TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

"EVALUACIÓN DE LA PENCA DE TUNA (*Opuntia ficus-indica* (L.) MILL) COMO COAGULANTE NATURAL ALTERNATIVO PARA LA PURIFICACIÓN DE MUESTRAS DE AGUA PROVENIENTES DEL CANAL DE SAN FERNANDO, NUEVO IMPERIAL – CAÑETE"

Tesis para optar el título de:

INGENIERO(A) AMBIENTAL

Presentado por:
Bach. Jackeline Luzmila Medina Portuguez (ORCID: 0000-0002-9873-1826)

Asesor:

Dr. Luis Americo Carrasco Venegas (ORCID: 0000-0002-7832-3366)

Lima – Perú

2020

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 21 de agosto de 2020.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Dra. Gladys Liliana Lino Villanueva	☐
Miembro: Mg. Mirtha Rosario Nazario Ramirez	
Miembro: Blgo. Gustavo Ricardo Dreyfus Raymond	

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:
"EVALUACIÓN DE LA PENCA DE TUNA PUNTIA FICUS-INDICA (L.) MILL) COMO COAGULANTE NATURAL ALTERNATIVO PARA LA PURIFICACIÓN DE MUESTRAS DE AGUA PROVENIENTES DEL CANAL DE SAN FERNANDO, NUEVO IMPERIAL – CAÑETE"

Presentada por la estudiante/bachiller:

- Jackeline Luzmila Medina Portuguez

Para optar al Título Profesional de Ingeniera Ambiental

Asesorado por:

- PhD. Luis Americo Carrasco Venegas

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño del estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental en la sustentación, concluyen de manera unánime (x) por mayoría simple ( ) calificar a:

Tesista: Jackeline Luzmila Medina Portuguez			Nota (en letras): Catorce
Aprobado (x)	Aprobado - Muy buena ( )	Aprobado - Sobresaliente ( )	Desaprobado ( )

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.

Dra. Gladys Liliana Lino Villanueva
Presidente del Jurado

PhD. Luis Americo Carrasco Venegas
Asesor

Mg. Mirtha Rosario Nazario Ramirez
Miembro 1

Blgo. Gustavo Ricardo Dreyfus Raymond
Miembro 2

T // (511) 610 6738
informes@cientifica.edu.pe
cientifica.edu.pe

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

DEDICATORIA

Esta tesis es un logro más de los que espero darte en lo que me reste de vida mamá, te debo los años de sacrificio que hiciste para sacarme adelante, poder forjarme un futuro y tener una carrera que te costó sudor y lágrimas porque no solo fueron 5 años, fueron los años desde que inicio mi educación, tú que trabajabas día a día sin descanso y solo esperabas verme acabar la Universidad para que todo tu esfuerzo se pueda reflejar en un primer objetivo cumplido. Si Dios lo quiere, me quedaran más años para que yo pueda ir compensando esos sábados y domingos trabajados, esas madrugadas y esas noches de cansancio. No te defraude mami y he aquí lo que esperabas, me faltan muchas metas más que dedicarte.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

AGRADECIMIENTOS

¡Gracias a Dios por haberme permitido estudiar esta linda carrera, a mi madre que hizo también por padre y que bien lo hizo! A la mama Delia por haberme apoyado también en este camino de forjarme un futuro, agradecerle a mi Facultad, a mis profesores y a mi asesor por todo el tiempo y ayuda que me brindaron cuando más lo necesite.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

INDICE GENERAL

DEDICATORIA 2

AGRADECIMIENTOS 3

INDICE GENERAL 4

INDICE DE FIGURAS 6

INDICE DE TABLAS 7

INDICE DE ANEXOS 8

RESUMEN 9

ABSTRACT 10

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 11

II. MARCO TEÓRICO 13

III. OBJETIVOS/HIPÓTESIS 16

3. Objetivos 16

3.1 General 16

3.2 Específicos 16

IV. METODOLOGÍA 17

4.1 Área de estudio 17

4.2 Muestreo de agua 19

a) Obtención de muestra de agua 19

b) Manejo y transporte de muestras de agua 19

4.3 Muestreo de PENTU 20

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

a) Obtención de pulpa de PENTU 20

b) Dosis de coagulante 21

4.4. Diseño experimental 22

a) Tipo diseño de investigación 22

b) Variables del diseño experimental 22

c) Diseño 22

4.5. Metodología 22

4.6. Procedimiento experimental 23

a) Criterios para la mezcla rápida de PENTU 25

4.7 Análisis estadístico 25

V. RESULTADOS 26

VI. DISCUSIÓN 33

VII. CONCLUSIONES 38

VIII. RECOMENDACIONES 39

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 40

X. ABREVIATURAS 50

XI. ANEXOS 51

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del centro poblado San Fernando, Nuevo Imperial - Cañete. Fuente: Elaboración propia. 18

Figura 2. Diagrama de flujo de la obtención de la pulpa de tuna. Fuente: Elaboración propia. 21

Figura 3. Diagrama de flujo de la metodología de la investigación. Fuente: Elaboración propia. 23

Figura 4. Gráficos de los parámetros evaluados vs los tratamientos con PENTU aplicados a las muestras de agua del canal de San Fernando. Fuente: Elaboración propia. 31

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 26

Tabla 2 28

Tabla 3 29

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

INDICE DE ANEXOS

Anexo A. Identificación del problema 51

Anexo B. Zona de muestreo 52

Anexo C. Obtención y toma de muestra de agua del canal de San Fernando . 53

Anexo D. Cultivo de Opuntia ficus-indica en San Fernando 54

Anexo E. Recolección de Opuntia ficus-indica 55

Anexo F. Acondicionamiento de Opuntia ficus-indica 56

Anexo G. Obtención de mucílago 57

Anexo I. Análisis de muestras 57

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

RESUMEN

Diversas investigaciones han propuesto que las familias de las cactáceas contienen propiedades coagulantes para tratar aguas turbias. En la presente investigación se evaluó la penca de tuna como coagulante natural alternativo para la purificación de muestras de agua provenientes del canal de San Fernando con valores de turbidez de 15 NTU. Se utilizaron concentraciones de 10 g / 500 mL,15 g / 500 mL, 25 g / 500 mL, 40 g / 500 mL y 60 g / 500 mL de mucílago de *Opuntia ficus-indica* y se estudiaron los parámetros fisicoquímicos de turbidez, color, sólidos sedimentables, pH y coliformes termotolerantes. Los resultados obtenidos demostraron que el mucílago de *O. ficus indica* utilizado en el proceso de coagulación con dosis entre 40 g / 500 mL y 60 g / 500 mL remueve turbidez hasta un 25%. Se determinó que esta planta contiene mayores propiedades coagulantes en dosis de 60 g de *O. ficus-indica* / 500 mL. Asimismo, se observó una variación mínima en el pH y el color de las aguas tratadas con *O. ficus-indica*.

