



Universidad **César Vallejo**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Aplicación de Diatomeas Fosilizadas (*Diatomae*) para la
descontaminación del agua del Caserío de Cantoral, 2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTORA:

Felix Huamanlazo, Arley Jamillesh (ORCID: 0000-0002-5338-172X)

ASESOR:

Mg. Reyna Mandujano, Samuel Carlos (ORCID: 0000-0002-0750-2877)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA - PERÚ

2022

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo de investigación de manera especial a mi madre que ha sabido inculcarme valores y la fortaleza de seguir adelante, de igual manera a mis hermanos que son mi soporte, ya que sin ellos no hubiera sido posible avanzar hasta esta etapa de mi vida profesional.

AGRADECIMIENTO

A mis maestros de la facultad de ingeniería ambiental, por sus consejos, sus enseñanzas y ayuda en mi formación profesional, ya que de manera directa o indirecta fueron los responsables de formar mi actitud y calidad como persona y profesional y poder culminar de mi carrera.

Al Ing. Aquije por su apoyo y colaboración a lo largo de este trabajo de investigación con su respaldo y su amistad.

A mis padres que han sido mis mejores maestros durante esta etapa de mi vida y a dios que fue mi principal apoyo y motivación para cada día continuar.

Este es un momento muy especial que espero perdure por el tiempo, no solo en las mentes de las personas a quienes agradecí, sino también a los que aportaron de una u otra manera en este trabajo de investigación, algunas se encuentran aquí conmigo y otras en mis recuerdos, gracias por formar parte de mi vida.

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	25
3.1 Tipo y diseño de investigación	25
3.2. Variables y operacionalización	25
3.3. Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis	25
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	26
3.5. Procedimientos	27
3.6. Método de análisis de datos	34
3.7. Aspectos éticos	34
IV. RESULTADOS	36
V. DISCUSIÓN	44
VI. CONCLUSIONES	46
VII. RECOMENDACIONES	48
REFERENCIA	46
ANEXOS	55

Índice de tablas

Tabla 1: Muestreo de turbidez	30
Tabla 2: Conductividad en muestras	31
Tabla 3: Evaluación con el circuito eléctrico a distintas dosis	32
Tabla 4: Evaluación de acuerdo a resultados finales de turbidez	36
Tabla 5: Resultados de la medición del pH	39
Tabla 6: Lectura de análisis microbiológicos	40
Tabla 7: Comparación entre ECA y post tratamiento	43

Índice de figuras

Figura 1: Ilustración de un absorbente	11
Figura 2: Esquema del <i>opuntia ficus indica</i>	14
Figura 3: Esquema de cómo se anulan las cargas en los coloides	18
Figura 4: Efecto de puente de las partículas en suspensión	19
Figura 5: Fases de la coagulación	20
Figura 6: Fases de la coagulación 2	20
Figura 7: Doble capa de una partícula coloidal	21
Figura 8: Técnicas e instrumentos de recolección de datos	27
Figura 9: Diagrama del proceso físico –químico	28
Figura10: Elaboración del circuito eléctrico	31
Figura11: Esquema del filtro	33
Figura12: Relación dosis-turbidez	36
Figura13: Comparación de resultados de Ph	40
Figura14: Comparación de resultados de análisis (c.termotolerantes)	41
Figura15: Comparación de resultados de análisis (c.totales)	42

RESUMEN

El agua es considerada un recurso importante y escaso, las descargas descontroladas a la red municipal son la principal fuente de organismos patógenos tales como coliformes totales y termotolerantes los cuales son una preocupación a la salud pública. El agua que recorre la acequia del sector de cantoral, viene arrastrando un sin número de materiales contaminantes, y es esta misma agua que los pobladores utilizan para el regadío de sus cultivos.

El objetivo de esta investigación es comprobar la eficiencia de este tratamiento aplicando el mucílago de la penca de tuna como coagulante natural y la tierra de diatomeas como un filtro, evaluando su capacidad de disminuir los microorganismos patógenos.

Los resultados fueron analizados mediante el diseño cuasi experimental con pre pruebas y pos pruebas.

Inicialmente, se tomó una muestra de agua para evaluar los parámetros microbiológicos (Coliformes Termotolerantes y Escherichia coli) y físicos (pH y turbidez)

Como primera etapa se utilizó el gel de la penca para disminuir la turbidez, las pruebas se realizaron en distintas dosis: 5, 10, 15,20 y 25ml de mucílago. En comparación con la turbidez inicial la dosis de 10 ml obtuvo mejores resultados en un valor de 80% de remoción de la turbidez.

Como segundo tratamiento, En el proceso de filtración se evaluó de acuerdo al espesor de la tierra de diatomeas (5cm, 10cm y 15 cm), se evaluó el tiempo de filtración en cada filtro y la disminución en la presencia de las bacterias coliformes totales y termotolerantes. Dando como resultado del tratamiento con 5cm de TD,y con 10ml del coagulante natural tuvo una gran capacidad de remoción de las bacterias coliformes termotolerantes y con 10 cm de TD hubo una mayor disminución de los coliformes totales.

Palabras clave: filtro, tierra de diatomeas, mucílago, calidad de agua

ABSTRACT

Water is considered an important and scarce resource, uncontrolled discharges to the municipal network are the main source of pathogenic organisms such as total and thermotolerant coliforms, which are a public health concern. The water that runs through the ditch in the cantoral sector has been dragging a number of polluting materials, and it is this same water that the inhabitants use to irrigate their crops.

The objective of this research is to verify the efficiency of this treatment by applying the prickly pear mucilage as a natural coagulant and diatomaceous earth as a filter, evaluating its ability to reduce pathogenic microorganisms.

The results were analyzed using the quasi-experimental design with pre-tests and post-tests.

Initially, a water sample was taken to evaluate microbiological (Thermotolerant Coliforms and Escherichia coli) and physical (pH and turbidity) parameters.

As a first stage, the gel of the penca was used to reduce the turbidity, the tests were carried out in different doses: 5, 10, 15, 20 and 25ml of mucilage. Compared to the initial turbidity, the 10 ml dose obtained better results in a value of 80% turbidity removal.

As a second treatment, in the filtration process it was evaluated according to the thickness of the diatomaceous earth (5cm, 10cm and 15 cm), the filtration time in each filter and the decrease in the presence of total coliform bacteria and thermotolerant. Giving as a result of the treatment with 5 cm of TD, and with 10 ml of the natural coagulant, it had a great capacity to remove thermotolerant coliform bacteria and with 10 cm of TD there was a greater decrease in total coliforms.

Keywords: filter, diatomaceous earth, mucilage, waterq

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad obtener agua de calidad se hace cada vez más difícil debido a la falta de tratamientos adecuados, sumado a esto tenemos los severos problemas de escasez, que atañen a la sociedad, por ello es importante tener en cuenta que el agua es un recurso escaso y esencial para la sociedad y lo utilizamos en todas las actividades productivas.

La contaminación de los recursos hídricos es un problema que podemos encontrarlo en cualquier parte del mundo, Según (OMS, 2017). Por ello las aguas residuales debe ser necesario tratar e implantarlo en todos los países y más en aquellos con un rápido crecimiento demográfico, ya que en algunos años el volumen de aguas residuales aumentará y así con ello la contaminación de nuestras aguas.

La contaminación antropogénica llega afectar mayormente a los cuerpos de agua ya sea subterránea o superficial y en estas descargas de aguas residuales municipales tenemos materia orgánica y los organismos patógenos, y unos de los cuerpos de agua más afectados son los ríos ya que son la principal fuente de agua para muchas personas y entre ellos pequeños agricultores, sin embargo el tratamiento de agua sigue siendo una actividad poco valorada (Mansilla, 2019, p.1).

Debido al crecimiento de la población, el desarrollo urbanístico y sobre todo por la falta de tratamientos eficaces que remuevan en gran medida los contaminantes, muchos cuerpos de agua se están viendo afectadas y con ellos la salud humana y el medio ambiente (Cespedes, 2017, p.12).

Según el Diario (El comercio, 2016) la realización de un estudio realizado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) dio a conocer que de 129 de las 159 cuencas hídricas del país tenían un gran nivel de contaminación con coliformes termotolerantes y también con metales pesados. La alteración natural de estas aguas que están siendo destinadas para el consumo humano y en ciertos sectores para actividades industriales y agrícolas tiene como principal causa el

vertimiento de aguas residuales provenientes de las viviendas que se encuentran cerca a los ríos, por ello la existencia de coliformes es constantes, dijo Paola chinen Guima, que es responsable del área de gestión operativa de la calidad de los recursos hídricos de la ANA, comprendiendo que la contaminación está afectando la calidad de la producción tanto a los pequeños y medianos agricultores.

Con respecto al área profesional, el ingeniero ambiental busca minimizar los daños que afecten el medio ambiente y de los recursos ya que cuenta con los conocimientos necesarios para innovar y así permitir reducir la contaminación que dañan nuestro recurso. Acerca del contexto social, se puede observar que en ciertos puntos de la ciudad las personas utilizan de este recurso para regar sus áreas de cultivo y desconocen las condiciones que se encuentra el agua para el riego, siendo necesario buscar nuevas tecnologías o tratamientos para minimizar estos contaminantes y así obtener un recurso con mejor calidad evitando posibles enfermedades.

Según (Bernal, 2010, p.106) la Justificación teórica tiene como objetivo generar reflexión y debate sobre el conocimiento ya existente y así confrontar ciertas teorías y contrastar resultados. Así en esta investigación, los resultados que se obtengan van a servir para aplicarlo en otro tipo de tratamiento y así contrastar resultados.

En cuanto a la Justificación práctica (Gallardo, 2017, p.33) explica que se da cuando su aplicación ayuda a solucionar un problema en concreto, por lo cual la aplicación de este tratamiento ha sido elaborado con materiales accesibles, pues es una opción para mejorar la calidad del agua reduciendo los contaminantes presentes y así evitar ciertas enfermedades.

Con respecto a la Justificación metodológica, (Gallardo, 2017, p.33) menciona al uso o propuestas de métodos, estrategias y técnicas que pueden generar conocimiento valido, así mismo en este trabajo de investigación su desarrollo ha sido guiado en base a procedimientos de investigaciones realizadas que ya han sido validadas, de tal manera que este trabajo puede ser utilizado para investigaciones futuras.

En cuanto a la Justificación económica, la elaboración de este tratamiento ha sido de bajo costo y con óptimos resultados, ya que a comparación con otros tratamientos similares estos representan un mayor costo, en la elaboración de este tratamiento se utilizaron productos que están al alcance como la tierra de diatomeas y la penca de tuna que son amigables con el medio ambiente.

En cuanto a la justificación ambiental cabe resaltar que este trabajo de investigación busca mitigar el problema de contaminación por microorganismos patógenos y otros materiales de las aguas del caserío de cantoral que son utilizados para riego. De modo que con el empleo de coagulantes naturales como el *Opuntia ficus Indica* cuyo nombre común es la penca de tuna, esta planta tiene propiedades coagulantes-floculante que tiene un comportamiento similar a los ya conocidos coagulantes químicos, gracias a esta propiedad permitió reducir la turbidez formando un agregado de partículas en suspensión. Y así añadir el proceso de filtración con la tierra de diatomeas ya que es un adsorbente biodegradable.

De acuerdo a (Gómez, 2019, p.29) son las metas que comprende en forma global, lo que pretende la investigación. Es por ello que se tiene como objetivo general: Determinar la aplicación de diatomeas fosilizadas para la descontaminación del agua del caserío de cantoral.

Por consiguiente, se tiene como objetivo específico 1: Determinar que la aplicación de diatomeas fosilizadas impactó en la disminución de coliformes termotolerantes en el agua del caserío de cantoral. Objetivo específico 2: Determinar que la aplicación de diatomeas fosilizadas impactó en la disminución de coliformes totales en el agua del caserío de cantoral. Objetivo específico 3: Determinar que la aplicación de diatomeas fosilizadas impactó en el ph del agua del caserío de cantoral.

La hipótesis se construye con creatividad, es la respuesta tentativa al problema de investigación (Baena, 2017, p.57), por ello se presenta la Hipótesis general: la aplicación de diatomeas fosilizadas podrá impactar en la descontaminación del agua del caserío de cantoral.

De manera que se tiene como Hipótesis específico 1: La aplicación de diatomeas fosilizadas podrá impactar en la disminución de coliformes termotolerantes en el agua del caserío de cantoral. Hipótesis específico 2: La aplicación de diatomeas fosilizadas podrá impactar en la disminución de coliformes totales en el agua del caserío de cantoral. Hipótesis específico 3: La aplicación de diatomeas fosilizadas podrá impactar en el ph del agua del caserío de cantoral.

II. MARCO TEÓRICO

(Cespedes, 2017) “Diseño de un Biofiltro hecho a base de algas Diatomeas para la calidad del agua potable a nivel domiciliario”.

Este trabajo surgió de la necesidad de estudiar y buscar alternativas de solución para que el pueblo de Ferreñafe obtenga un agua de calidad, debido a que sus parámetros físicos-químicos están sobre los estándares de calidad ambiental, a causa de sus terrenos que fueron áreas de cultivo anteriormente es por ello que contiene altas concentraciones de sales, de ello surgió la idea de diseñar un Biofiltro a base de diatomeas ,el procedimiento se basó en 7 muestras donde se analizó el pH, alcalinidad, dureza, cloruros, conductividad eléctrica, coliformes totales y fecales , estas fueron comparados con los estándares de calidad.

Se optó en diseñar un Biofiltro que mejore las condiciones actuales, el agua entra sobre la superficie del Biofiltro, luego ocurre la absorción entrando a las partes filtrantes, teniendo luego un efluente con mejores condiciones.

(Caballero, 2017) Elaboración de filtros de diatomita activada con adición de quitosano para la descontaminación de las aguas del rio Chili a nivel de laboratorio, Arequipa-Perú.

Para la elaboración del filtro a base de diatomita se tuvo que recolectar este material del pueblo de subin- Moquegua, posteriormente se caracterizó la diatomita y el Quitosano mediante un análisis de SEM y EDAX para así poder observar su morfología y poder determinar su composición, en cuanto a la muestra de agua filtrada se realizó distintos ensayos físico-químicos para determinar su pH, solidos disueltos, turbidez, conductividad, alcalinidad total, cloruros y metales como plomo, cromo, zinc y arsénico, de esta manera se podrá conocer de forma científica el uso de este componente filtrante.

El filtro se elaboró con materiales reciclables, el material de filtración constó de Diatomita y Quitosano, el lugar de estudio fue el rio Chili que se encuentra a la altura del puente Uchumayo, los resultados obtenidos de este proceso de filtración fue óptimo debido a que se redujo la turbidez, zinc, cromo y la Escherichia Coli presente de 48 a 5 ufc/ml, teniendo en cuenta que este último

se debe a la adición de Quitosano que fue añadido al filtro para mejorar los resultados.

(Mansilla, 2019) Filtro basado en césped seco y diatomita para la reducción de contaminantes en las aguas del río Rímac para riego, El Agustino.

