectos biofísicos y socioeconómicos en las micro cuencas El Capiro y El Zapotillo, Guinope, El Paraíso”. 2000.
32. Rubio Ana. “Prueba de la aceptación del filtro de cerámica impregnado con plata coloidal en el barrio Guinope, Honduras. 2001.
33. Sabio Isidra “Evaluación de la calidad, cantidad y fuentes de contaminación del agua de la microcuenca El Ocotal”. Tesis Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras. 2000.
34. Sastry. M. et al. “Biosynthesis of metal nanoparticles using fungi and actinomycete”. Curr. Sci. 2003.
35. Tarazona Andrés “Estudio de la remoción de coliformes en aguas naturales utilizando un filtro tipo cartucho empacado con nanocompositos de fibras de fique con nanopartículas de plata”. Bucaramanga. Colombia. 2011.
36. Universidad Rafael Landívar. “Tecnología de abastecimiento de agua potable con la participación de los beneficiarios, para Guatemala, México y el Caribe”. Anuario 1993. 3. Contra la morbilidad infantil: Filtros artesanales y educación. Revista de Estudios Sociales No. 53. Guatemala. 1995.

37. Vega Z. “Evaluación de la calidad, cantidad y fuentes de contaminación del agua de la microcuenca El Zapotillo”. Honduras. 58 p. 2000.
38. Villanueva Justo: “Síntesis de nanopartículas de oro y plata y estudio de su deposición sobre nano estructuras de base silíceas”. 2012.
39. Zhang, H. et al: “Facile preparation and characterization of highly anti-microbial colloid Ag or Au nanoparticles. Estados Unidos. 2008.
40. Zhang, Y y Sun J. “A study on the bio-safety for nano-silver as anti-bacterial materials”. Chin J Medical Instrument. 2007.