Palabras clave: Coagulante; opuntia ; mucílago, turbidez.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

ABSTRACT

In the present investigation the prickly pear prickly pear was evaluated as an alternative natural coagulant for the purification of water samples from the San Fernando canal with turbidity values of 15 NTU. Concentrations of 10g / 500 mL, 15g / 500 mL, 25g / 500 mL, 40g / 500 mL and 60g / 500 mL of *Opuntia ficus-indica* mucilage were used. The physicochemical parameters of turbidity, color, sedimentable solids, pH and thermotolerant coliforms were studied. The results showed that the *O. ficus indica* mucilage used in the coagulation process with doses between 40g / 500mL and 60g / 500 mL removes turbidity up to 25%. It was determined that this plant contains higher coagulant properties at a dose of 60 g of *O. ficus-indica* / 500mL. Likewise, a minimal variation in the pH and color of the waters treated was observed.

Keywords: Coagulant; Opuntia ; mucilage, turbidity, pH

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La contaminación de agua, ausencia de saneamiento y la falta de educación, se vinculan a factores relacionados con los hábitos y las costumbres de los habitantes en las zonas rurales donde los recursos económicos suelen ser limitados (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2016), conllevando a que no se maneje de forma eficiente el uso del agua (Autoridad Nacional del Agua, 2014). El 90% de las zonas rurales no cumple un adecuado lavado de manos, el 98% maneja el agua de manera ineficiente y el 54% mantiene sus letrinas y viviendas en mal estado sanitario (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS], 2017). Asimismo, la falta de sistemas de alcantarillado en la zonas urbanas y rurales marginales de la Provincia de Nuevo Imperial - Cañete ha venido generando contaminación por heces en los cuerpos de agua y en suelo debido a la mala disposición de excretas (Comité Distrital de Seguridad Ciudadana [CODISEC], 2016), dando origen de esta forma a múltiples enfermedades gastrointestinales causantes de morbilidad principalmente en niñas y niños menores de cinco años de edad (Ministerio de Salud [MINSA], 2014).

Actualmente el centro poblado de San Fernando no cuenta con un servicio de alcantarillado y suministro de agua potable (Contraloría General de la República, 2012). Es habitual que los pobladores recolecten agua del canal en sus reservorios caseros como bidones, tanques, pozos y/o recipientes caseros; (Plan Estratégico Anual, Nuevo Imperial 2015-2018) para lavar, alimentarse y asearse, inclusive bañarse dentro del canal de San Fernando representa una actividad recreacional.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Esta investigación se desarrolló en beneficio de la población, buscando nuevos métodos domiciliarios alternativos que sirvan para tratar el agua que utilizan para sus necesidades básicas y de consumo, dándoles la facilidad a operar de manera inmediata sin requerir de herramientas sofisticadas para realizar este tratamiento no convencional.

En el aspecto social**,** los pobladores de San Fernando cuentan con bajos recursos económicos, la mayoría de ellos no conoce el grado de exposición ni las graves consecuencias que implica consumir agua directamente del canal en estudio (CODISEC, 2016; Plan Estratégico Anual, Nuevo Imperial 2015-2018), por ello con esta investigación se espera promover el interés de las autoridades locales que puedan difundir, capacitar y/o concientizar a la población sobre la salubridad del agua y riesgos a los que se exponen, previniendo de esta manera la aparición de enfermedades y la continuación de malas prácticas de higiene (Anexo A).

En el aspecto económico**,** se optó por utilizar un método que esté orientado a la disminución de costos, tal como es la penca de tuna, la cual crece de manera silvestre en la zona de estudio y los pobladores pueden tener acceso a ella.

En el aspecto ambiental, al usar penca de tuna como coagulante natural no se genera impactos nocivos por residuos durante el tratamiento, al contrario, los restos de penca después de haber sido utilizadas se pueden dispersar en los campos de cultivo, sirviendo como abono orgánico sin ningún efecto adverso, contribuyendo de manera sostenible con el uso de recursos naturales.

Como Ingeniero ambiental, es necesario proponer alternativas de solución para evitar el uso de agua contaminada con el fin de disminuir riesgos a la salud de la

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

población de San Fernando, fortaleciendo la participación de las comunidades locales en la mejora de la gestión del agua, que pueda garantizarles un recurso seguro para sus actividades cotidianas.

II. MARCO TEÓRICO

En los últimos tiempos hemos hecho de las fuentes naturales, la disposición final de los residuos, afectando su conservación y con ello el bienestar humano (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 2012). En Asia, África, América Latina y Medio Oriente, la contaminación por vertidos de aguas residuales se ha incrementado (Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente [UNEP], 2016). Solo el 8% de las zonas vulnerables recibe tratamiento de agua potable, el resto simplemente no cuenta con servicios de saneamiento (UNESCO, 2017). Ello ha obligado que la población dependa de las aguas superficiales contaminadas para usos de primera necesidad (World Health and Organization, 2017), generando de esta manera la transmisión de virus y/o enfermedades perjudiciales para la salud (OMS, 2016).

El agua insalubre contiene sustancias tóxicas que alteran sus condiciones físicas, químicas y biológicas (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM), por eso debe realizarse un tratamiento óptimo que asegure su calidad (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2017) cumpliendo con los parámetros establecidos en la normativa vigente.

En Lima, aún persisten zonas urbanas que no cuentan con servicios básicos de saneamiento (MVCS, 2017), tal es el caso de la provincia de Cañete, donde el 9% de las viviendas utilizan agua directamente de ríos o canales, el 6% compra agua de camión cisterna, mientras que el 10% utiliza agua de pozo y pilón. En

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

esta provincia, se encuentra ubicado el distrito de Nuevo Imperial, en el cual el 92% de los hogares consumen agua de mala calidad y solo el 8% consume agua en condiciones salubres (CODISEC, 2016).

Dentro del distrito se ubica el centro poblado San Fernando que tampoco cuenta con servicios de agua potable ni sistema de alcantarillado (Municipalidad de Nuevo Imperial, 2018), teniendo como principal fuente de abasto el canal de regadío situado a 100 m de las viviendas. Este recorre otras localidades y campos de cultivo, y en su trayecto recibe efluentes domiciliarios de los mismos.

Por tales motivos, se deben implementar diversas técnicas y/o nuevas tecnologías para el tratamiento de agua en zonas con bajos recursos (Dirección General de Salud [DIGESA], 2011).Por ejemplo, en regiones de la Amazonía y zonas alto andinas se realizó la Guía Técnica para la Implementación, Operación y Mantenimiento del "Sistema de Tratamiento Intradomiciliario de Agua para Consumo Humano - MI AGUA" para el alcance de pobladores que no contaban con acceso al agua potable, el cual consistió en utilizar piedra de alumbre en un recipiente con el agua a tratar, que con solo agitarlo se daba inicio al proceso de coagulación y finalmente obtenían un agua de mejor calidad (MINSA, 2011). Sin embargo, remover ciertos elementos contaminantes requiere en ocasiones de altos costos (Gil, Soto, Usma y Gutierrez, 2012) dependiendo de sus características. La descontaminación del agua debe pasar por diferentes procesos de tratamiento (Ramalho, 1996; Rigola, 1990), uno de los cuales es el de coagulación – floculación (Weber, 2003) que sirve para reducir y desestabilizar partículas en suspensión presentes en el agua, posibilitando su aglomeración y formación de flóculos, para su posterior sedimentación (Aguilar, Saez, Lloréns, Soler y Ortuño , 2002; Andía, 2000).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Generalmente en un tratamiento convencional, se utilizan coagulantes sintéticos (Gurdián y Coto, 2011), tales como el sulfato de aluminio o el cloruro férrico (Campos, et al*.,* 2003), muy cuestionados debido a los problemas de salud que causan, como el desarrollo de algún tipo de cáncer (Medina, Gomez, Aragon y Toro, 2006) y problemas medioambientales que se han producido por la generación de lodos tóxicos que no pueden ser utilizados en la agricultura (Christopher, Michael y Doyle, 1995). De igual forma se han optado por otras tecnologías no convencionales (Gonzales, Fuentes, Mendoza y Caldera, 2015), como el uso de coagulantes naturales de origen vegetal y/o animal (Litter, Morgada, Lin, García y Hidalgo, 2010) caracterizados por ser de bajo costo, sostenibles con el ambiente y que además poseen propiedades antimicrobianas (Solís, Laine y Hernandéz, 2012).Por ejemplo, la penca de tuna (*Opuntia ficus-indica*, PENTU de aquí en adelante), es caracterizada por contar con proteínas, polisacáridos, taninos y alcaloides (Banchón, Baquerizo, Muñoz y Zambrano, 2016) que ayudan a reducir y/o eliminar el contenido de microorganismos patógenos, el nivel de turbidez y color del agua contaminada (Morejón, 2017).