Este filtro tiene como fin mejorar la calidad del agua y poder utilizarlo en áreas verdes. El uso de filtros a partir de materiales de bajo costo resulta ser muy útil y accesible, su importancia radica en la capacidad de remover al 100% el *Escherichia coli* y Coliformes Termotolerantes, y así prevenir enfermedades causadas por estos microorganismos.

En este trabajo de investigación la elaboración del filtro consta de materiales accesibles como la Diatomita reemplazando el uso de la arcilla, además se utilizó el césped seco que actuara como un carbón activado, quiere decir absorbente.

(Mendoza, 2018) Adsorción de la diatomita en la reducción de Cr (VI) en aguas de regadío, Puente Piedra.

En esta investigación se empleó dos tipos de diatomita, una modificada con FeCl y la otra en estado natural, con el objetivo de disminuir el cromo y así dar opción al tratamiento de aguas contaminadas.

Para la preparación de la diatomita se dio en distintas etapas como el lavado, triturado, secado y tamizado y se modificó con el uso de FeCl₃. En cuanto al diseño fue de tipo experimental con 2 tratamientos por 3 dosis, siendo la diatomita modificada con FeCl₃(T) y la diatomita natural (T1), teniendo como dosis de 3, 5 y 10 g/l para cada tratamiento, con una velocidad de agitación de 100 RPM y con tiempo de contacto de 15 minutos.

Al llevar al cabo este tratamiento se demostró que, con la diatomita natural con dosis de 3 gr, obtuvo una remoción de 93 % de Cr (VI), en cuanto a la diatomita modificada tuvo un mejor resultado con la dosis de 3 gr y obtuvo una remoción de 87.56%, lo que nos demuestra que con ambas diatomitas la capacidad de remoción de Cr (VI) es alta.

(Montenegro, 2019). Comparación de la eficiencia del mucílago de *Opuntia ficus indica* y goma de *Caesalpinia spinosa* en la mejora de la calidad de agua residual de camal.

Lo que buscó esta investigación fue comparar y comprobar la eficiencia de 2 recursos vegetales que tienen propiedades hidrocoloides que son el mucilago de la *Opuntia ficus indica* (tuna) y la goma de *Caesalpinia spinosa* (tara) en mejorar la calidad del agua residual del camal.

Se realizó la prueba de jarras con 3 dosis distintas de 40 ml, 60 ml y 80 ml, tomando como muestra 8 lt de agua, en cuanto a los resultados el que tuvo mayor eficiencia fue con la goma de *Caesalpinia spinosa* ya que redujo en un 97% la turbidez con una dosis de 40 ml, cabe resaltar que ambos recursos son de gran utilidad para la remoción de turbidez ya que obtuvieron buenos porcentajes de remoción.

TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA

La diatomita es una roca silíceas, está compuesta por esqueletos fosilizados de las frústulas de las diatomeas. Este material es muy complejo debido a su estructura ya que presenta numerosos poros microscópicos por ello es un material con elevada porosidad también presenta alta permeabilidad y baja densidad por eso sirven como medio de filtración. La dureza de la diatomita pura es de 1 y 1,5 de la escala de Mohs (Caballero, 2017, p.19).

Su fórmula química de la diatomita (común): $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Estas diatomeas las podemos encontrar en las aguas dulces y saladas sirven de alimentación a otros organismos vivos.

Se conoce alrededor de unas 10,000 variedades de diatomeas, en cuanto a su procedencia estas suelen provenir de aguas saladas o dulce. En las de agua dulce es característico su bajo contenido en sílice cristalina, en cambio las diatomeas de aguas saladas tienen un alto contenido de sílice cristalina, siendo de gran utilidad e importancia para los filtros, gracias a sus características tamizantes de los cristales, las partículas son finas de (2-10 μm) (Caballero, 2017, p.19).

Suelen encontrarse libremente como componentes de fitoplancton y también sobre superficies húmedas (muros de piedra, paredes de invernaderos), estas se dividen en 2 tipos según su simetría como las pennadas (simetría bilateral) y las céntricas (simetría central) (Rojas, 2016, p.21)

Las diatomeas pueden adquirirse fácilmente del medio ambiente y transportarse en pequeñas cantidades y proliferar hasta una confluencia deseable. Ellos absorben silicio del medio ambiente y lo depositan en sus paredes celulares formando frústulas que son nanoestructuras silíceas mesoporosas, intrincadas, homogéneas, regularmente espaciadas y permiten además la modificación genética para adaptar la forma de los frústulas y el tamaño de los poros según los requisitos (Mishra, 2017, p.1239).

Las diatomeas son algas unicelulares microscópicas formados por esqueletos silicios que se encuentran en forma solitaria o colonias, al culminar su tiempo de vida las células se desintegran permaneciendo sólo el esqueleto silíceo, que al sedimentar forman depósitos en los fondos del agua, formando un material llamado diatomita (Mendoza, 2018, p.9).

La diatomita es de origen sedimentario inerte y de baja toxicidad que muestra cantidades mínimas de compuestos inorgánicos, como aluminio, hierro, amonio, metales alcalinos y otros componentes menores. La estructura celular elemental consta de moléculas tetraédricas de SiO_4 y AlO_4 dispuestas de tal manera que cada átomo de oxígeno se distribuye entre dos tetraedros adyacentes.

En la composición de estas algas se encuentra una pared celular transparente, con una capa exterior translúcida de cristal sílice, y con otra capa interna de pectina, con una composición química de las paredes de la diatomea (Hernández, 2017, p.169)

El Perú posee gran cantidad de diatomita, esta se debe a la actividad hidrotermal durante el Terciario y principios del Cuaternario, de los cuales la mayor parte se depositaron en la Costa (Ica, Tumbes y Piura) y en la Sierra (Cajamarca, Cusco y Junín).

Los informes y estudios geológicos de la diatomita presente en el Perú son muy escasos o pocos estudiados en ciertos lugares del país, las exploraciones

realizadas en estos últimos años han dado a conocer la dimensión de las cuentas sedimentarias marinas en ciertos puntos de la costa peruana, así como también en ciertos depósitos de la región interandina.

Depósitos de origen marino

- Ica – cuenca de Ocucaje

En el distrito de Santiago de la ciudad de Ica, se encuentra el yacimiento de Ocucaje que está ubicado en el cerro la pampa, aquí se ha encontrado grandes depósitos de diatomita que son de origen marino y las podemos encontrar en formas de capas horizontales acompañadas de margas, arcillas, areniscas y tobas, estas reservas de diatomita se estima que son de aproximadamente 200 millones de toneladas (Caballero, 2017, p.25).

El uso de la tierra de diatomeas en el proceso de filtración se desarrolló durante la segunda guerra mundial, debido a que el ejército de los EE.UU no contaba con instalaciones portátiles para el tratamiento de sus aguas y por ello no podía satisfacer sus necesidades. Estos sistemas de filtración con tierra de diatomeas son muy económicos y de fácil manejo, otras investigaciones han demostrado el beneficio de este componente en la clarificación de soluciones con alto contenido de sólidos y también en el fraccionamiento del plasma humano (ESTRADA, 2016, p.19).

En cuanto a sus propiedades físicas:

- Aspecto macroscópico: Roca purulenta, fina y porosa con aspecto margoso.
- Color por lo regular blanco brillante (en el caso de alta pureza)
 - Blanco (calcinado con fundente)
 - Rosa (calcinado)
 - Gris (sin calcinar)
- Capacidad para absorber líquidos

- Alta resistencia a la temperatura (ESTRADA, 2016, p.20).

La diatomita se presenta en 3 grupos con diferentes tamaños de partículas

- Natural: este grupo se refiere a que no ha sufrido alguna alteración externa
- Calcinados: proceso sin agente químico.
- Calcinados con fundente: este grupo se obtiene por calcinación, puesto a que se adiciona un componente químico

(Canahuire,2020,p.4)

Las particularidades de la diatomita ha generado un amplio como: fertilizantes, adhesivos, insecticidas, plásticos, pinturas, piedras, etc.

Este material presenta muy buenas propiedades, entre la más importantes es su alta porosidad, su resistencia a las altas temperaturas y su capacidad de absorber líquidos (Canahuire, 2020, p.3).

Filtro

Estos filtros son importantes ya que contienen partículas que están constituidos por medios porosos de pequeños diámetros solidas que crean un laberinto de diámetros muy pequeños que sirven para dar camino a ciertas partículas, fluido y otras que van hacer retenidas gracias a su tamaño, afinidad química y geometría, esa es la importancia de un filtro, filtrar materiales menores a los diámetros de los poros.

En ciertos casos, vamos a encontrar componentes del filtro que son materiales reactivos que son utilizados con un doble propósito que es eliminar los contaminantes y también poder filtrar las impurezas del agua o flocs.

Entendiendo así que las características que hay que tener en cuenta en el diseño de un filtro, es el diámetro de partícula, su forma, la presión de trabajo, la velocidad de filtración (Caballero, 2017, p.34).

El filtro tiene como propiedad física la absorción, este mecanismo se basa en que las moléculas, partículas y átomos pasan de una fase a otra, es decir un proceso de separación aplicado por un material poroso, ya que estos absorbentes incluyen macroporos (ancho>50 nm), mesoporos (ancho de 2 a 50

nm) y microporos (ancho < 2nm) permitiendo así el paso o transferencia de la masa (Manzilla, 2019, p.5).

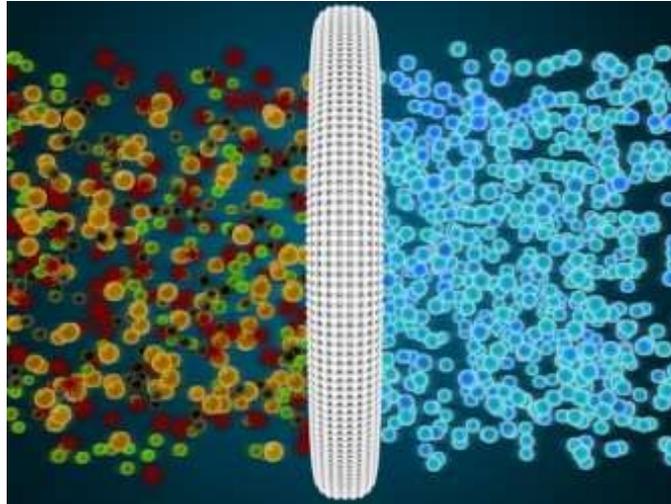


Figura 1: Ilustración de un absorbente (Mansilla y Pazce, 2019,p.4).

- **Filtro de diatomea**

Este filtro resulta ser importante y atractivo gracias a la micro porosidad del material (diatomita), tomando en cuenta el diámetro de la partícula de la diatomea, el material al filtrarse pasa por un macro poro muy pequeño donde se llegan a retener microorganismos y algas en el medio, dando la importancia de este filtro debido a su confiabilidad en la producción

En ciertas actividades como también las de bebidas de consumo, llegan a utilizar este filtro en ciertas etapas de la producción del agua y así mejorar su calidad.

Con respecto a la producción mundial de la diatomita el 61% es utilizado principalmente como filtro, en primer lugar en las bebidas como cerveza, vinos, etc. En las industrias el 39% de este material es utilizado como un agente de carga, destacando la fabricación de pintura y plástico (Caballero, 2017, p.35).

La Diatomita o tierra de diatomeas es característica ya que presenta un color suave y pálido y en su estructura posee alrededor de 80-90% de huecos. En ciertas comunidades donde el acceso al agua es limitado se

están convenciendo de la importancia de utilizar este filtro a costos razonables y con resultados atractivos en los tratamientos.

El filtro de diatomita, eliminan partículas de hasta 0.1 μm sin la necesidad de utilizar coagulantes para desestabilizar. Los hace apropiado para utilizarlos en equipos que sean portátiles. La filtración se da en superficie por micro tamización, donde se llega a formar una película filtrante (ESTRADA, 2016, p.19).

La filtración al inicio es constante, pero mientras avanza el tiempo de filtrado el flujo va disminuyendo gradualmente, dependiendo el tamaño del filtro este llega a filtrar grandes volúmenes y de buena calidad, gracias a los poros que posee este material y de los espacios que hay entre las partículas. (Caballero, 2017, p.32).

Estos filtros con tierra de diatomeas a comparación de otros productos separan físicamente los sólidos que están suspendidos en los líquidos, pueden eliminar con buenos resultados, bacterias, virus, turbidez, algas, manganeso y hierro, como se ha observado en muchos estudios (Chusi, 2014, p.19).

Según estudios y observaciones las diatomitas a pesar de su granulometría llegan a ser consideradas como un suelo fino, al no tener presencia de arcillas, lo que permite que pueda ser utilizado en los procesos de filtración. También hay que tener en cuenta que cuando la tierra de diatomea entra en contacto con el agua, esta se solidifica y presenta una aglomeración por ser químicamente este es un material silicoso (Estrada, 2016, p.19).

Opuntia ficus indica

El Cactus (*Opuntia ficus indica*) es de la familia Cactaceae, es oriunda de América del Sur, puede encontrarse también en Asia, Europa, Australia y África. Las principales características de la (*Opuntia ficus indica*), son las siguientes; tienen tronco leñoso con ramificaciones en forma de copa, son arbustivas tiene

ramas y tallos entrelazados. Están constituidos por proteínas y polisacáridos, estos coagulantes tienen propiedades de coagulación y floculación.

Miden 5 metros de alto, las pencas tienen de 30 a 50 centímetros de ancho y 2 centímetros de espesor, tienen color verde opaco, poseen espinas, flores y frutos de color rojo, amarillo y naranja. Es una planta que crece en terrenos que no son tan fértiles y que tienen escasa humedad y no requiere tierra de calidad, también se ven afectadas por las bajas temperaturas, esta planta es procedente de América, cuenta con 258 especies.

Presenta tronco leñoso y mide entre 20 y 50 cm de diámetro. También se puede observar que sus ramas están constituidas por cladodios que llegan a tener de 30 a 60 cm de largo x 20 a 40 cm de ancho y de 2 a 3 cm de espesor. El nopalito es el nombre que se les da a los cladodios frescos y a los que son adultos se les llama penca.

El proceso de fotosíntesis se da en las pencas que tienen color verde opaco, estas suelen estar cubiertas de pelos o cera favoreciendo así a disminuir en la pérdida de agua, gracias a que poseen abundante parénquima, también se conoce que están protegidas por una cutícula gruesa. Es gracias a esta característica que le es posible almacenar cantidades de agua considerables lo que le permite soportar considerables periodos de sequía. Destacando la función de los mucílagos (hidrocoloides presentes en este tejido) la cual destaca en su capacidad de retener el agua (Silva, 2017, p.30).

Las partes de la *Opuntia ficus indica*, se identifica:

- Cladodio o Penca,
- Espinas
- Flor
- Fruto

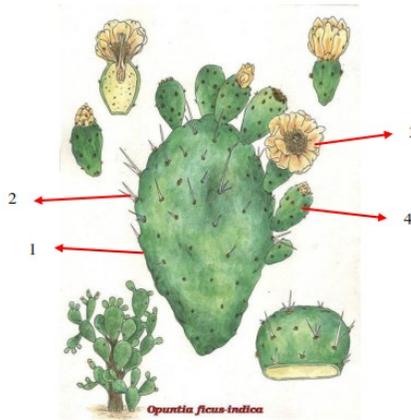


Figura 2: Esquema del Opuntia Ficus Indica (Silva, 2017, p.30)

El Cactus ha sido investigado como coagulante para descontaminar agua residual con colorantes, DBO, turbidez, y altos niveles de iones de metales pesados. La Opuntia ficus cuenta con capacidad de coagulación alta ya que su estructura tiene carbohidratos complejos presentes en los cladodios estos cuentan con buena capacidad de retención de agua. Por lo tanto las partes que se utilizan para clarificación del agua son cladodios y mucílago.

Sugiere que las partes secas y frescas presentan coagulación debido a polielectrolitos naturales viscosos con cargas bajo condiciones ácidas, considerándose como biodegradable, económico y natural para tratamiento de agua (Montenegro, 2019,p.19).

El coagulante principal de esta planta es la baba que es obtenida de las pencas de la tuna, que es utilizado para eliminar la turbiedad o color en el agua superficial y de rio ya que en estudios anteriores se ha observado hasta un 94% de efectividad, siendo incluso comparada con floculantes catiónicos y el de sulfato de amonio que es utilizado como un coagulante (Samame, 2019, p.25).

El país más representativo en la producción y utilización de la cactácea es México, ya que representa una fuente de ingreso tanto económico y alimenticio debido a sus importantes propiedades y a su valor nutricional y esto ha promovido su propagación a nivel mundial.

Esta cactácea se ha extendido en todo el territorio peruano, especialmente en los valles interandinos que por su geografía y clima le han permitido desarrollarse y encontrar una estabilidad productiva, siendo productos de gran

importancia en los sistemas agro-pastoriles de los Andes peruanos (Samame, 2019, p.25).

Taxonomía

Estas plantas se caracterizan por ser arbustivas o rastreras, poseen cladodios en forma de paletas, llamados comúnmente pencas, estas llegan alcanzar 60-70cm de longitud, contiene areolas que son las yemas que están presentes sobre ambas caras del cladodio, y en su cavidad presenta espinas, hasta el momento se ha llegado a identificar 2,000 especies y 125 géneros.

- ✓ Nombre común: Tuna
- ✓ Nombre científico: *Opuntia ficus-indica*
- ✓ Género: *Opuntia*
- ✓ Familia: Cactáceas

Mucílago de la *Opuntia ficus-indica*

Esta planta es importante debido a que produce un hidrocoloide llamado mucilago que contiene polímeros complejos de naturaleza carbohidrato como: Arabinosa, Galactosa, Ramnosa, Acido Galacturonico y xilosa, el grupo de estos monosacáridos forman un polisacárido que es similar a la pectina, y su importancia de este componente es gracias a su poder de coagulación, ya que encapsula y separa los sólidos disueltos en el agua.

Indican que las gomas es el resultado del metabolismo normal de las plantas, producido por algún mecanismo protector la cual tiene la función de sellar las heridas producidas por el ataque de otros organismos (Samame, 2019, p.27).

El opuntia ficus es conocido por su gran producción de mucílago, que sirve para almacenar agua en la planta. Los estudios han referido que contiene carbohidratos tales como L-arabinosa, D-galactosa, L-ramnosa, D-xilosa y ácido galacturónico. Este grupo de hidratos de carbono ha sido materia de estudio como floculante natural (Contreras, 2015, p.42).

Composición química del mucílago.

- ✓ L-Arabinosa 24.6 - 42
- ✓ D-Xilosa 22 - 22.2
- ✓ Ácido D-Galacturónico 8 - 21.7

- ✓ D-Galactosa 21 - 40.1
- ✓ L-Ramnosa 7 - 13.1 (Samame,2019,p.28).

Turbidez

Esta expresada en NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez), indicando la existencia de muchas partículas, tanto como inorgánicas, sedimentos suspendidos o fuentes biológicas. También es definida como la propiedad óptica donde absorbe la luz en vez de transmitirla, causada por la presencia de material coloidal particulado ya sea mineral, arcilloso, o partículas de materia orgánica e inorgánica, así como también algas, plancton y microorganismos, debido que la turbidez está relacionada con el número, masa y concentración de las partículas, teniendo a la arcilla como principal causa de la turbidez, dado que tiene un sin número de compuestos (Moreno,2016, p.9).

Coagulante

Este proceso se da por la unión de partículas pequeñas con el fin de que estas se formen en grandes partículas que toman el nombre de flóculos, tomen peso y así puedan precipitar, por ejemplo están los coloides que son partículas muy pequeñas que ni pasando por un filtro común se llegan a retirar.

Este proceso tiene 3 etapas: en la primera se desestabiliza las partículas, luego el contaminante interacciona con el coagulante y por último se genera la agrupación de partículas. En cuanto a la velocidad de agitación al inicio debe ser fuerte eso va a permitir que el flóculo aumente y tome peso, para que así se pase a la siguiente etapa que es la floculación (Montenegro, 2019, p.21).

En la etapa de coagulación las partículas pequeñas tienden agruparse en otras mayores, que sean más sólidas a las que se van a denominar coágulo, esto permite separarlas más fácilmente (Puertas, 2015, p.9).

Este proceso de coagulación llega a remover porcentajes entre (80 – 90%) de bacterias, virus, y color, evidenciándose una gran disminución en la turbidez del agua. (Samame, 2019, p.21).

La coagulación es el proceso en donde las partículas (aniones) se desestabilizan, se genera neutralización de las fuerzas que mantienen separados a los coloides gracias a la adición de coagulantes de síntesis

química y naturales (la remoción depende del agua a tratar y del compuesto) y la energía de mezclado, la coagulación puede conseguirse por adición de un coagulante generando neutralización de cargas electrostáticas de coloidales presentes en el agua, este proceso permite formar partículas que se puedan sedimentar.

Resalta que el pH en función del coagulante y dependiendo del agua a tratar; si el proceso de coagulación se realiza fuera del parámetro indicado de pH, se debe aumentar la cantidad de polímero, debido a que el pH sufre cambios en función al coagulante y al agua que se va a tratar (Cuadros, 2020, p.25).

En esta figura se observa como las sustancias químicas llegan a anular las cargas eléctricas sobre la superficie del coloide, lo que permite que estas partículas se aglomeren formando los flóculos. Con la adición de la sustancia denominada coagulante, esto ocasiona que las partículas, que solían repelerse antes, lleguen a generar atracción unas a otras o hacia el material agregado (Silva, 2017,p.41).

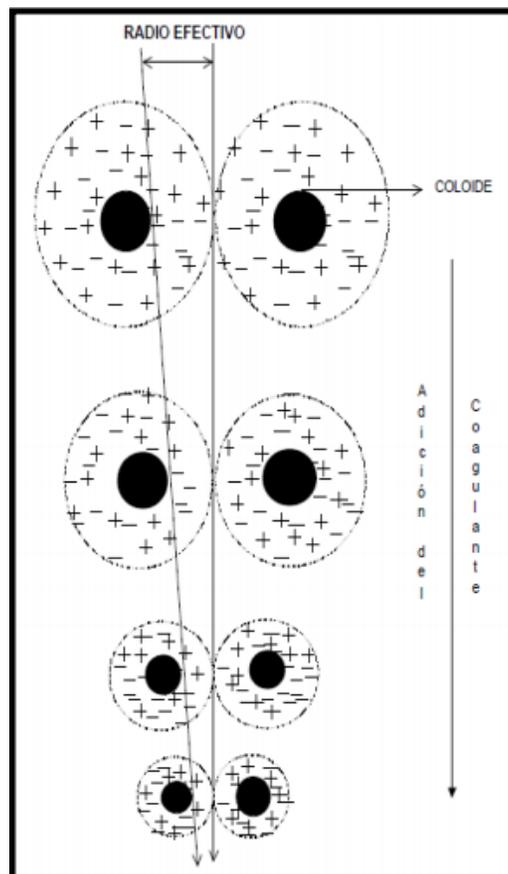


Figura 3: acción de las sustancias químicas de como anulan las cargas eléctricas sobre la superficie del coloide (Silva, 2017, p.41).

Mecanismo de coagulación.

- **Compresión de la doble capa.**

Este mecanismo se da cuando dos partículas semejantes se aproximan, se genera una fuerza de repulsión, cuyo poder de repulsión se genera por la distancia que los separa y cae rápidamente con el incremento de iones de carga opuesta.

- **Adsorción y neutralización de cargas.**

Los coloides presentan carga negativa en su superficie, ocasionando el poder de atracción con los iones positivos que se encuentran en el agua y así forman la primera capa adherida al coloide.

- **Adsorción y puente.**

La molécula de polímero contiene muchos grupos químicos que le va a permitir absorber una partícula coloidal en una de sus extremidades, absorbiendo otras partículas en los sitios libres. Por ello se deduce que las moléculas de los polímeros forman el “puente” entre las partículas coloidales.

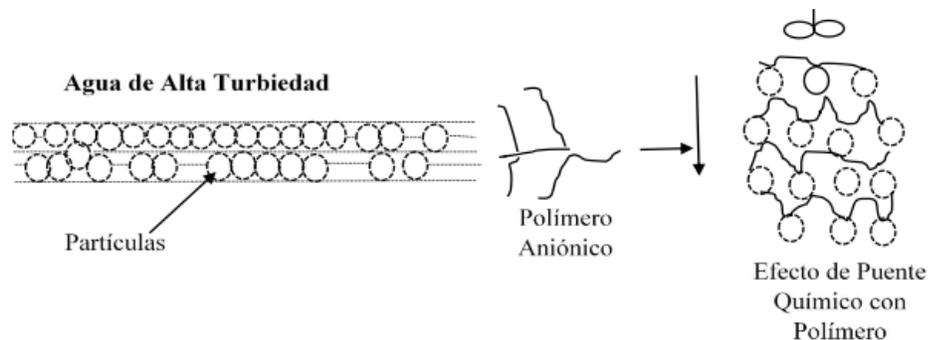


Figura 4: Efecto de puente de las partículas en suspensión (Silva, 2017, p.43).

Tipos de coagulación

Tenemos 2 tipos de coagulación:

- **Coagulación por adsorción:** cuando el coagulante se adiciona al agua turbia que presenta una alta concentración de partículas al estado coloidal, estos absorben los productos solubles de los coagulantes formando de manera instantánea los flóculos.
- **Coagulación por barrido:** se da cuando el agua presenta pequeñas cantidades de partículas coloidales y una baja turbiedad; es en este caso donde las partículas son atrapadas al producirse una sobresaturación de precipitado de sulfato de aluminio o cloruro férrico.

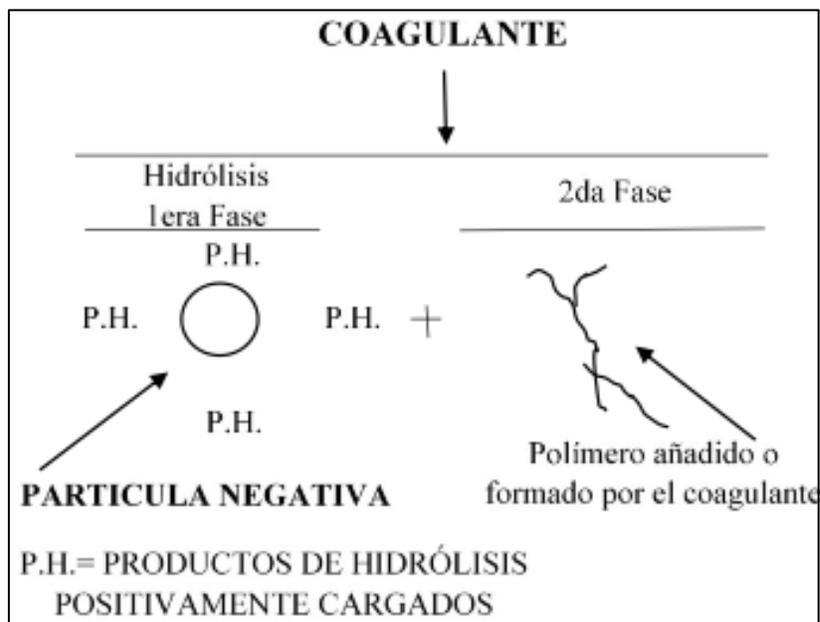


Figura 5: Fases de la coagulación (Silva, 2017, p.50)

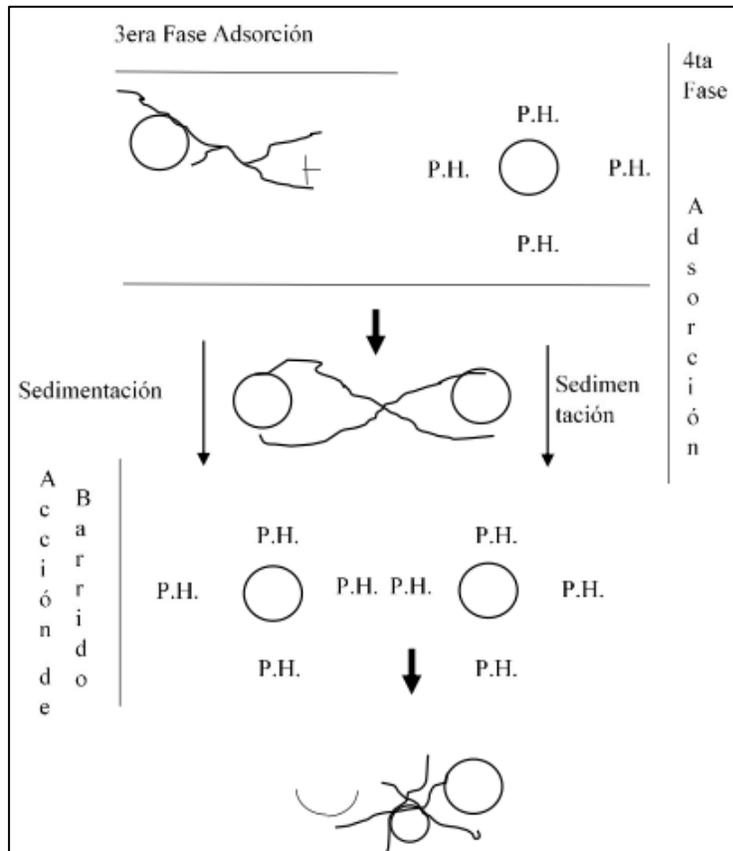


Figura 6: Fases de coagulación (Silva, 2017, p.50).

Coloides

Encontramos 2 tipos de partículas coloidales, hidrofílicas (tienen afinidad por el agua) e hidrofóbicas (es decir que rechazan el agua), las primeras se dispersan con mayor facilidad dentro del agua a diferencia de las partículas hidrofóbicas que su dispersión dentro del agua no es espontánea.

Por lo cual los tratamientos de agua están siendo orientados a eliminar estas partículas coloidales que son los responsables de la turbiedad del agua. Estas tienen una carga eléctrica negativa que se encuentra sobre su superficie, atraen los iones positivos del agua, los cuales se adhieren fuertemente a las partículas.

Se llega a formar una capa adherida o comprimida debido a que los iones se llegan adherir a la partícula generando un desplazamiento con ella, mientras

que los iones que se adhieren débilmente constituyen la capa difusa (Silva,2017,p.39).