Teniendo en consideración la agravada situación de lo expuesto anteriormente, los pobladores de San Fernando desconocen los riesgos y peligros a los que están sometidos a diario por el consumo de agua no tratada y falta de salubridad, es por eso que se buscó establecer una tecnología de fácil implementación y de bajo costo que mejore la calidad de agua, haciendo uso de recursos sostenibles, económicos y de rápido acceso, como es la utilización de PENTU en el tratamiento por coagulación a nivel domiciliario.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

III. OBJETIVOS/HIPÓTESIS

3. Objetivos

3.1 General

- Evaluar la eficiencia del mucílago de *Opuntia ficus-indica* como coagulante natural aplicado a muestras de agua provenientes del canal de San Fernando en el distrito de Nuevo Imperial.

3.2 Específicos

- Caracterizar el agua del canal de San Fernando considerando los parámetros físico-químicos de pH, turbidez, sólidos sedimentables, color y coliformes termotolerantes.
- Evaluar la variación de los parámetros físico-químicos: pH, sólidos sedimentables, turbidez y coliformes termotolerantes, al aplicar el mucílago *O. ficus-indica.*
- Determinar la dosis óptima de *O. ficus-indica* para el cumplimiento de los parámetros físico-químicos establecidos en el Límite Máximo Permisible de Agua para consumo humano (DS N° 031-2010-SA)
- Evaluar la aplicabilidad de *O. ficus indica* en un sistema intradomiciliario.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

IV. METODOLOGÍA

4.1 Área de estudio

El centro poblado de San Fernando se encuentra en el distrito de Nuevo Imperial, provincia de Cañete, y cuenta con una población de 427 habitantes (Plan Estratégico Anual, Nuevo Imperial 2015-2018,2014). Se ubica a una altitud de 205 m.s.n.m., entre las coordenadas 76º19’15’’O y 13º04’57’’S. La principal fuente acuífera del distrito es el canal de Nuevo Imperial (Figura 1), mismo que fue construido para el fomento de la agricultura en Cañete. Su longitud es de 28 km y recorre diferentes centros poblados (CODISEC, 2016; Plan Estratégico Institucional 2015-2018).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

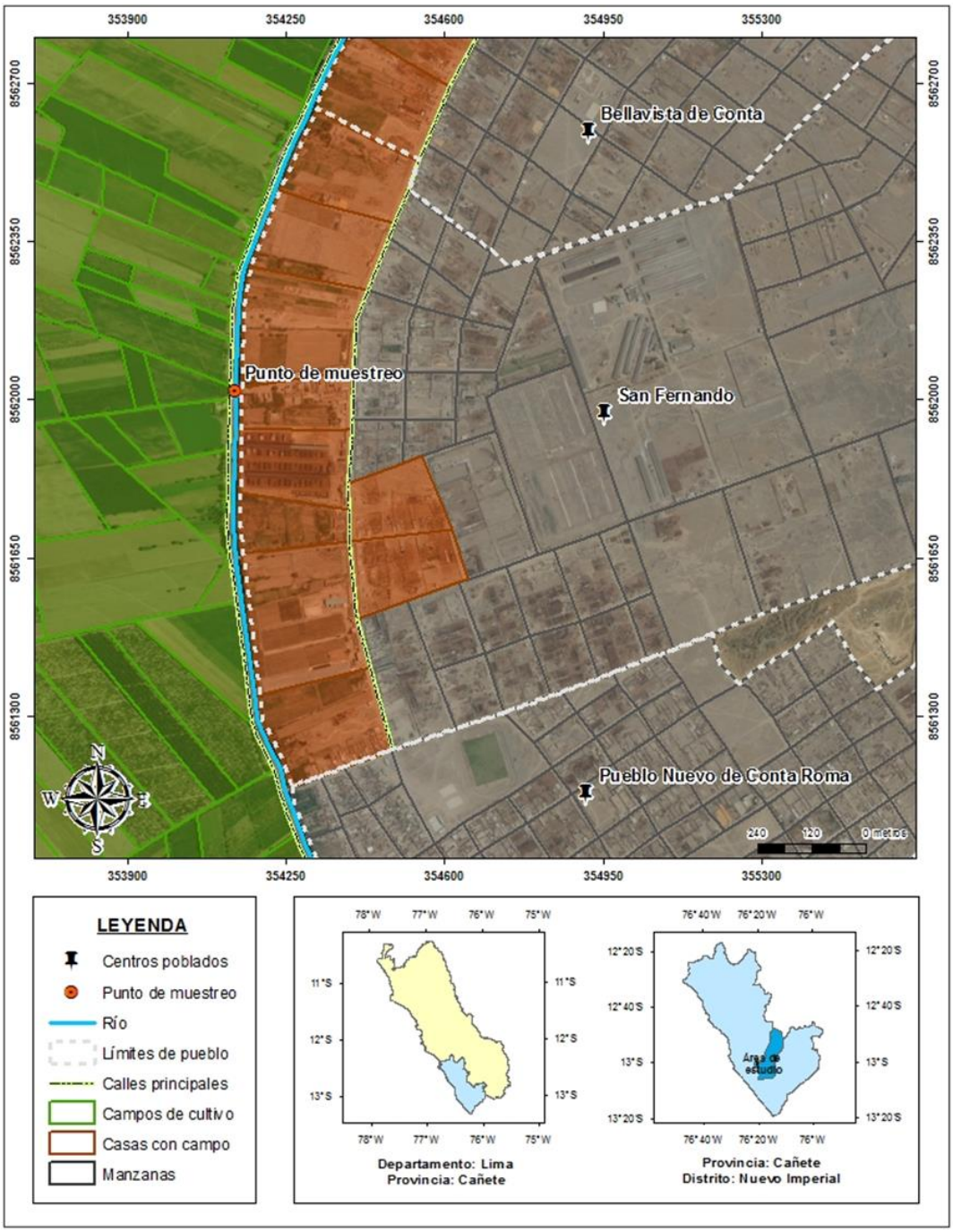


Figura 1. Ubicación geográfica del centro poblado San Fernando, Nuevo Imperial - Cañete. Fuente: Elaboración propia.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

4.2 Muestreo de agua

La ubicación del punto de muestreo en el canal de San Fernando, se localiza en las coordenadas 13°00'15.29" S 76°20'41.84"O que es adyacente a las viviendas (Figura 1, Anexo B).

a) Obtención de muestra de agua

Se realizó un muestreo de tipo puntual en el canal de san Fernando (Figura 1), utilizando 14 frascos de plástico blanco 1L previamente esterilizados (Anexo C), que fueron rotulados antes de la toma de muestras. Al momento de iniciar la recolección, se tomó en cuenta no remover el agua del canal en la zona en la que se extrajeron, de acuerdo al protocolo establecido por la Autoridad Nacional del Agua (Resolución Jefatural 010-2016-ANA).