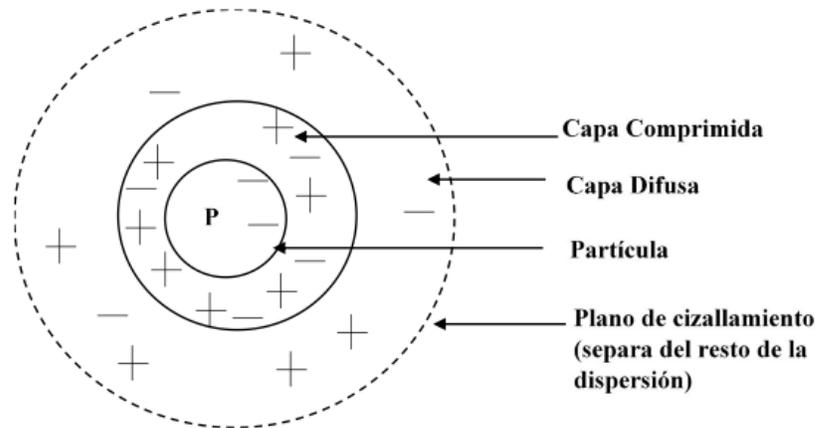


Figura 7: Doble capa de una partícula coloidal (Silva, 2017, p.39).

Principales Coagulantes

✓ Coagulantes Químicos

Entre los más utilizados tenemos el: $Al_2(SO_4)_3$, $Fe_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$ y $NaAlO_2$, que llegan a sufrir algún tipo de alteración frente a un cambio de pH y si no se utilizan en el intervalo requerido su efecto de clarificación disminuye y pueden solubilizar Hierro (Fe) ó Aluminio (Al) teniendo efectos negativos, también puede ser perjudicial para la salud humana cuando se utiliza en concentraciones excesivas.

- Sulfato de Aluminio: este coagulante forma flóculos pequeños que se pueden eliminar fácilmente, actúa en un rango de pH entre 6 y 8, teniendo un porcentaje de efectividad muy alto, siendo así el químico más requerido para el tratamiento de agua sin la necesidad de utilizar aditivos. También tiende a tener alteraciones en la salud humana ya que tienden a generar alergia en los ojos y también es perjudicial al instante de ser inhalado, y cuando se utiliza en altas concentraciones causa daños irreparables a medio acuático.

- Sulfato Ferroso: tenemos al óxido de calcio o cloro, que al ser utilizados tienden a colorear el agua, ayuda a mejorar sus resultados en la eliminación de color y en el intervalo de acción de pH.
- Sulfato Férrico: este coagulante no se utiliza para el tratamiento de agua potable debido a su alta toxicidad, solo se utiliza cuando hay niveles altos de hierro en las aguas residuales a tratar, forma grandes flóculos que genera una remoción con mayor efectividad (Samame, 2019, p.21).

Hoy en día los coagulantes de síntesis química que más se utilizan son el Aluminio y las Sales minerales de Hierro, estos compuestos dejan residuos en los lodos convirtiéndose en un problema ambiental ya que dosis altas resultan tóxicas para el ser humano. Igualmente al ser de demanda comercial tienen un costo alto (Cuadros, 2020, p.25).

✓ **Coagulante natural.**

Es de procedencia orgánica, presentan una mínima o nula toxicidad, son extraídos de ciertas variedades de plantas. Estos productos tienen características similares a los coagulantes químicos, debido a que ayudan en la sedimentación de partículas, siendo utilizado en los tratamientos convencionales de aguas turbias; obteniendo resultados óptimos con su aplicación (Samame,2019,p.25).

Los coagulantes naturales se forman por reacciones bioquímicas generadas en plantas, su estructura química es compleja, están constituidos por proteínas y polisacáridos, estos coagulantes tienen propiedades de coagulación y floculación, muchas comunidades los utilizan para quitar la turbidez del agua obteniendo buenos resultados (Cuadros, 2020, p.25).

Estos coagulantes naturales al ser utilizados en los procesos de clarificación del agua llegan a actuar de manera similar a los coagulantes sintéticos, según investigaciones también han mostrado propiedades

antimicrobianas obteniendo buenos resultados como un floculante de microorganismos en suspensión incluyendo *Bacillus cereus*, *Escherichia coli* y *Bacillus anthracis*, y también en la disminución de metales pesados. Entre sus principales ventajas tenemos la rentabilidad que genera su utilización y lo más importante es que son biodegradables siendo amigables con el medio ambiente (Contreras, 2015, p.42).

Floculante

El proceso de agitación de la masa coagulada se realiza con el objetivo de aumentar el tamaño y peso para que se pueda sedimentar rápidamente. La agitación al inicio debe darse de forma lenta y así se produzca la unión de los flóculos (Montenegro, 2019, p.22).

El mezclado debe ser lento debido a que estos tienden a romperse fácilmente si se llega a realizar un mezclado muy rápido impidiendo una formación de tamaño y fuerza adecuada, para así permitir su decantación (Samame, 2019, p.21).

Parámetros Microbiológicos del Agua

Es importante en toda muestra conocer el tipo, número y como se desarrollan las bacterias en el agua, así conocer enfermedades que podrían ocasionar a los consumidores (Céspedes, 2017, p.17).

Estos estudios han permitido distinguir entre coliformes totales (grupo que incluye a todos los coliformes de cualquier origen) y coliformes fecales (término que se utiliza para designar a aquellos coliformes que son de origen intestinal) (Arroyo,2019,p.5).

Coliformes Fecales o termotolerantes

Son dañinos para la salud, causan enfermedades por el consumo de cuerpos de agua con desechos directos de los mamíferos, estos organismos patógenos incluyen la bacteria Coliformes fecal, así como bacterias, virus y parásitos. Llegando a indicar un riesgo potencial de contaminación ya sea con bacterias o virus de carácter patógeno, haciendo que la persona que consume agua se enferme por problemas estomacales (Céspedes, 2017, p.17).

Coliformes Totales

En este grupo las bacterias aerobias se encuentran con mayor frecuencia, y también las anaerobias facultativas, así como las gramnegativas no formadoras de esporas que fermentan su lactosa formando gases antes de 48 horas a una temperatura de 35 °C. en este grupo se encuentran *Escherichia coli (E. coli)*, *Enterobacter aerogenes*, *Citrobacter freundii* y bacterias afines. Cuando en un cuerpo hay presencia de coliformes se puede decir que está contaminado con materia orgánica de origen fecal. Originado por cualquier ser vivo (Cespedes, 2017, p.17).

La podemos encontrar en el ambiente en cantidades considerables como en el agua, vegetación y suelos y no llegan a estar relacionados directamente con la contaminación fecal y no necesariamente no representan un riesgo significativo para la salud. Son considerados indicadores de degradación de los cuerpos de agua (Arroyo, 2019, p.5).

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación:

- ✓ Aplicada: porque usó principios y leyes conocidas
- ✓ Experimental: porque usamos el método científico de investigación.

Diseño de investigación:

El diseño al cual corresponde esta investigación es pre experimental en la cual según (Hernandez y Mendoza, 2018, p.163) se denominan así porque su grado de control es mínimo, son diseños con un grupo único. Su diseño se basa en pre prueba/post prueba con un solo grupo.

3.2 Variables y operacionalización:

En el presente trabajo se definió como variable independiente a la aplicación de diatomeas fosilizadas, considerando así la variable dependiente a la contaminación por organismo patógenos teniendo como referencia que según Dihigo (2021) “las variables son características, propiedades y cualidades que pueden variar y cuya variación es susceptible de medirse” (p.38).

3.3 Población, muestra y muestreo

En esta investigación se busca la utilización en conjunto de la diatomita y el mucilago de la penca de tuna, para la descontaminación del agua del caserío de cantoral, tiene como población, el agua de la acequia que llega al sector proveniente del río Ica, ubicado en el distrito de Santiago - caserío cantoral que tiene las siguientes coordenadas 14°10'26.9"S 75°43'15.8"W

En cuanto a la muestra es un subgrupo de la población sobre la cual se recolectaran los datos pertinentes (Hernandez y Mendoza, 2018, p.196), por lo tanto la muestra del estudio viene a ser 4 litros de agua de la acequia, lo cual va a representar el agua de la acequia de modo que se podrá inferir y obtener resultados de los análisis físicos y químicos que se realicen.

Para el procedimiento de muestreo se tomó como guía lo establecido en la Resolución Jefatural N 0102016- ANA, ya que nos indica cómo llevar a cabo la toma de muestra y así poder generar una base de datos para poder ser

evaluado y tener en cuenta las acciones a aplicar para remediar los contaminantes existentes en el cuerpo de agua (ANA, 2016, p.4). Para la toma de muestra del agua de la acequia se presentaron ciertos problemas ya que se tuvo que esperar las temporadas de lluvias.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

Implica utilizar instrumentos de medición para obtener información adecuada de las variables de estudio en la muestra (Hernandez y Mendoza, 2018, p.226).

En cuanto a la técnica que se aplicó en este trabajo de investigación fue la observación, puesto que se observó el proceso de la obtención del mucílago de la penca de tuna y la elaboración del filtro a base de tierra de diatomeas.

También otra de las técnicas utilizadas es la que se encuentra en el manual de metodología de muestreo de aguas residuales la cual ha servido para la toma de muestra la cual nos destalla el procedimiento y traslado.

Se registró los resultados obtenidos de los análisis microbiológicos en las siguientes fichas que se encuentran en el **ANEXO 1**.

De esta manera en cuanto al instrumento de recolección de datos se tiene las guías de observación y también entre las fuentes de recolección de datos tenemos las páginas web, libros, videos y sobre todo se recogió información del lugar de estudio. Para realizar esta investigación se realizaron distintas actividades en las cuales se necesitaron distintos instrumentos y técnicas empleadas.

Técnica	Instrumento
Identificación y evaluación del lugar de estudio, acequia del caserío de cantoral, donde se obtuvo las muestras de agua.	Cuaderno de campo y cámara fotográfica
Toma de muestra de agua de la acequia del caserío de cantoral.	Caja de refrigeración, frascos esterilizados y guantes.
Análisis microbiológico de las muestras de agua	Laboratorio Bioslab.
Interpretación de resultados en pre y post test.	Fichas técnicas de los parámetros de aguas para recreación

Figura8: Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Fuente: Elaboración propia

3.5 Procedimientos

Para la realización de este tratamiento físico-químico se dio mediante etapas que se visualizan en la **figura 1**, la primera etapa consta en la obtención de los insumos principales que fueron la tierra de diatomeas y el mucílago de la penca de tuna. Para la obtención del mucílago de la penca de tuna se recolectaron 2 cladodios de tuna jóvenes de aproximadamente 2 años de vida, de áreas dentro del caserío de cantoral, la selección de estos cladodios fue de manera manual y en función del tamaño, grosor y aspecto salubre.

En cuanto a la extracción y preparación de la tierra de diatomeas esta fue extraída del yacimiento de Ocucaje, situado en el cerro La Pampa, en el distrito de Santiago de la ciudad de Ica.

Encontrándose estos depósitos de diatomita en capas horizontales, para la extracción de este mineral se utilizaron equipos convencionales las cuales fueron empleadas de manera manual, se extrajo 5kg de este material.

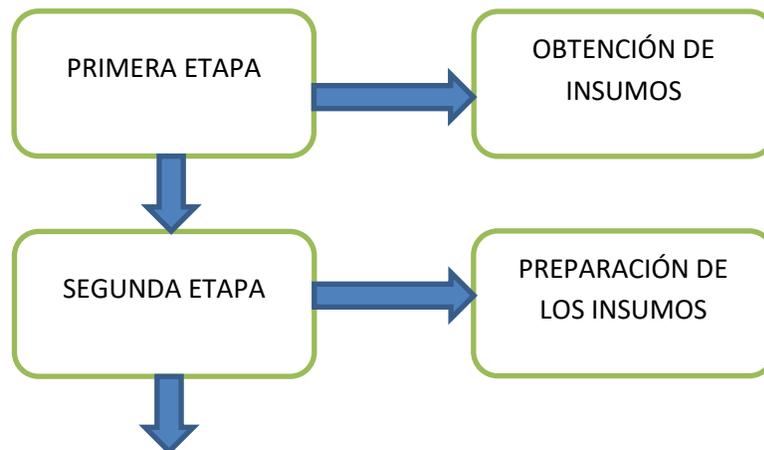
Como segunda etapa se procedió al lavado de los cladodios con abundante agua, se retiraron las espinas y la cutícula de las pencas, se cortó el material en pequeños segmentos y depositado y pesado (500gr) en un recipiente.

Una vez cortada en trozos se incorporó agua destilada en relación 1:2(penca de tuna:agua destilada),posterior a ello se sometió a un calentamiento de 78-80°C, por el tiempo de una hora aproximadamente , para la extracción del gel o mucílago.

Se tomó una pequeña muestra del coagulante de penca de tuna en un vaso precipitado de 50 ml y con la ayuda del pHmetro se obtuvo el ph de la muestra de mucílago, la cual nos indica un ph ácido de 5.5.

En cuanto a la preparación de la tierra de Diatomeas este paso por un proceso de trituración, la cual ayudo a desagregar el material en partículas finas, para luego ser tamizado (tamiz#200) y sin ningún tratamiento químico se obtuvo este material fino en polvo.

La muestra de agua se obtuvo de la acequia que se encuentra dentro del caserío, que es receptor de estas aguas contaminadas, después de identificar el punto de muestreo, con un frasco esterilizado de 500 ml se tomó la muestra la cual fue llevada a laboratorio (BIOSLAB) para poder identificar la cantidad de microorganismos patógenos (Coliformes totales y termotolerantes) presentes y tener esta base de datos inicial.



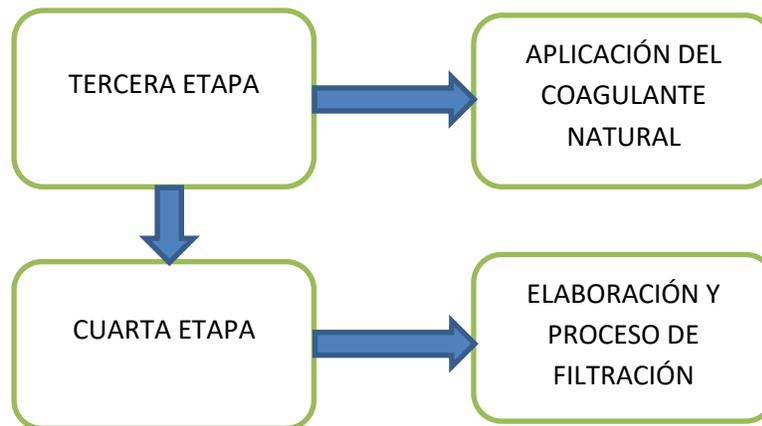


Figura 9: Diagrama del proceso de tratamiento físico-químico.

Fuente: Elaboración propia

Como tercera etapa en este primer tratamiento (coagulación-floculación y sedimentación), para esta prueba se trabajó entre varios rangos de dosificación de coagulante de penca de tuna con el propósito de determinar la dosis adecuada para la remoción de turbidez.