Cabe resaltar que las botellas fueron llenadas completamente con las muestras de agua para evitar la intrusión de oxígeno.

b) Manejo y transporte de muestras de agua

Las muestras preservadas, se taparon herméticamente y fueron refrigeradas en hieleras en posición vertical, con sus respectivos refrigerantes, a una baja temperatura constante (4°C).

De estas muestras 1L se trasladó al laboratorio certificado SAT, dentro de las 24 horas a partir de su recolección para el análisis de los parámetros coliformes termotolerantes y color. Las muestras restantes se trasladaron al laboratorio de la facultad de química de la Universidad Nacional del Callao.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

4.3 Muestreo de PENTU

Se procedió con la recolección de las muestras de PENTU en el centro poblado de San Fernando (Anexo D), teniendo en cuenta el promedio de años de la planta (1 a 3 años) (Contreras, Mendoza, Salcedo, Olivero y Mendoza, 2015), considerando que la plantas que son menores a 1 año se diferencian por un menor tamaño y delgadez (Carrasco, 2018) y las plantas maduras tienen mayor tamaño y grosor (Anexo E). Por ello se consideraron estas últimas que tienen mayor desarrollo en los cladodios y son adecuadas para el tratamiento de acuerdo a las recomendaciones planteadas por Sandoval y Laines (2013).

Se verificó de manera visual que se encuentren exentas de plagas y/o enfermedades propias de la planta y con la ayuda de un cúter se procedió a cortar cada paleta de cladodio, de esta manera se recolectaron los 10kg de PENTU que fueron trasladados al laboratorio.

a) Obtención de pulpa de PENTU

Una vez recolectados los 10 kg de cladodios de tuna y cumpliendo con las condiciones necesarias, se acondicionaron pasando por el proceso de lavado de cada penca cepillándolas para eliminar residuos propios del ambiente y se eliminaron las espinas propias de los cladodios para evitar incidentes en la experiencia. Se realizó el pelado de la penca y retiro de la cubierta (cutícula) (Anexo F); previo a ello se tomó en cuenta el peso de PENTU. Esto también se realizó al haber finalizado el proceso de pelado para establecer un balance de masas por proceso de operación. Los cladodios una vez pelados se trituraron con mortero para extraer el

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

mucílago puro e introducirlo en las muestras de agua recolectadas (Anexo G).

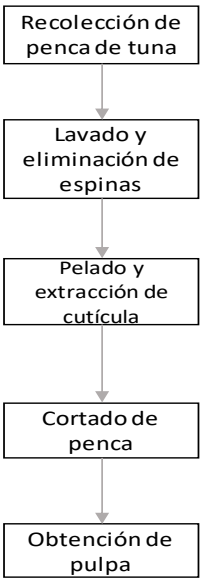


Figura 2. Diagrama de flujo de la obtención de la pulpa de tuna. Fuente: Elaboración propia.

b) Dosis de coagulante

De acuerdo con otros estudios las medidas óptimas se encuentran en un rango de 50 a 100 g de coagulante / L de muestra (Barraque, 1979 ; Aguilar, Saez, Lloréns, Soler, & Ortuño , 2002; Solís, Laines, & Hernandéz, 2012). Se realizaron pruebas preliminares mediante las cuales se determinó una dosis máxima de coagulante previo a que la muestra presentase textura gomosa, la cual fue 70 g / 500mL. En función a esto se determinaron las siguientes concentraciones de 10 g / 500mL, 15 g / 500mL, 25 g / 500mL, 40 g / 500mL y 60 g / 500mL de muestra.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

4.4. Diseño experimental

A continuación, se muestra el diseño experimental que se desarrolló para cada una de las etapas del trabajo de investigación.

a) Tipo diseño de investigación

Esta investigación es explicativa de tipo experimental puro.

b) Variables del diseño experimental

Las variables utilizadas en el presente estudio se encuentran en la matriz de consistencia (ANEXO I).

c) Diseño

Se trabajó con 5 concentraciones de dosis de coagulante más 1 muestra control (blanco, sin PENTU) y 2 tiempos de agitación, en el que se tendrá un diseño experimental de 2 x 6, teniendo de esta manera 12 experimentos con un total de 3 repeticiones cada uno (36 experimentos en total).

4.5. Metodología

A continuación, se grafica la metodología del presente estudio (Figura3):

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

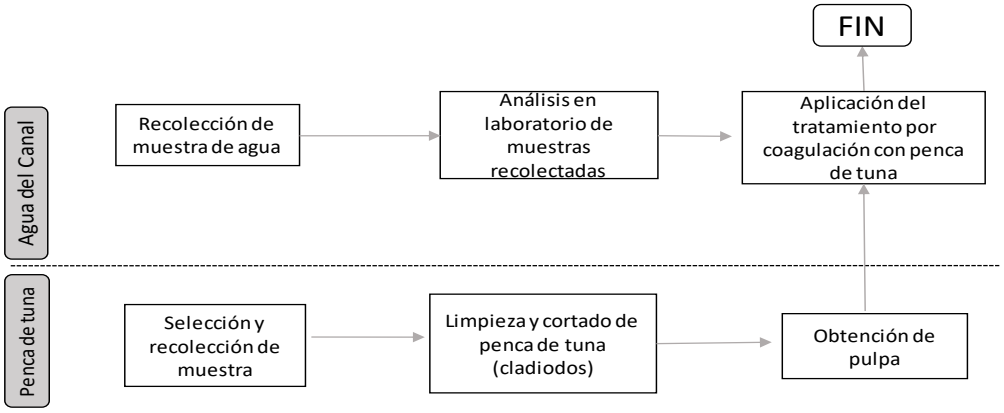


Figura 3. Diagrama de flujo de la metodología de la investigación. Fuente: Elaboración propia.

4.6. Procedimiento experimental

La medición de parámetros fisicoquímico, se detalla a continuación:

Turbidez: se midió utilizando un turbidímetro, en el cual se colocó 10 mL de muestra en la celda del equipo Hanna (Standard Methods for examination water 2130 B, 2012).

Solidos sedimentables: se realizó a través del cono Imhoff, en el cual se colocó 1 L de muestra, agitándola con una varilla para conseguir una suspensión homogénea y se dejó sedimentar hasta los 60 minutos que se tomaron los datos para las 3 repeticiones (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Section 2540E)

pH: se midió utilizando el equipo multiparámetro Hanna. Se agitó la muestra con una varilla antes de la medición de pH. (Resolución Jefatural 010-2016-ANA).

Coliformes termotolerantes y color: fueron analizados por el laboratorio certificado SAT (SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E, 23rd Ed.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Thermotolerant (Fecal) Coliform Procedure).

Posteriormente en el Laboratorio de la Facultad de Química de la Universidad Nacional de Callao se procedió a la mezcla de muestra con coagulante, por lo cual se empleó un total de 6 vasos precipitados de 500 mL para las 5 concentraciones de coagulante y la muestra control para cada experiencia (Anexo H).

Cada unidad contenía 500 mL de líquido con las respectivas dosis de 10 g, 15 g, 25 g, 40 g y 60 g según el diseño experimental propuesto, luego se procedió con la agitación manual con una varilla de vidrio para cada muestra con el tratamiento, haciendo movimientos circulares; la experiencia se repitió tres veces, durante 2 y 4 minutos respectivamente.

Transcurrido el tiempo de agitación, se dejó sedimentar por 24 horas teniendo cuidado de no realizar algún movimiento abrupto que pudiera romper los flóculos que se formaron.

Después de las 24 horas se procedió con la filtración utilizando papel filtro y matraz, asimismo se midió los parámetros físico-químicos para analizar las condiciones finales de las muestras, realizando los cálculos y análisis necesarios.

Las variables físico-químicas a medir han sido escogidas en base a estudios realizados por diferentes autores (Arcila, et al., 2014; De Souza, Da Silva, Dantas, Alves y Paiva, 2017), siendo los que más caracterizan la calidad de agua (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2004).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

a) Criterios para la mezcla rápida de PENTU

Para realizar el grado de agitación o mezcla rápida, se resalta que al no ser mecánica se hizo de forma manual para simular las revoluciones por minuto (RPM) de un agitador convencional, considerando que el escenario del proyecto es domiciliario, se mezcló de forma rápida la muestra y el mucílago extraído con la ayuda de una varilla durante 2 min y 4 min consecutivamente.

4.7 Análisis estadístico

Se llevó a cabo una regresión lineal simple entre los valores obtenidos de cada parámetro y las concentraciones de PENTU aplicadas, ello para cada tiempo de agitación. Esto permitió evaluar la existencia de un efecto significativo de los tratamientos con PENTU en los parámetros evaluados.

Por otro lado, el efecto de los diferentes tiempos de agitación fue evaluado mediante la prueba t-pareada con un nivel de significancia del 5%. Esta prueba se aplicó para cada tratamiento, y además se calculó el porcentaje de variación entre ambos tiempos de agitación.

Previamente a estas pruebas se corroboraron los supuestos de normalidad y homocedasticidad mediante las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene, respectivamente, con un nivel de significancia del 5%. Todas las pruebas estadísticas se realizaron con el software estadístico R v.3.6.2

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

V. RESULTADOS

5.1 Caracterización físico-química del agua del canal de San Fernando

La caracterización del agua del canal de San Fernando se muestra en la Tabla1.

Tabla 1

Caracterización de las aguas del canal de San Fernando.

DATOS DEL MUESTREO								
Identificación de muestra	Fecha de muestra	Hora de muestra	Parámetros requeridos					
			pH	Temperatura °C	Coliformes Termotolerantes NMP/100mL	Turbidez NTU	Solidos Sedimentables mL/L	Color UC
Agua de canal	15/11/2019	6h 30 min	6.9	21.5	13000	15	0.2	<2

5.2 Variación de los parámetros físico químicos frente a la aplicación de PENTU

Los valores obtenidos de turbidez, sólidos sedimentables y coliformes presentaron una correlación significativa ($p \leq 0.012$) respecto a las concentraciones de PENTU aplicadas. Sumado a esto, los coeficientes de correlación de Pearson ($r \leq -0.91$) de los parámetros ya mencionados reflejan una correlación negativa muy alta (Tabla 2, Figura 4). Esto ocurrió independientemente para cada tiempo de agitación, e indica que sí ha habido una disminución significativa en los valores de cada parámetro debido a la aplicación de PENTU a las muestras de agua.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

En cuanto a la turbidez (2 minutos), el valor mínimo alcanzado para el rango de concentraciones de PENTU fue de 11.5 ± 0.5 NTU (tratamiento 5, Tabla 3). La tasa de disminución de la turbidez fue de 0.052 NTU por cada gramo de PENTU añadido a una muestra de 500 mL. Valores semejantes se dieron para el tiempo de agitación de 4 minutos (Figura 4).

Para los sólidos sedimentables (2 minutos), el valor mínimo alcanzado para el rango de concentraciones de PENTU fue de 0.15 ± 0.01 mL/L (tratamiento 5, Tabla 3). La tasa de disminución de los sólidos sedimentables fue de 0.001 mL/L por cada gramo de PENTU añadido a una muestra de 500 mL. Valores semejantes se dieron para el tiempo de agitación de 4 minutos (Figura 4).

Los coliformes termotolerantes (2 y 4 minutos), alcanzaron un valor mínimo de 11000 ± 0 NMP / 100 mL (tratamiento 5, Tabla 3) para el rango de concentraciones de PENTU. La tasa de disminución de los coliformes TT fue de 31.25 NMP / 100 mL por cada gramo de PENTU añadido a una muestra de 500mL (Figura 4).

La variación del pH frente a la aplicación de PENTU en las muestras de agua no fue significativa para ninguno de los tiempos de agitación ($p \geq 0.722$).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Tabla 2

Estadísticos de regresión lineal simple para detectar diferencias significativas entre tratamientos de cada parámetro evaluado y en cada tiempo de agitación en las muestras de agua del canal de San Fernando.

	TURBIDEZ		SÓLIDOS SEDIMENTABLES		COLIFORMES		PH	
	2 min	**4 min**	**2 min**	**4 min**	**2 min**	**4 min**	**2 min**	**4 min**
Valor p	0.002	0.002	0.002	0.008	0.012	0.012	0.819	0.722
Coeficiente r	-0.96	-0.96	-0.96	-0.93	-0.91	-0.91	0.12	-0.19

La reducción de la turbidez entre los tiempos de agitación fue significativa solo para los tratamientos C1, C2 y C3 ($p \leq 0.03$) en los cuales se redujo entre 0.7% y 1.3%. Para los demás tratamientos la reducción no fue significativa. De manera similar, el parámetro de sólidos sedimentables experimentó una reducción significativa en los tratamientos C3 y C5, las cuales fueron de 5.9% y 3.7%, respectivamente. Los demás tratamientos no tuvieron una variación significativa entre los tiempos de agitación (Tabla 3).