Para el proceso de coagulación se tomaron 5 muestras de agua (150 ml) cada una, la cual se trabajó en 5 dosis respectivamente (5, 10, 15, 20 y 25 ml) de mucilago como coagulante, previamente a este proceso se calibró el turbidímetro, para medir la turbidez de las muestras de agua de acequia para tener como dato inicial y hacer un comparativo.

Se añadieron las dosis de mucilago respectivamente en cada vaso, la mezcla fue manual duro alrededor de 15 minutos con una agitación lenta con el fin de ocasionar una mejor formación de flóculos, se dejó sedimentar por al menos unos 30 minutos, para poder hacer el traspase del agua tratada y realizar la medición de los parámetros físicos indicados como (pH, turbidez y conductibilidad eléctrica).

Al aplicar el coagulante en las muestras de agua se observó lo sucedido, en las dosis de 5 y 10 ml de coagulante se observó una mejor formación de flóculos, la sedimentación fue más rápida y mejoró el color del agua.

En cuanto a las dosis de 15, 20 y 25 ml de coagulante, la formación de flóculos se dio de manera lenta, en menor cantidad a lo esperado y en cuanto

al color no mejoró mucho, la sedimentación se dio de manera lenta, la dosis de 25 ml es poco recomendable ya que mostro una lenta formación de flóculos, no mejoró el agua en cuanto al color y olor.

Se realizaron 3 pruebas de turbidez por dosis para evaluar la efectividad del coagulante y la veracidad de los resultados, como se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 1: Muestreo de turbidez

Muestra	Datos	L1 UNT	L2 UNT	L3 UNT	Lpromedio UNT
M1	Agua de acequia	790	792	790	790
M2	Con 5ml	190.8	191.1	191.0	191.0
M3	Con 10ml	120.5	121.2	120.5	120.5
M4	Con 15ml	238.2	238	238	238
M5	Con 20ml	253.2	253	253	253
M6	Con 25ml	362	362.1	362	362

Fuente: elaboración propia

También se tomó medida del pH con ayuda del PH metro ya calibrado, aquí se consideró la temperatura de la muestra como del ambiente, la medición se realizó en relación al pre y post tratamiento, tomando como primera medición a la muestra de agua sin tratamiento y a las muestras de agua posterior al tratamiento de coagulación con 5 ml, 10ml, 15ml, 20ml, 25ml de mucílago (coagulante natural).

Así mismo se midió la conductividad eléctrica de la muestra inicial como de las muestras ya tratadas con el coagulante, en la siguiente tabla se puede observar las mediciones.

Tabla 2: conductividad en muestras

N°	Medición Us	T ambiente	T muestra
M1(agua de acequia)	114	23 °C	27.4 °C
M2(5ml)	620	23 °C	26.9 °C
M3(10ml)	760	23 °C	26.9 °C
M4(15ml)	1137	23 °C	26.9 °C
M5(20ml)	1315	23 °C	26.7 °C
M6(25ml)	1303	23 °C	26.6 °C

Fuente: elaboración propia

Posterior a ello se realizó la medición con el circuito eléctrico que consta en la adaptación de materiales comunes como un foco, pequeños pedazos de madera como soporte y dos cables, como se observa en la siguiente imagen.



Figura 10: Elaboración del circuito eléctrico

Fuente: elaboración propia

Se tomó 100 ml de muestra del agua sin tratamiento, se depositó en un vaso precipitado en la cual se pudo apreciar que debido a la materia orgánica presente en la muestra inicial se generó una intensidad casi nula.

Se realizó el mismo procedimiento con las muestras resultantes posterior al tratamiento de coagulación, estas presentaron una intensidad de luz mucho mayor debido a que las muestras presentaron menor cantidad de material orgánico o sólidos disueltos en el agua, las cuales se pueden visualizar en la siguiente tabla, se añadieron medidas para darle un valor a la respuesta del circuito frente a las muestras

Tabla 3: Evaluación con el circuito eléctrico a distintas dosis

N°	Volumen 50ml	Ampollas			
		25w	50w	85w	100w
1	Agua residual	IB	IB	IN	IN
2	M1(5ml)	IA	IA	IA	IA
3	M2(10ml)	IA	IA	IA	IA
4	M3(15ml)	IA	IA	IA	IA
5	M4(20ml)	IA	IA	IA	IM
6	M5(25ml)	IA	IA	IA	IM

Fuente: elaboración propia

LEYENDA	Nulo: IN
	Intensidad Baja: IB
	Intensidad Media: IM
	Intensidad Alta: IA

Después de la evaluación de los resultados de los parámetros físicos evaluados se tomó como mejor dosis de coagulante la de 10ml ya que se obtuvo mejores resultados tanto en la eliminación de la turbidez al reducir en un 85% y la neutralización del pH, por ello con estos resultados se pasó al siguiente tratamiento.

En cuanto al cuarto tratamiento tiene como objetivo principal filtrar el material u organismo de menor tamaño y así mejorar la calidad del agua, este material presenta numerosos poros microscópicos, lo cual permitió la retención de microorganismos, el proceso se llevó a cabo de la siguiente manera.

Se procedió a lavar la grava para eliminar restos de tierra u otro material, se adaptaron ciertos materiales como : pomos reciclados ,algodón , pomos como receptores del agua tratada y la tierra de diatomeas ya tamizada, también se utilizó pomos esterilizados para receptionar y llevar las muestras a un análisis microbiológico.

Este filtro casero se elaboró con materiales de fácil acceso y bajo costo, la evaluación se basó en 3 dosis de tierra de diatomeas por filtro: 5cm, 10 cm y 15cm de espesor, la primera capa fue con la tierra de diatomeas, la segunda con la grava y la tercera capa fue con el algodón.

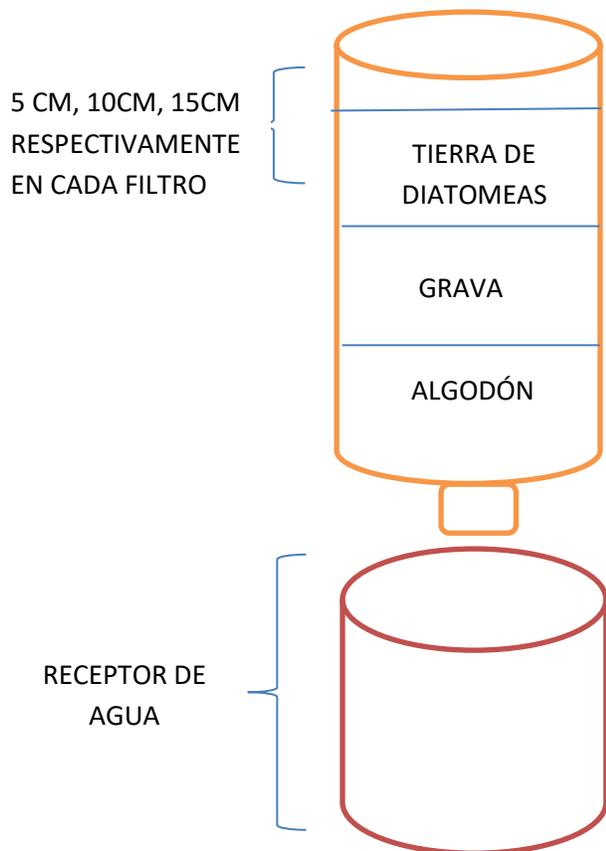


Figura 11: Esquema del filtro

Fuente: elaboración propia

Se utilizó 1 lt de agua para cada filtro, se incorporó la dosis de mucílago pero en relación a un litro de agua, luego se procedió a incorporar el agua a través del filtro.

Lo que se observó al momento del filtrado, en el filtro número 1 con 5cm de diatomeas fue más rápido el paso del agua, no presentó saturación alguna, el filtrado total del agua llevó unos 20 minutos.

En comparación del filtro 2 y 3 con 10 y 15 cm de diatomeas el filtrado del agua fue de manera lenta, presentó saturación y duró alrededor de 1 hora en filtrarse el total del agua, en cuanto al color del agua de los 3 filtros estuvo parcialmente igual, se mostró mejoría en la calidad.

En cuanto al análisis microbiológico (coliformes totales y termotolerantes) del agua residual se llevó a cabo en 2 partes un pre y post tratamiento, la primera parte fue la determinación de la calidad del efluente para así poder tener un valor de referencia de la cantidad de coliformes presentes antes del proceso de coagulación-filtración y así constatar los resultados.

Las muestras fueron evaluadas en el laboratorio acreditado Bioslab, que se encuentra en la ciudad de Ica, se contabilizó la cantidad de bacterias coliformes tanto en la muestra de agua tomada de la acequia y también de las muestras de agua posterior al tratamiento de coagulación-filtración.

3.6 Métodos de análisis de datos:

En esta investigación cuantitativa, la forma como se ha obtenido la dosis adecuada ha sido con base en diferentes muestreos y pruebas aplicadas. Se analizó los resultados obtenidos.

También se utilizó el Excel un software que es nos brinda una respuesta a muchas necesidades, financieras, análisis estadísticos, donde utilizamos una serie de fórmulas y donde nos permite realizar operaciones matemáticas, este software me facilitó realizar gráficos, obtener promedios e interpretación de resultados.

3.7 Aspectos éticos

Esta investigación se elaboró de acuerdo a lo establecido en la Resolución Rectoral N°0089-2019 de la Universidad César Vallejo, se hizo uso de la

norma ISO 690(Organización internacional de normalización) para realizar el citado adecuado, también fue evaluado por el programa turnitin para dar transparencia al trabajo de investigación.

Esta investigación ha tenido como finalidad mejorar la calidad del agua disminuyendo la cantidad de microorganismos patógenos ,haciendo uso de productos naturales que siendo amigables con el medio ambiente pueden mejorar y brindar un agua de mejor calidad, lo ideal es tener un sin número de alternativas que podamos hacer uso con facilidad y efectividad, como es el uso de filtros que sean económicos, por ello presenta una ética de cuidado al ambiente, porque tiene como finalidad generar un recurso de buena calidad y así brindar un apoyo a la sociedad

Para hacer uso del agua en las distintas actividades ya sean económicas o recreativas, este recurso debe estar en las condiciones óptimas de acuerdo a los estándares establecidos, es por ello que a partir de este tratamiento se busca mejorar la calidad del agua, ya que el agua proveniente del rio no tan solo tiene elevado los parámetros microbiológicos, si no también trae consigo otros contaminantes.

IV. RESULTADOS

Esta investigación experimental, determinó la relación causa-efecto en las distintas concentraciones del mucílago de la tuna y el filtro con diatomeas, a través del análisis de los datos obtenidos en campo y laboratorio, y así confirmando la validez de los resultados.

PARÁMETROS FÍSICOS

Tabla 4: Evaluación de acuerdo a resultados finales de turbidez

Elemento	Dosis coagulante(ml)	Turb0 (UNT)	Turb f (UNT)
Agua de acequia	0	790	790
Tratamiento 1	5	790	191.0
Tratamiento 2	10	790	120.2
Tratamiento 3	15	790	238.0
Tratamiento 4	20	790	253.0
Tratamiento 5	25	790	362.0

Fuente: elaboración propia

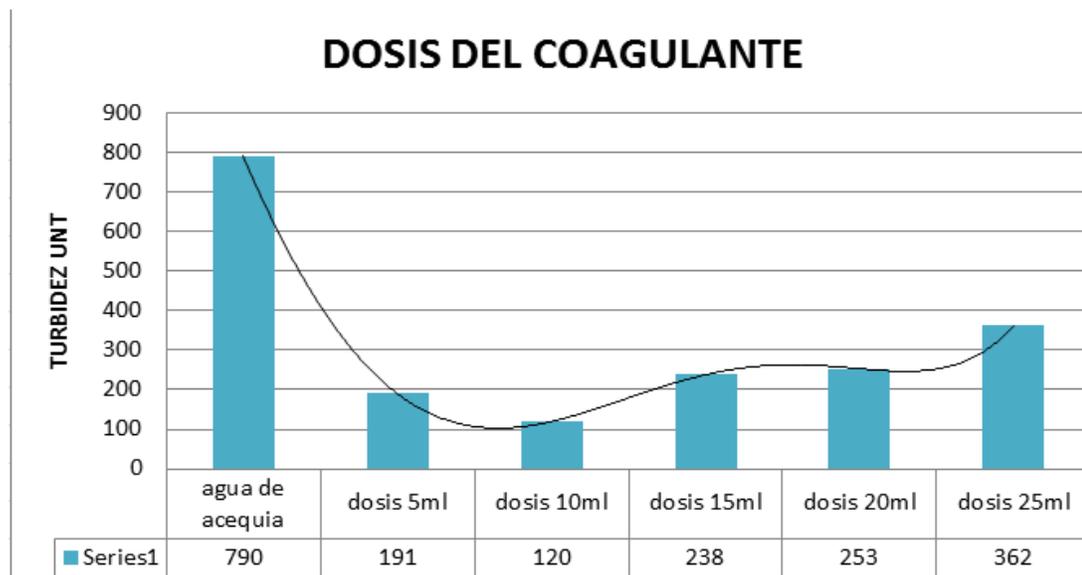


Figura 12: Relación dosis-turbidez

Fuente: Elaboración propia.

CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE REMOCIÓN

El porcentaje de remoción de la turbidez se calculó de acuerdo a:

$$\% \text{ de remoción de turbidez} = \frac{T_o - T_{f-1h}}{T_o} \times 100$$

Dónde:

T_o = turbidez inicial

T_{f-1h} = turbidez final después de 1 hora de sedimentación

A. Tratamiento con dosis de 5ml de mucílago

$$\% \text{ de remoción de turbidez} = \frac{790 - 191}{790} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción de turbidez} = 75\%$$

B. Tratamiento con dosis de 10ml de mucílago

$$\% \text{ de remoción de turbidez} = \frac{790 - 120}{790} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción de turbidez} = 85\%$$

C. Tratamiento con dosis de 15ml de mucílago

$$\% \text{ de remoción de turbidez} = \frac{790 - 238}{790} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción de turbidez} = 70\%$$

D. Tratamiento con dosis de 20ml de mucílago

$$\% \text{ de remoción de turbidez} = \frac{790 - 253}{790} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción de turbidez} = 68\%$$

E. Tratamiento con dosis de 25ml de mucílago

$$\% \text{ de remoción de turbidez} = \frac{790-362}{790} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción de turbidez} = 54\%$$

- Los resultados obtenidos se debe a que el mucílago contiene moléculas de carbohidratos siendo un biopolímero similar a las pectinas que permitieron el encapsulamiento y la separación de los sólidos disueltos en el agua, entre los que están L-arabinosa, ácidos D- galacturónico, D-xilosa, L-raminosa, que ayudaron a aglutinar las sustancias.
- Lo que también ayudó en este proceso fueron los iones existentes presentes naturalmente en los cactus, proporcionando la fuerza iónica necesaria para la comprensión de la doble capa y con ello la coagulación.
- No se le ha aplicado alguna norma para este parámetro ya que no consigna en la categoría 3 de los estándares nacionales de calidad ambiental para el agua.
- Como se puede observar en los resultados obtenidos, la remoción de la turbiedad varío mucho de acuerdo a la cantidad de la dosis, por ello también se deduce que a mayor dosis llega a saturar la solución y esta saturación hace que la turbiedad se haga notable como se muestran con las dosis de 15, 20 y 25 ml por ello en las dosis mayores no se observó un cambio de color favorable ya que sus valores se encontraron desde los 238 UNT y 362 UNT , quiere decir que con un 54 % y hasta un 70% de remoción de la turbidez.
- También se deduce la influencia del pH en los resultados de turbidez, las dosis de 15,20 y 25ml al ser aplicadas variaron el pH de las muestras, dando como resultado un pH ácido, y lo que se observó es una menor remoción de turbidez frente a pH ácidos. A comparación de las dosis de 5 y 10 ml que sus valores estuvieron más cerca de un pH con valor neutro.