En el caso del pH, la reducción no fue significativa para ningún tratamiento. Finalmente, las variaciones entre ambos tiempos de agitación del parámetro de coliformes fueron nulas para todos los tratamientos.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

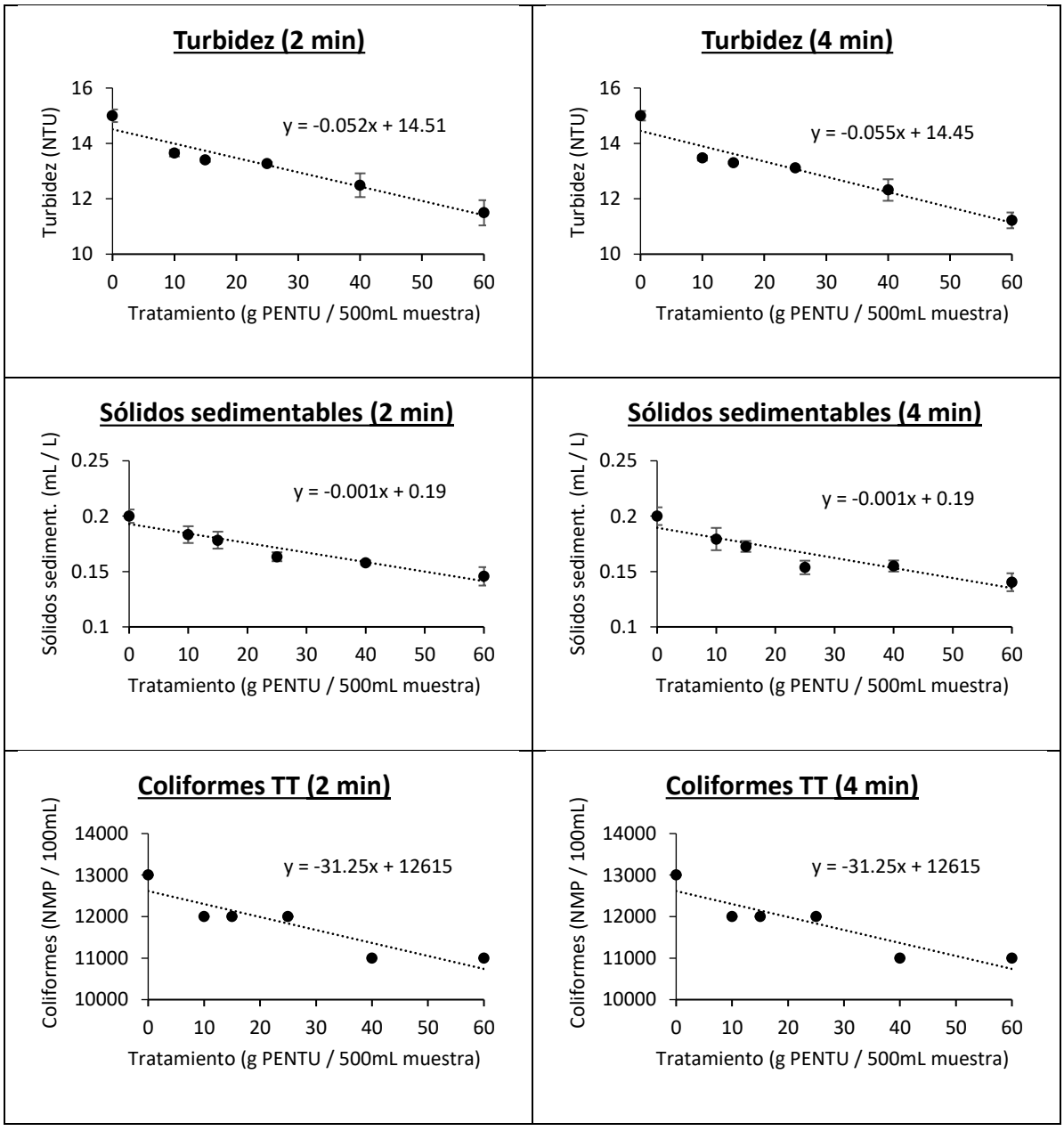
Tabla 3

Valores obtenidos de cada parámetro luego de la experimentación con las muestras de agua del canal de San Fernando.

Tratamiento (mg PENTU / 500mL muestra)	TURBIDEZ (NTU)		SÓLIDOS SEDIMENTABLES (mL/L)		COLIFORMES (NMP/100mL)		PH (U-pH)	
	2 min	4 min	2 min	4 min	2 min	4 min	2 min	4 min
C0 (0)	15 ± 0.2	15 ± 0.2	0.2 ± 0.01	0.2 ± 0.01	13000 ± 0	13000 ± 0	6.73 ± 0.21	6.84 ± 0.08
C1 (10)	13.6 ± 0.1	13.5 ± 0.1	0.18 ± 0.01	0.18 ± 0.01	12000 ± 0	12000 ± 0	6.66 ± 0.21	6.82 ± 0.04
C2 (15)	13.4 ± 0.1	13.3 ± 0	0.18 ± 0.01	0.17 ± 0	12000 ± 0	12000 ± 0	6.67 ± 0.23	6.67 ± 0.1
C3 (25)	13.3 ± 0.1	13.1 ± 0	0.16 ± 0	0.15 ± 0.01	12000 ± 0	12000 ± 0	6.94 ± 0.26	6.8 ± 0.03
C4 (40)	12.5 ± 0.4	12.3 ± 0.4	0.16 ± 0	0.16 ± 0.01	11000 ± 0	11000 ± 0	6.89 ± 0.26	6.75 ± 0.15

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

C5 (60)	11.5 ± 0.5	11.2 ± 0.3	0.15 ± 0.01	0.14 ± 0.01	11000 ± 0	11000 ± 0	6.66 ± 0.21	6.79 ± 0.12



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

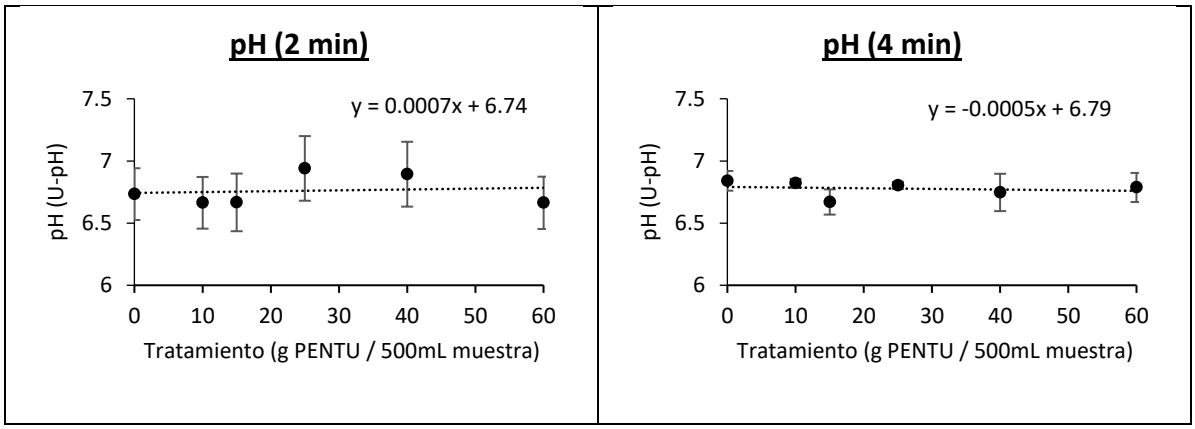


Figura 4. Gráficos de los parámetros evaluados vs los tratamientos con PENTU aplicados a las muestras de agua del canal de San Fernando. Fuente: Elaboración propia.

5.3 Factibilidad del uso de PENTU como purificador de agua en un sistema intradomiciliario

a) Factibilidad técnica

El centro poblado de San Fernando cuenta con una población de 427 habitantes, de los cuales casi la mitad de población podrían necesitar tener acceso al tratamiento con PENTU. En promedio una familia en San Fernando está compuesta por 5 personas (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2016) y el consumo de agua per cápita al día es de 253 L/hab/d (INEI, 2016). Entonces, la cantidad de agua necesaria por día y por familia sería de 1.3 m^3.

Por otro lado, una planta de penca de tuna puede producir un promedio de 15 a 20 cladodios al término de dos meses. Cada cladodio de 1 kg permite la purificación de 300 litros de agua.

Abastecimiento de penca de tuna en los hogares: para abastecer a una familia durante un mes, se necesitaría la purificación de 39 m^3 de agua, para lo cual sería necesario un total de 130 cladodios que representan 9 plantas de penca de tuna. Esto ocuparía un área de terreno de 15 m^2 para su cultivo; sin embargo,

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

para que se tenga un uso continuo en el tiempo, se tendría que utilizar como mínimo un área de 45 m^2 y hacer el cultivo de PENTU cada mes en un tercio de esta área, dejando las otras dos partes en reposo para permitir la regeneración de otras plantas, y así sucesivamente. Considerando el área de 45 m^2, esto es factible para las viviendas de San Fernando ya que la mayoría cuenta con terrenos de mas de 2 hectáreas de extensión.

Abastecimiento de los reservorios con agua del canal: está práctica se viene realizando desde siempre, siendo a través de baldes de 10 litros que cargan cada familia.

Disposición de los residuos de PENTU: luego de utilizar los cladodios de PENTU dándole el mayor uso posible, podrían someterse a un proceso de compostaje y posteriormente utilizarlo como fertilizante de plantas ornamentales o cultivos de la zona.

Factibilidad de la aplicación del tratamiento para pobladores de la zona: la utilización del tratamiento con PENTU es sencillo ya que no se necesitan materiales ni equipos sofisticados para poder aplicarlo, y basta con hacer uso de un cúter, guantes y reservorio para tratar el agua.

b) Factibilidad económica:

Comprar a una empresa distribuidora de agua potable de la zona la cantidad de 1 m^3 costaría entre 1.63 y 2.25 soles (Empresa Prestadora de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Cañete, 2015), un costo que muchas familias del centro poblado no podrían pagar o preferirían no hacerlo y utilizar directamente el agua del canal. En cambio, purificar la misma cantidad de agua mediante la utilización de Penca de tuna tendría un costo muy bajo ya que solo se incurriría en gastos

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

de compra de materiales como baldes para el transporte de agua del canal hacia sus reservorios, cúter, guantes, entre otros.

VI. DISCUSIÓN

Según diversos autores (Aguilar et al., 2002; Barraque, 1979; Solís et al., 2012) las dosis óptimas de *Opuntia ficus-indica* para remover turbidez, sólidos sedimentables y color se encuentran en un rango de 50 a 100 mg/L. Podemos diferir de esto, ya que en la presente investigación se determinó en pruebas preliminares a la experimentación, que entre 65 y 100 mg/L la mezcla se volvía gomosa, el agua perdía su consistencia original y no había disminución en ningún parámetro físico-químico, ni biológico. Al contrario, la turbidez se incrementaba, lo cual se asemeja a la experiencia de Inga (2019). Esta diferencia con los autores ya mencionados puede deberse a que la metodología utilizada fue haciendo uso del polvo extraído de PENTU, mismo que tuvo diferentes procesos como el secado, molienda y tamizado que también se evidenciaron en una mayor pérdida de masa.

Asimismo, se calculó que por cada 1 kg de PENTU se obtuvo aproximadamente 600 g de mucílago. Este resultado difiere con lo reportado por Solís et al. (2012), quienes obtuvieron 65 g de concentrado de cladodio por 1 kg de PENTU, mediante el método de extracción de polvo de PENTU. Sin embargo, podemos afirmar que el proceso de extracción de polvo genera mayor pérdida de agua a diferencia de la utilización de mucílago propiamente sin procesos adicionales.

Carrasquero et al. (2018) determinaron que usando un coagulante natural como *Tamarindus indica* con dosis de 100 mg/L en aguas de baja turbidez con rangos de 10 a 15 NTU, existía remoción de hasta un 20%, y en aguas con mayor

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

turbidez (200 NTU aproximadamente), se tenía remoción hasta del 85%. Esto se asemeja a los resultados de esta investigación, ya que las muestras de agua del canal de San Fernando presentaron 15 NTU de turbidez inicial y se alcanzó una reducción hasta 11 NTU, lo cual representó un 25% de remoción corroborando la experiencia que tuvo el autor. Con lo anterior, es probable que si el agua del canal tuviese niveles superiores de 100 NTU, se pueda lograr un mayor porcentaje de remoción. Asimismo, la efectividad de un coagulante está directamente relacionada con el tamaño de flóculos formados (Flores, Acosta, Murillo, Trejo, & Arreola, 2006) ya que, de tener acumuladas mayor cantidad de partículas grandes, estás sedimentan con mayor rapidez por la influencia de la gravedad (Arcila, y otros, 2014); y al no tener muestras de agua altamente turbias la formación de flóculos se vuelve escaso ya que la muestra no presenta partículas grandes que puedan caer a medida que se añade un coagulante como PENTU. Esto también es validado por otros autores que mencionan, que los coagulantes naturales suelen ser más efectivos en muestras con turbidez alta (Carrasquero, y otros, 2018). Quiros et al. (2010) demostraron igualmente que el cactus utilizado para la remoción de turbiedad mostró un comportamiento mayor al 50%, como coagulante en muestras de agua con turbidez superior a 100 NTU.

En cuanto a la remoción de coliformes termotolerantes, Inga (2019) utilizó penca de tuna liofilizada con concentraciones de 5 mg/L, 7.5 mg/L, 60 mg/L, 70 mg/L , 80 mg/L ,600 mg/L, 700 mg/L y 800 mg/L con una revolución rápida de 1 minuto, los cuales mostraron diversos resultados obteniendo que los coliformes termotolerantes se incrementaban a medida que la concentración aumentaba, desde un valor de 130 000 hasta un valor de 16 000 000; no obstante al utilizar dosis menores que 60 mg/L sí se evidenció disminución de coliformes TT.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Asimismo, en esta experiencia se pudo determinar que al aplicar concentraciones menores como 10 g / 500 mL, 40 g / 500mL y 60 g / 500mL si se tuvo remoción de coliformes pero en mínima cantidad no mayor al 10% lo cual no se relaciona con lo reportado por Inga (2019) que al utilizar dosis de 60 g/L si tuvo remoción significativa mayor al 30% de coliformes TT.

La diferencia de remoción de coliformes utilizando dosis de 60 g/L de PENTU para ambas investigaciones puede deberse a que utilizaron penca liofilizada y en este trabajo se utilizó solo mucílago de PENTU; cabe mencionar que algunas suculentas como lo es PENTU poseen propiedades antimicrobianas como quinonas, flavonoides, taninos, saponinas en la corteza y mucílago (Queirolo & Muñoz, 2012) y al no usar *O. ficus-indica* en su totalidad pueden perderse algunas de estas propiedades características que sirven para reducir la cantidad de coliformes.