- Por otra parte la formación de los floc, dependió mucho de la velocidad de agitación, pero se deduce que a una mayor velocidad las partículas tenían mayor facilidad de contacto entre sí, por ello se llegó a evidenciar floc de buen tamaño.
- Como se pudo notar en los resultados del proceso de coagulación – floculación se llegó a una dosis adecuada de 10 ml del coagulante de penca de tuna con un pH de 6.6 ya que se obtuvo los resultados esperados en cuanto a remoción de la turbidez, con un 85% de remoción.
- También se puede deducir que la eficiencia de la remoción de turbidez del mucílago de nopal es superior a turbiedades altas, pero a turbiedades muy bajas sucede lo contrario
- Por ello con esta dosis adecuada se continuó al siguiente tratamiento de filtración.

Tabla 5: Resultados de la medición de Ph.

N°	Medición de PH	T ambiente	T muestra
M1(agua de acequia)	8.6	23 °C	27.4 °C
M2(5ml)	6.8	23 °C	26.9 °C
M3(10ml)	6.6	23 °C	26.9 °C
M4(15ml)	6.1	23 °C	26.9 °C
M5(20ml)	6.02	23 °C	26.7 °C
M6(25ml)	6.0	23 °C	26.6 °C
M7(mucílago)	5.5	23 °C	27.7 °C

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a la tabla se observa una neutralización del ph del agua

valor de ph

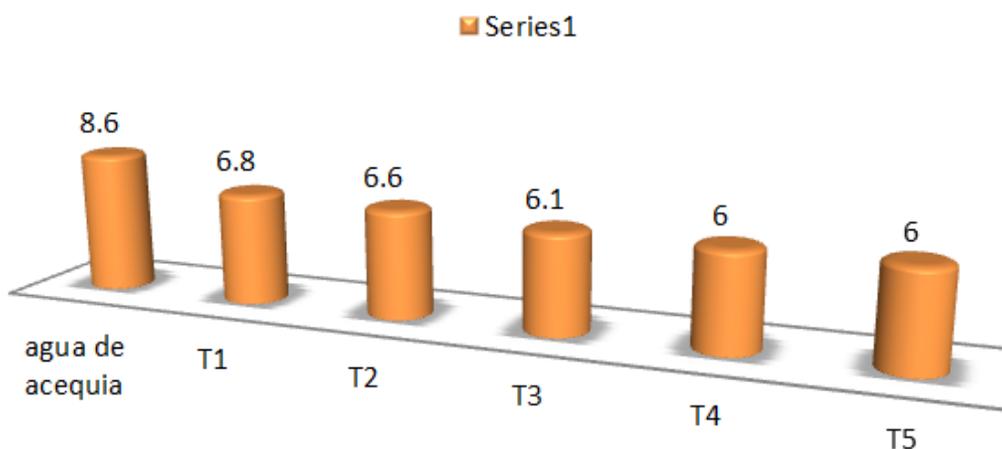


Figura 13: Comparación de resultados de ph (pre y post tratamiento)

Fuente: Elaboración propia

PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

Tabla 6: Lectura de análisis

Muestra	Agua de acequia	Tratamiento1 (5cm de TD)	Tratamiento2 (10cm de TD)	Tratamiento3 (15cm de TD)
Bacterias Coliformes Termotolerantes (NMP/100 ml)	1 400 000	170	330	300
Bacterias Coliformes Totales (NMP/100 ml)	16 000 000	13 000	3 300	3 600

Fuente: Elaboración propia

COLIFORMES TERMOTOLERANTES

Bacterias coliformes termotolerantes

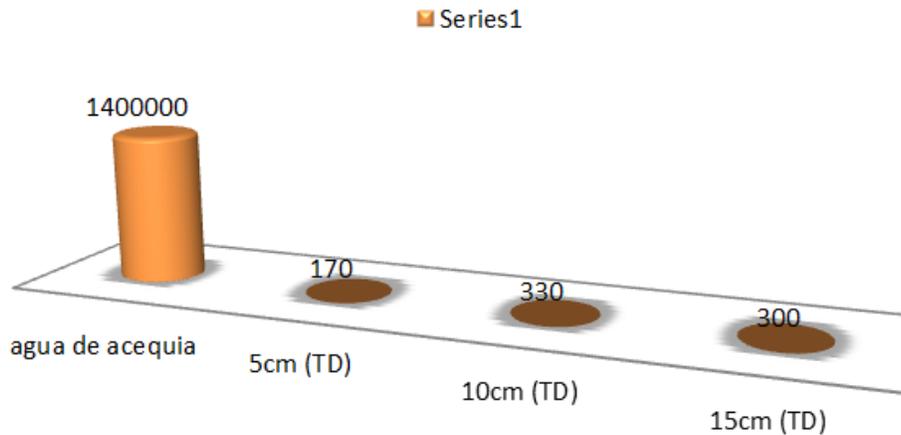


Figura 14: Comparación de resultados de análisis (pre y post tratamiento)

Fuente: Elaboración propia

Las características de la tierra de diatomeas fue esencial para la remoción de partículas coloidales de menor tamaño, gracias a sus microporos permitieron mejorar la calidad del agua.

De acuerdo a los resultados obtenidos, el uso de este sistema convencional con materiales naturales e inoocuos, el tratamiento con 5cm de TD, y con 10ml del coagulante natural tuvo una gran capacidad de remoción de las bacterias coliformes termotolerantes y también para la eliminación de sustancias presentes en estas aguas contaminadas que ocasionaban la turbiedad, de acuerdo a estos resultados la calidad de esta agua se encuentra dentro de los parámetros establecidos en los estándares nacionales de calidad ambiental para agua en cuanto a presencia de coliformes termotolerantes que se encuentran en la categoría 3 : riego de vegetales y bebida de animales.

La eliminación de bacterias coliformes de manera convencional utilizando como materia prima recursos naturales sin añadir compuestos químicos, es de gran ayuda a mejorar la calidad de vida de la población en general de bajos recursos y así no afectar el medio ambiente.

COLIFORMES TOTALES

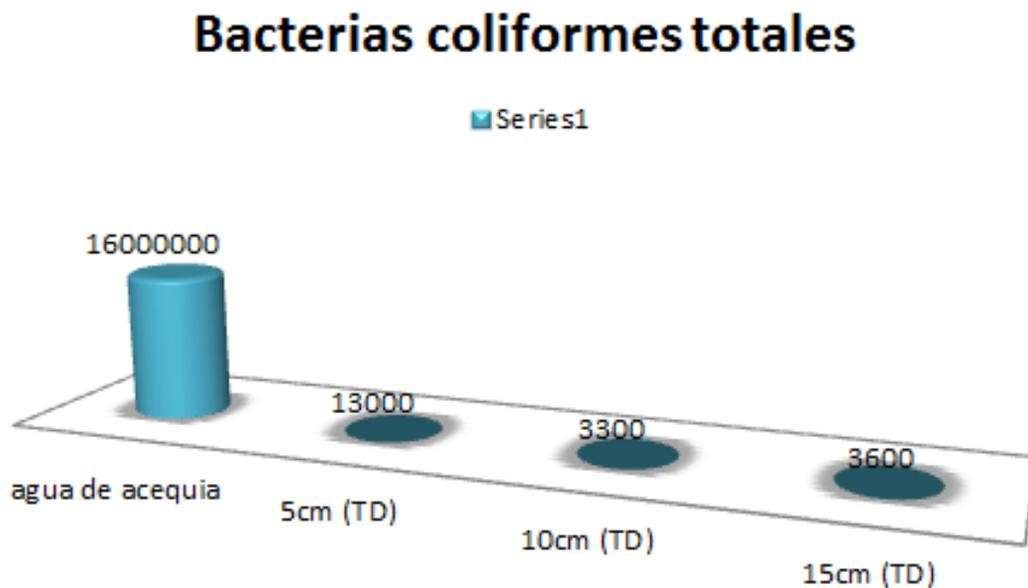


Figura 15: comparación de resultados en un pre y post tratamiento

Fuente: elaboración propia

En cuanto a las bacterias coliformes totales con este tratamiento continuo también hubo una gran remoción de estos de manera satisfactoria gracias al material coagulado y a la filtración, con 5ml del coagulante y el espesor de la diatomea (10cm) se obtuvo el mejor resultado y mejoró la calidad del agua, en cuanto a los estándares nacionales de calidad ambiental para el agua con los resultados obtenidos en el tratamiento 2 y 3 se deduce que se encuentran o cumplen con los valores del parámetro de coliformes totales considerados en la categoría 3: riego de vegetales y bebidas de animales.

CUADRO COMPARATIVO ENTRE ECA AGUA Y POST TRATAMIENTO

Tabla 7: Comparación entre ECA y post tratamiento

Análisis Microbiológicos			
Parámetros	Unidad de medida	Eca agua-categoría 3	post-prueba
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1000	170
Coliformes Totales	NMP/100 ml	5000	3300

Fuente: elaboración propia

Lo que nos indica este cuadro comparativo es que el agua posterior al tratamiento se encuentra dentro de los estándares establecidos en el ECA agua en la categoría 3, por lo que se hace confiable su uso, además en comparación con los resultados en el pre tratamiento se observó una gran reducción.

V. DISCUSIÓN

En el trabajo de investigación de céspedes se llegó a utilizar un Biofiltro que se basó en la utilización de las algas de diatomeas, su diseño fue no experimental su población fue el agua potable domiciliario de Ferreñafe y la muestra fue de 30 lt, en este Biofiltro utilizo gravilla, piedra pomez y carbón activado donde se recolectaron muestras durante 3 semanas y así evaluar los parámetros físicos y microbiológicos. Este filtro es distinto ya que solo se utilizó diatomeas fosilizadas y grava, no se utilizó muchas capas a diferencia del otro filtro ya que las muestras de agua utilizadas pasaron un tratamiento primario que fue la coagulación para así evitar la saturación del filtro, no se puede hacer una comparación en cuanto al número de bacterias coliformes ya que en el trabajo de céspedes no presentó este parámetro.

En cuanto a la investigación de caballero aquí se utilizó dos muestras de diatomitas, las cuales fueron tratadas de dos maneras, siendo la primera una activación térmica y la otra muestra mediante una activación química con QUITOSANO, esta se utilizó como un bactericida lo que mejoro su eficiencia en remoción de coliformes, por lo cual tuvo una reducción de 98%, en cuanto a esta investigación también produce una reducción de casi el 90% , lo que demuestra que utilizando la diatomea natural o siendo procesada se va a obtener resultados satisfactorios siendo capaz de reducir los microorganismos presentes en el agua. Cabe resaltar que el agua tratada en esta investigación presento mayor carga bacteriana.

En el caso de otra investigación como la de mansilla, aquí utilizaron otros insumos como el césped seco en conjunto con la diatomita activada mediante un proceso térmico, en el caso de los parámetros microbiologicos obtuvieron buenos resultados de remoción en *Escherichia coli* y Coliformes Termotolerantes ,hasta casi un 100%, puesto que en esta investigación también se produce una reducción mayor al 90%, demostrando así que utilizando la diatomita sola o en conjunto con otros insumos se llega a obtener buenos resultados.

En cuanto a la investigación de Montenegro aquí se realizó un trabajo cuasi experimental donde se realizó la prueba de jarras en tres dosis de coagulantes, aquí el objetivo fue evaluar la eficiencia como coagulante, de los recursos vegetales que fueron el *Opuntia Ficus Indica* (tuna) y del *caesalpinia spinosa* (tara), obteniendo un porcentaje de remoción de turbidez de 96% con el opuntia ficus, en este trabajo de investigación la obtención del mucílago fue de manera más práctica, de acuerdo a investigaciones existen varias formas para la obtención del mucílago no variando los resultados como se está demostrando en estas dos investigaciones, ya que también se obtuvo un porcentaje mayor al 90% , resaltando que el agua a tratar de esta investigación presentó mayor turbidez, también mejoró el ph del agua que era lo que se buscaba.

Resumiendo, los resultados de ambas investigaciones quedan demostrado que a menor dosis del coagulante el mucílago del *Opuntia Ficus Indica* mejora en sus porcentajes de remoción de turbidez.

VI. CONCLUSIONES

El propósito es demostrar la eficiencia de este tratamiento de agua con productos biodegradables que permitirá minimizar el impacto al medio ambiente a un costo razonable.

El uso del mucílago del opuntia ficus indica (tuna) como un coagulante natural y el uso de la diatomita como un filtro, llegó a mejorar la calidad del agua del sector de cantoral, obteniendo una disminución en los parámetros microbiológicos, llevándolos por debajo de los estándares de calidad ambiental (ECA) del agua de la categoría 3, que se encuentra en la categoría de riego de vegetales y bebida de animales. Obteniendo así un recurso con mejor calidad tan indispensable para la población como es el agua, permitiendo de tal manera que la población del sector de cantoral pueda acceder a este recurso de mejor calidad y así poder utilizarlo para el riego de sus áreas verdes o chacras.

Se llegó a determinar cuánto ha sido la cantidad reducida en cuanto al parámetro microbiológico, en el caso de los coliformes termotolerantes en los resultados de post-prueba se tuvo 170 NMP/100ml, por lo que la cantidad reducida fue de 1 399 830 NMP/100ml, dado que en el pre- prueba dio 1 400 000 NMP/100ml. En el caso de los coliformes totales se obtuvo en la post-prueba 3 300 NMP/100ml, por lo que la cantidad reducida fue de 15 996 700 NMP/100ml, teniendo en la pre-prueba una cantidad de 16 000 000 NMP/100ml, de acuerdo a estos resultados se demuestra el poder de reducción de estos componentes naturales, que en conjunto generaron valores que se encuentran por debajo de los parámetros indicados en los estándares de calidad del agua (ECA).

En cuanto al parámetro físico que se evaluó, el ph que se obtuvo en el pre-tratamiento indicó un valor de 8.6 indicando un agua más alcalina, y que se encuentra un poco elevado de acuerdo a lo que se indica en el ECA, posterior al tratamiento se observó cierta neutralización del ph en el agua, de acuerdo a la dosis adecuada del coagulante que se obtuvo, el ph resultante en el post-tratamiento fue de 6.8 , mejorando así el ph del agua y encontrándose dentro de los valores dados en el ECA.

VII. RECOMENDACIONES

De acuerdo a la realización de este trabajo de investigación se recomienda mejorar en cuanto a la extracción del gel de la penca de tuna o utilizar otro método que permita mejorar su acción como coagulante.

A la vez trabajar con estas dosis en otras concentraciones de turbidez y así evaluar la efectividad en cuanto a su poder de remoción. También se debería mejorar el diámetro del filtro para evitar la rápida saturación y así mejorar el flujo del filtro en cuanto a tiempo y cantidad.

Llevar a cabo otros procesos de filtración con el mismo filtro y realizar análisis a las muestras obtenidas para conocer con exactitud si el filtro continúa reduciendo los contaminantes presentes en el agua. También realizar otros análisis a las muestras obtenidas de la acequia, pero en otra temporada dados que la cantidad de contaminantes varia, puesto que en ciertas temporadas el agua se presenta con menos turbiedad.

Profundizar el estudio de las relaciones entre el coagulante natural y el uso de la diatomita, debido a que ambos productos son de origen natural y su uso y distribución puede ser mejorado, intensificando su promoción con distintas entidades tanto locales como provinciales.

REFERENCIAS

- MISHRA, Meerambika. All new faces of diatoms: potential source of nanomaterials and beyond. *Frontiers in Microbiology*. *Front Microbiol* [en línea]. vol. 8, p. 1239, 5 julio 2017. [Fecha de consulta: 28 de Mayo del 2021]. Disponible en <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2017.01239/full>
- RODRIGUEZ, Carlos. Properties of Precast Concrete Using Food Industry-Filtered Recycled Diatoms. *Sustainability* [en línea]. vol. 13, no 6. 12 Marzo 2021. [Fecha de consulta: 12 de Mayo del 2021]. Disponible en <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/6/3137>
- HERNÁNDEZ, Juan. Diatoms and their capability for heavy metal removal by cationic exchange. *Metals* [en línea], vol. 7, no 5, 12 Mayo 2017. [Fecha de consulta: 8 de Abril del 2021]. Disponible en <https://www.mdpi.com/2075-4701/7/5/169>
- DÍAZ, Kelly. Evaluación del comportamiento de materiales alternativos para lechos filtrantes en procesos de potabilización de agua. Tesis (Ingeniero Civil). Colombia: Universidad Católica de Colombia, 2018. Disponible en <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/16451/1/TESIS%20PROTOTIPO.pdf>
- ESTRADA, Diego. Disminución de arsénico mediante un filtro de diatomita del agua de afloramiento subterráneo en el campamento Cedro-Pataz. Tesis (Ingeniero Ambiental). Trujillo: Universidad Cesar Vallejo, 2016. Disponible en https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/6790/estrada_bd.pdf?sequence=1
- CABALLERO, Paul y ZUNI, Darwin. Elaboración de filtros de diatomita activada con adición de Quitosano para la descontaminación de las aguas del río Chili a nivel de laboratorio. Tesis (Ingeniero de Materiales). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, 2017. Disponible en

<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/5076/MTcamepg.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

-MANSILLA, Geffrin y PAZCE, Medallid. Filtro basado en césped seco y diatomita para la reducción de contaminantes en las aguas del río Rímac para riego, El Agustino. Tesis (Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2019. Disponible en

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/54823>

-LLAGUENTO, Joselyn. Diseño De Un Biofiltro Hecho A Base De Algas Diatomeas Para La Calidad Del Agua Potable A Nivel Domiciliario. Tesis (Ingeniero Ambiental). Chiclayo: Universidad Cesar Vallejo, 2017. Disponible en

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/33236>

-MENDOZA, Jhovanny. Adsorción de la diatomita en la reducción de Cr (VI) en aguas de regadío, Puente Piedra. Tesis (Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2018. Disponible en

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/46909>

-MONTENEGRO, Jessenia. Comparación de la eficiencia del mucílago de Opuntia ficus indica y goma de Caesalpinia spinosa en la mejora de la calidad de agua residual de camal. Tesis (Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2019. Disponible en

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/43789>

-SAMAME, Yeny. Dosis óptima del mucílago de Opuntia ficus-indica para mejorar la calidad del agua del río la Leche, Lambayeque. Tesis (Ingeniero Ambiental). Lambayeque: Universidad Cesar Vallejo, 2019. Disponible en

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/35380>

-CASAS, Megy. Extracción del mucílago de la penca de tuna y su aplicación en el proceso de coagulación-floculación de aguas turbias. Tesis (Ingeniería Química). Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2017. Disponible en

<http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/7155>

-ROJAS, Karen. Remoción de arsénico (V) y cromo (VI) presente en lechos acuáticos mediante el uso de tierra de diatomeas recubierta con sales de hierro. Tesis (Magister en Química). Arequipa: Universidad Católica de Santa María, 2016. Disponible en

<http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/5509>

-CANAHUIRE, Rosario y GARCIA, Stephanie. Determinación de la adsorción de metales pesados oro y plata por medio de diatomeas sinterizadas en el proceso Merrill Crowe. Tesis (Ingeniero Químico). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2020. Disponible en

<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/11466>

-CHUSI, Alfredo. Utilización de diatomitas para desalinizar Aguas de Mar. Tesis (Ingeniero de Materiales). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, 2014. Disponible en

https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSA_33218df3b4d307f6820565a3bce24660

-PUERTAS, Esaú y TORRES, Carol. Estudio comparativo de los procesos: coagulación-floculación, filtración y su combinación, para determinar el proceso más eficiente en la clarificación de agua utilizada en el vivero vitivinícola de la autoridad autónoma de majes. Tesis (Ingeniero Químico). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2015. Disponible en <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/102>

-ARROYO, Elizabeth. Determinación de la calidad bacteriológica de las aguas del Río Chili, durante los meses de marzo-mayo. Tesis (Bióloga). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, 2019. Disponible en <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/9651>

-Vargas, Lorena. Propiedades físicas del mucílago de nopal. 2016. *Acta Universitaria* [en línea]. p. 8-10. [Fecha de consulta: 15 de Mayo del 2021]. Disponible en <http://www.repositorio.ugto.mx/handle/20.500.12059/951>

ISSN: 01886266

-VILLA, Diana, OSORIO, Miguel Ángel, VILLACIS, Norma. Extracción, propiedades y beneficios de los mucílagos, 2020. *Dominio de las ciencias* [en línea]. vol. 6, no 2, p. 503-524. [Fecha de consulta: 20 de Abril del 2021].

Disponible en

<https://www.dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/1181>

ISSN: 24778818

-CUADROS, Leidy. Evaluación de la remoción de la turbidez del agua del Río Fucha por medio del fruto de la planta Arbustiva Cactus (*Opuntia ficus indica*) como coagulante natural. Tesis (Ingeniero Ambiental). Bogotá: Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2020. Disponible en

<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/34251>

-CONTRERAS, Karen. El Nopal (*Opuntia ficus-indica*) como coagulante natural complementario en la clarificación de agua. *Producción+ Limpia* [en línea]. Enero- Junio 2015, vol. 10, no 1, p. 40-50. [Fecha de consulta: 10 de Abril del 2021]. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v10n1/v10n1a04.pdf>

-UNESCO. (21 de Marzo de 2017). [Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura] [21 de marzo de 2017]. [Fecha de consulta: 1 de junio del 2021]. Disponible en: <https://es.unesco.org/news/sonaguas-residuales-nuevo-oro-negro>

-MORENO, Sandy. Disminución de la turbidez del agua del río Crisnejas en la comunidad de Chuquibamba-Cajabamba utilizando *Opuntia ficus indica*, *Aloe vera* y *Caesalpinia spinosa*. Tesis (Ingeniero Ambiental). Trujillo: Universidad Cesar Vallejo, 2016. Disponible en

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/6854/moreno_ps.pdf?sequence=1

-BONILLA, Adrián, MENDOZA, Didilia y REYNEL, Hilda. Adsorption processes for water treatment and purification. *Berlin: Springer International Publishing*, [en línea]. 2017. ISBN 978-3-319-58135-4

Sánchez, F. (2019). Fundamentos epistémicos de la investigación cualitativa y cuantitativa: Consensos y disensos. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 13(1), 102-122.

BASTAR, Sergio Gómez. Metodología de la investigación. 2019.

BAENA PAZ, Guillermina. Metodología de la investigación. Grupo Editorial Patria, 2017.

-ZHAO, Yan. Environmental applications of diatomite minerals in removing heavy metals from water. *Industrial & Engineering Chemistry Research* [en línea]. vol. 58, no 27, junio 2019 [Fecha de consulta: 12 de Abril del 2021]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/profile/Yan-Zhao>

-ELSAYED, ElBastamy. Natural diatomite as an effective adsorbent for heavy metals in water and wastewater treatment (a batch study). *Water Scienc* [en línea]. vol. 32, no 1, p. 32-43, Abril 2018 [Fecha de consulta: 20 de Abril del 2021]. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110492917300188>

-CACCIOTTI, Ilaria. Innovative polyetherimide and diatomite based composites: influence of the diatomite kind and treatment. *Journal of Materials Research and Technology* [en línea]. vol. 8, no 2, p. 1737-1745, Abril 2019 [Fecha de consulta: 1 de Mayo del 2021]. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2238785418309542>

-ARIAS, José. Effectiveness of the mixture of nopal and cassava starch as clarifying substances in water purification: A case study in Colombia. *Heliyon* [en línea]. vol. 6, no 6, Junio 2020 [Fecha de consulta: 10 de Mayo del 2021]. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844020311403>

-WAN, Jing. Treatment train for tailings pond water using *Opuntia ficus-indica* as coagulant. *Separation and Purification Technology* [en línea]. vol. 211, p. 448-455, Marzo 2019 [Fecha de consulta: 13 de Mayo del 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1383586618325437>

-CHOUDHARY, Manisha, RAY, Madhumita, NEOGI, Sudarsan. Evaluation of the potential application of cactus (*Opuntia ficus-indica*) as a bio-coagulant for pre-treatment of oil sands process-affected water. *Separation and Purification Technology* [en línea]. vol. 209, p. 714-724, Marzo 2019 [Fecha de consulta: 18 de Mayo del 2021]. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1383586618325437>

-MICHELON, William. Cladodes applied as decentralized ecotechnology to improve water quality and health in remote communities that lack sanitation. *SN Applied Sciences* [en línea]. vol. 2, no 2, p. 1-8, Junio 2020 [Fecha de consulta: 18 de Enero del 2021]. Disponible en:

<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s42452-019-1919-9.pdf>

-MOHAMMED, Ahmed Yasser Ahmed, et al. Investigation of the potential of *Opuntia Ficus-Indica* powder for sewage treatment. *ResearchGate* [en línea]. Vol,10, Octubre 2020 [Fecha de consulta: 20 de Marzo del 2021]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/profile/Ahmed-Mohammed>

-ILARI CACCIOTTI, Innovative polyetherimide and diatomite based composites: influence of the diatomite kind and treatment, 2018

-ALEGBELEYE, Oluwadara, SINGLETON, Ian. Sources and contamination routes of microbial pathogens to fresh produce during field cultivation: a review. *Food microbiology* [en línea]. vol. 73, p. 177-208, Febrero 2018 [Fecha de consulta: 16 de Marzo del 2021]. Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7127387/>

-IBERICO, Gerson y PINEDO, Andy. Evaluación de la concentración de los parámetros físico-químicos y micro biológicos de la quebrada Charhuayacu y su impacto socio ambiental en los sectores Shango y Azungue. Tesis (Ingeniero Ambiental). Moyobamba: Universidad Cesar Vallejo, 2018. Disponible en <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/31612>

-BERNAL, Cesar. *Metodología de la investigación*, Tercera Edic, 2010. ISBN:
978-958-699-128-5

Eliana esther gallardo echenique, *metodología de la investigación*, 2017

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de operacionalización de variables

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
<p style="text-align: center;">Variable independiente:</p> <p style="text-align: center;">Aplicación de diatomeas fosilizadas</p>	<p>Es una roca silíceo, sedimentaria de origen biogénico, compuesta por esqueletos fosilizados de las frústulas de las diatomeas. Este material presenta una estructura muy compleja, con numerosos poros microscópicos (Caballero, 2017, p.19).</p>	<p>Se realizará un proceso físico-químico usando el mucilago de la penca de tuna como un coagulante natural y con la tierra de diatomeas se realizará un filtro casero, con este proceso se pretende evaluar la remoción de turbidez y coliformes termotolerantes y totales y a la vez evaluar el Ph del agua.</p>	<p>Tratamiento físico-químico</p>	<p>Tierra de diatomeas 5 cm 10 cm 15 cm</p> <p>Concentraciones del mucilago 5 ml 10 ml 15 ml 20 ml 25 ml</p>	<p>ml</p>
<p style="text-align: center;">Variable dependiente:</p> <p style="text-align: center;">Contaminación por Organismos patógenos</p>	<p>Un parámetro microbiológico viene a ser la medida directa o indirecta de la calidad del agua. Dicha medición se puede usar para evaluar el estado y la disposición para los ecosistemas y los seres humanos (Iberico y Pinero, p.18).</p>	<p>La muestra tomada del agua de la acequia del sector de cantoral será evaluada mediante un análisis microbiológico, en un laboratorio certificado y así conocer la calidad del agua y realizar un análisis pre y post tratamiento</p>	<p>Parámetro físicos y biológicos</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ph ➤ Turbidez ➤ Coliformes totales y termotolerantes 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ <5,5 – 9,0> ➤ NTU ➤ NMP

Anexo 2: Calibración de equipo, recolección y preparación de materiales



Figura. Calibración del turbidímetro

Fuente: Elaboración propia



Figura. Ph metro y conductímetro

Fuente: Elaboración propia



Figura. Balanza analítica y circuito eléctrico

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3: Obtención del mucílago del *opuntia ficus indica* (tuna)



Figura. Recolección, lavado y cortado de la penca de tuna

Fuente: Elaboración propia



Figura. Preparación y extracción para la obtención del mucílago

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4: extracción y preparación de la tierra de diatomeas



Figura. Extracción y preparación de la tierra de diatomeas

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5: Estudio y toma de muestra del agua contaminada (Agua de acequia)





Figura. Toma de muestra de agua.

Fuente: Elaboración propia

Anexo 6: Tratamiento con 5 ml de mucílago y medición de la turbidez



Figura. Tratamiento con 5ml de mucílago

Fuente: Elaboración propia

Anexo 7: Tratamiento con 10 ml de mucílago y medición de la turbidez



Figura. Tratamiento con 10ml de mucílago

Fuente: Elaboración propia

Anexo 8: Tratamiento con 15 ml de mucílago y medición de la turbidez

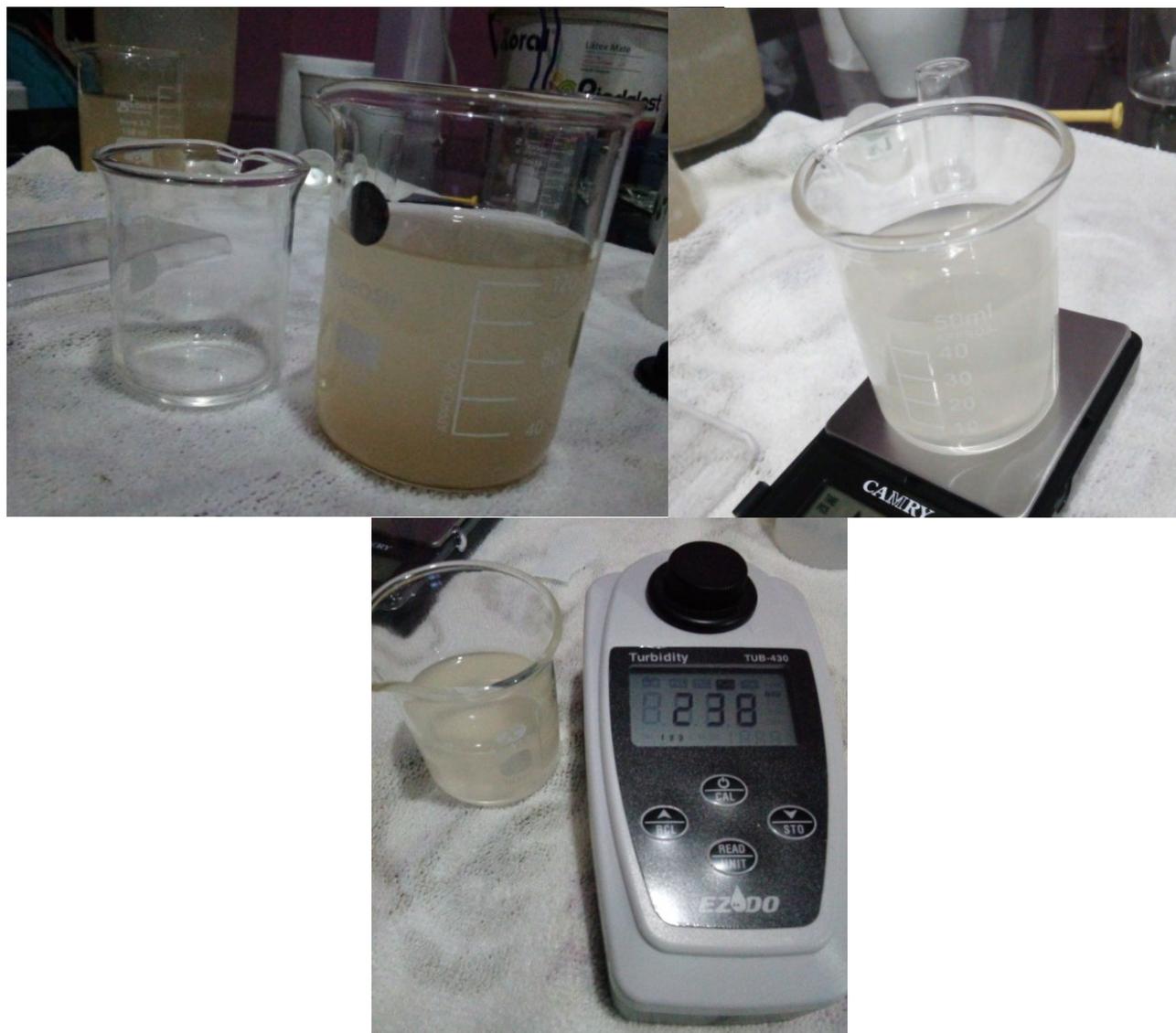


Figura. Tratamiento con 15ml de mucílago

Fuente: Elaboración propia

Anexo 9: Tratamiento con 20 ml de mucílago y medición de la turbidez



Figura. Tratamiento con 20ml de mucílago

Fuente: Elaboración propia

Anexo 10: Tratamiento con 25 ml de mucílago y medición de la turbidez



Figura. Tratamiento con 25ml de mucílago

Fuente: Elaboración propia

Anexo 11: Adaptación y uso del filtro casero con tierra de diatomeas



Figura. Preparación del filtro

Fuente: Elaboración propia



Figura. Preparación del agua a tratar

Fuente: Elaboración propia



Figura. Proceso de filtración

Fuente: Elaboración propia

Anexo 12: Análisis microbiológicos



Figura. Pomos esterilizados

Fuente: Elaboración propia

Anexo 13: Medición del Ph del agua



Figura. Medición del ph a la muestra de agua de acequia (testigo)

Fuente: Elaboración propia



Figura. Medición del agua tratada con 5ml del coagulante

Fuente: Elaboración propia



Figura. Medición del agua tratada con 10ml del coagulante

Fuente: Elaboración propia



Figura. Medición del agua tratada con 15ml del coagulante

Fuente: Elaboración propia

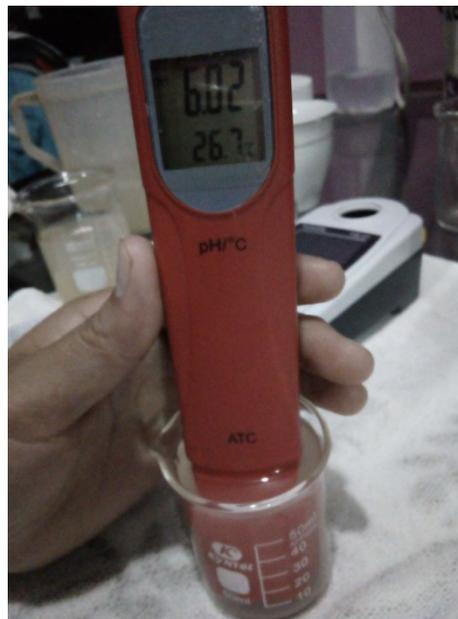


Figura. Medición del agua tratada con 20ml del coagulante

Fuente: Elaboración propia



Figura. Medición del agua tratada con 25ml del coagulante

Fuente: Elaboración propia

Anexo 14: Medición de la conductividad eléctrica



Figura. Muestra de agua de acequia

Fuente: Elaboración propia



Figura. Medición al agua tratada con 5 ml del coagulante

Fuente: Elaboración propia

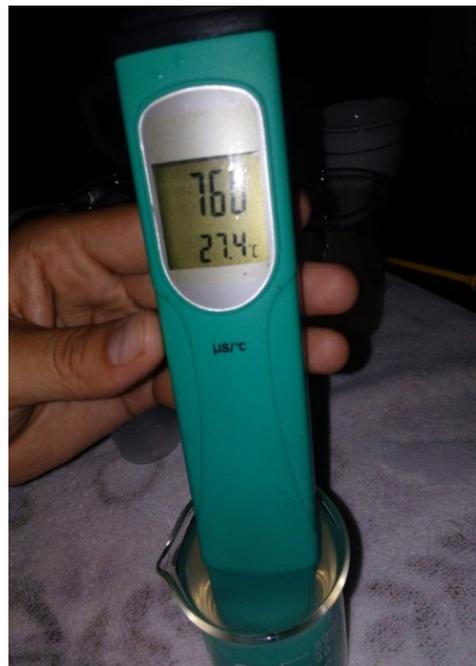


Figura. Medición al agua tratada con 10 ml del coagulante

Fuente: Elaboración propia



Figura. Medición al agua tratada con 15 ml del coagulante

Fuente: Elaboración propia



Figura. Medición al agua tratada con 20ml del coagulante

Fuente: Elaboración propia



Figura. Medición al agua tratada con 25ml del coagulante

Fuente: Elaboración propia

Anexo 15: Resultados de análisis microbiológicos



BioSLab EIRL

INFORME DE ENSAYO N° 4190 / 01 - 20

1. SOLICITANTE:
 Nombre o razón social : Arley Felix Huamanlazo
 Domicilio legal : Santiago, Cantoral N° 109, Los Huarangos.
 Contacto : Arley Felix Huamanlazo
 Teléfono / e-mail : 947148940 / yami.afn13@gmail.com

2. DATOS DE LA MUESTRA:
 Muestra : Agua superficial: Agua de acequia sin tratamiento.
 Identificación de la muestra : Procedencia: Distrito de Santiago, Ica.
 Punto de muestreo: Caserío El Cantoral.
 Toma de muestra: 2020-01-23 Hora: 06:30
 Responsable de toma de muestra : Solicitante - Arley Felix Huamanlazo.
 Forma de presentación : 01 frasco de vidrio (conservado en cadena de frío: 4.2 °C).

3. LUGAR DE ANÁLISIS:
 Área Ambiental y de Alimentos : Laboratorio de Aguas y Ambientes.
 - BIOSLAB.

4. ASPECTOS TÉCNICOS DE LA MUESTRA
 Cantidad de muestra : 500 mL
 Fecha de recepción : 2020-01-23
 Fecha de inicio del ensayo : 2020-01-23
 Fecha de término del ensayo : 2020-01-27

5. ENSAYOS Y RESULTADOS:

Ensayos Microbiológicos	Resultados
Bacterias coliformes totales (NMP/100 mL)	> 16 000 000
Bacterias coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	1 400 000

NMP/100 mL: Número más probable en 100 mililitros.

Método:
 Coliformes totales (NMP) : SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 9221 B, 23rd Ed. 2017, Multiple-Tube Fermentation Technique for of the Coliform Group, Standard Total Coliform Fermentation Technique.
 Coliformes termotolerantes (NMP) : SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 9221 E-1, 23rd Ed. 2017, Multiple-Tube Fermentation Technique for of the Coliform Group, Fecal Coliform Procedure, Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).

Este documento al ser emitido sin el símbolo de la acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA

Figura: Resultados de agua de acequia sin tratamiento

INFORME DE ENSAYO N° 4191 / 01 - 20

1. SOLICITANTE:

Nombre o razón social : Arley Felix Huamanlazo
 Domicilio legal : Santiago, Cantoral N° 109, Los Huarangos.
 Contacto : Arley Felix Huamanlazo
 Teléfono / e-mail : 947148940 / yami.afh13@gmail.com

2. DATOS DE LA MUESTRA:

Muestra : Agua superficial: Agua de acequia - Tratamiento 1, a 5 cm de diatomea.
 Identificación de la muestra : Procedencia: Distrito de Santiago, Ica.
 Punto de muestreo: Caserío El Cantoral.
 Toma de muestra: 2020-01-23 Hora: 06:30
 Responsable de toma de muestra : Solicitante - Arley Felix Huamanlazo
 Forma de presentación : 01 frasco de vidrio (conservado en cadena de frío: 4.2 °C).

3. LUGAR DE ANÁLISIS:

Área Ambiental y de Alimentos : Laboratorio de Aguas y Ambientes.
 - BIOSLAB.

4. ASPECTOS TÉCNICOS DE LA MUESTRA

Cantidad de muestra : 500 mL
 Fecha de recepción : 2020-01-23
 Fecha de inicio del ensayo : 2020-01-23
 Fecha de término del ensayo : 2020-01-27

5. ENSAYOS Y RESULTADOS:

Ensayos Microbiológicos	Resultados
Bacterias coliformes totales (NMP/100 mL)	13 000
Bacterias coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	170

NMP/100 mL: Número más probable en 100 mililitros.

Método:

Coliformes totales (NMP) : SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 9221 B, 23rd Ed, 2017, Multiple-Tube Fermentation Technique of the Coliform Group, Standard Total Coliform Fermentation Technique.
 Coliformes termotolerantes (NMP) : SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 9221 E-1, 23rd Ed, 2017, Multiple-Tube Fermentation Technique of the Coliform Group, Fecal Coliform Procedure, Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).

Este documento al ser emitido sin el símbolo de la acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA

Figura: Resultado con tratamiento de 5cm(TD)

INFORME DE ENSAYO N° 4192 / 01 - 20

1. SOLICITANTE:

Nombre o razón social : Arley Felix Huamanlazo
 Domicilio legal : Santiago, Cantoral N° 109, Los Huarangos.
 Contacto : Arley Felix Huamanlazo
 Teléfono / e-mail : 947148940 / yami.afh13@gmail.com

2. DATOS DE LA MUESTRA:

Muestra : Agua superficial: Agua de acequia - Tratamiento 2, a 10 cm de diatomea.
 Identificación de la muestra : Procedencia: Distrito de Santiago, Ica.
 Punto de muestreo: Caserío El Cantoral.
 Toma de muestra: 2020-01-23 Hora: 06:32
 Responsable de toma de muestra : Solicitante - Arley Felix Huamanlazo
 Forma de presentación : 01 frasco de vidrio (conservado en cadena de frío: 4.2 °C).

3. LUGAR DE ANÁLISIS:

Área Ambiental y de Alimentos : Laboratorio de Aguas y Ambientes.
 - BIOSLAB.

4. ASPECTOS TÉCNICOS DE LA MUESTRA

Cantidad de muestra : 500 mL
 Fecha de recepción : 2020-01-23
 Fecha de inicio del ensayo : 2020-01-23
 Fecha de término del ensayo : 2020-01-27

5. ENSAYOS Y RESULTADOS:

Ensayos Microbiológicos	Resultados
Bacterias coliformes totales (NMP/100 mL)	3 300
Bacterias coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	330

NMP/100 mL: Número más probable en 100 mililitros.

Método:

Coliformes totales (NMP) : SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 9221 B, 23rd Ed. 2017. Multiple-Tube Fermentation Technique for M of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
 Coliformes termotolerantes (NMP) : SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 9221 E-1, 23rd Ed. 2017. Multiple-Tube Fermentation Technique for M of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).

Este documento al ser emitido sin el símbolo de la acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA

Figura: Resultado con tratamiento de 10cm(TD)

INFORME DE ENSAYO N° 4193 / 01 - 20

1. SOLICITANTE:

Nombre o razón social : Arley Felix Huamanlazo
 Domicilio legal : Santiago, Cantoral N° 109, Los Huarangos.
 Contacto : Arley Felix Huamanlazo
 Teléfono / e-mail : 947148940 / yami.afn13@gmail.com

2. DATOS DE LA MUESTRA:

Muestra : Agua superficial: Agua de acequia - Tratamiento 3, a 15 cm de diatomea.
 Identificación de la muestra : Procedencia: Distrito de Santiago, Ica.
 Punto de muestreo: Caserío El Cantoral.
 Toma de muestra: 2020-01-23 Hora: 06:30
 Responsable de toma de muestra : Solicitante - Arley Felix Huamanlazo
 Forma de presentación : 01 frasco de vidrio (conservado en cadena de frío: 4.2 °C).

3. LUGAR DE ANÁLISIS:

Área Ambiental y de Alimentos : Laboratorio de Aguas y Ambientales.
 - BIOSLAB.

4. ASPECTOS TÉCNICOS DE LA MUESTRA

Cantidad de muestra : 500 mL
 Fecha de recepción : 2020-01-23
 Fecha de inicio del ensayo : 2020-01-23
 Fecha de término del ensayo : 2020-01-27

5. ENSAYOS Y RESULTADOS:

Ensayos Microbiológicos	Resultados
Bacterias coliformes totales (NMP/100 mL)	3 600
Bacterias coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	300

NMP/100 mL: Número más probable en 100 mililitros.

Método:

Coliformos totales (NMP) : SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 9221 B, 23rd Ed, 2017, Multiple-Tube Fermentation Technique for of the Coliform Group, Standard Total Coliform Fermentation Technique.
 Coliformos termotolerantes (NMP) : SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 9221 E-1, 23rd Ed, 2017, Multiple-Tube Fermentation Technique for of the Coliform Group, Fecal Coliform Procedure, Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).

Este documento al ser emitido sin el símbolo de la acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA

Figura: Resultado con tratamiento de 15cm (TD)