Pinto (2017) en su investigación utilizando sábila y penca de tuna para la remoción de turbidez con concentraciones de 100 g / 200 mL, 200 g / 200 mL, 300 g / 200 mL, 400 g / 200 mL y 500 g / 200 mL, demostró que la medición de pH permaneció dentro del rango óptimo y se mantuvo igual para todas las dosis. Este resultado se respalda con lo mencionado por otros estudios en el uso de coagulantes naturales como *Opuntia wentiana,* en que las medidas de pH obtenidas no mostraban diferencia significativa (Parra et al., 2011) y eran constantes al usar *Prunus persica* (planta duraznero*)* (Carrasquero et al., 2015). Los cuales tienen relación con este estudio, ya que coincide con los parámetros de pH obtenidos, manteniéndose constante para los 5 tratamientos sin tener diferencias significativas.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Según lo estudiado por Pompilio (2013), usando tres especies de Opuntia: *Opuntia imbricala, Opuntia ficus y Opuntia microdasys* pudo lograr un rendimiento entre 2.5% y 7.0% para remover la turbidez del agua del Río Santa, también demostró que usando solo coagulantes naturales no se muestra gran diferencia de remoción y que utilizando un coagulante sintético como el sulfato de aluminio si contribuyó en la remoción de 75.4% de turbidez, de lo cual se puede deducir que *Opuntia ficus-indica* podría ser más efectiva si tiene la ayuda de otro coagulante o inclusive aplicando un proceso adicional de desinfección. En el trabajo realizado se tuvo remoción de turbidez del 25% aproximadamente, mayor a los porcentajes de las experiencias anteriores sin haber aplicado un coagulante sintético, no obstante, sigue siendo un porcentaje bajo según lo reportado por otros estudios (Amagloh & Benang, 2009; Contreras et al., 2015,Morejón, 2017).

Lopez (2018) identificó que el rango del color inicial en muestras de 20 y 500 NTU estuvo entre 8 y 39 UCV Pt/Co, y no se tuvo variación del color al aplicar concentraciones de coagulantes de *Opuntia ficus-indica* a los determinados niveles de turbidez. Lo cual se asemeja con el resultado obtenido, que inicialmente fue < 2 UC y posterior a la aplicación de tratamientos con las respectivas concentraciones, el resultado de color no tuvo mínima variación. Esto también puede deberse a que las aguas del canal de San Fernando tuvieron bajo nivel de turbidez por lo tanto el color no fue significativo para la aplicación del método presentado en esta tesis.

En cuanto a la factibilidad técnica y económica de la utilización de PENTU como coagulante natural para la purificación del agua de canal, queda demostrado que este procedimiento es viable para los habitantes del centro poblado de San

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Fernando. Además, su aplicación evitaría la compra de agua potable a una empresa suministradora de agua. Sumado a esto, actualmente no existe una frecuencia diaria del suministro de agua por estas empresas y los pobladores no cuentan con la infraestructura adecuada para almacenar grandes cantidades de agua y posterior suministro de la misma. Es por ello que, el método propuesto con PENTU permite proporcionar la cantidad diaria de agua requerida con un costo muy bajo, debido a que esta cactácea crece de manera silvestre cerca a los domicilios o puede ser cultivada dentro de los mismos. Como se mencionó anteriormente, es necesaria una adición de cloro en el agua para la eliminación de coliformes hasta niveles que la hagan apta para consumo humano o hervirla hasta alcanzar los 100°C.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

VII. CONCLUSIONES

1. Se concluye que a mayores concentraciones de PENTU, es mayor la remoción de turbidez en muestras de agua del canal de San Fernando.
2. PENTU no influenció en la variación de pH y color.
3. Las dosis de PENTU estudiadas disminuyeron los valores de sólidos sedimentables en un 20% del valor inicial.
4. PENTU no es un coagulante eficiente para aguas de baja turbidez (15 NTU) y puede ser una posible alternativa para la potabilización de las aguas si se le adiciona un componente final de desinfección como hipoclorito de sodio.
5. El rango de concentraciones de PENTU utilizadas en la presente investigación, no son suficiente para alcanzar a reducir los valores de estos cuatro parámetros hasta niveles aceptables según el Límite Máximo Permisible para agua en el Perú.
6. PENTU puede ser utilizado en beneficio de la población ya que no tiene costo alguno en su obtención y tiene la propiedad de crecer de manera silvestre en las zonas de San Fernando- Pueblo Nuevo de Conta.
7. El aumento del tiempo de agitación de PENTU con la muestra de agua de 2 a 4 minutos genera una remoción de turbidez más efectiva.
8. La aplicación de PENTU es factible técnica y económicamente para la purificación de agua en el centro poblado San Fernando

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

VIII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que después de tratar el agua utilizando mucílago de PENTU, se hierva antes de usarla o se utilice tratamiento con cloro para eliminar patógenos.

2. Se recomienda que el mucílago permanezca solo 24 horas en contacto con el agua para evitar que el agua pueda tornarse de aspecto turbio.

3. Se recomienda que el estudio pueda abarcar otros periodos del año para la toma de muestras de agua, considerando posibles efectos de la variación en los parámetros medidos o en el caudal de agua, entre otros.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar, M., Saez, J., Lloréns, M., Soler, A., & Ortuño , J. (2002). *Tratamiento fisico-quimico de aguas residuales.* (Vol. 1). España: Universidad de Murcia servicio de publicaciones. Recuperado el 24 de Junio de 2017

Alberti, M., & Parker, J. (1991). *Environmental Quality Index: The Search for Credible Measures.* USA: Environmental Impact Assessment Review.

Amagloh, F., & Benang, A. (2009). *Effectiveness of Moringa oleifera seed as coagulant for water purification.* African Journal of Agricultural Research 4(1), 119-123.

Andía, Y. (Abril de 2000). *Tratamiento de Agua.* Recuperado el 16 de 10 de 2016, de Coagulacion y Floculacion: http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154

Arboleda, J. (2000). *Teoría y práctica de la purificación del agua* (3 ed., Vol. 3a.). Bogotá, Colombia: McGraw-Hill Interamericana.

Arcila, J., Duque, F., Trujillo, D., Rincon, A., Pacheco, S., & Herrera, O. (2014). Remoción de turbiedad en agua de una fuente natural mediante coagulación/floculación usando almidón de plátano. *ION*, 17-34.

Autoridad Nacional del Agua (ANA). (2014). *Guía de consulta para la prevención y la gestión de conflictos hídricos.* Lima: Ediciones ANA - Publicaciones.

Autoridad Nacional del Agua. (11 de enero de 2016). *"Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales".*

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Recuperado el 13 de Febrero de 2017, de http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j._010-2016-ana_0.pdf

Ball, R., & Church, R. (1980). Water Quality Indexing and Scoring. *Journal of the Environmental Engineering*, 757-771.

Banchón, C., Baquerizo, R., Muñoz, D., & Zambrano, L. (2016). Coagulación natural para la descontaminación de efluentes industriales. *Enfoque UTE*.

Barraque. (1979). Manual técnico del agua. Bilbao, España: Degremont.

Barrenechea, A. (2004). *Tratamiento de agua para consumo: Plantas de filtración rápida.* Lima: CEPIS.

Bravo, H. (1991). *Las cactáceas de Mexico* (Vol. 3). Mexico: Universidad Nacional Autónoma.

Campos, J., Colina , G., Fernandez, N., Torres, G., Sulbaran, B., & Ojeda, G. (2003). *Caracterización del agente coagulante activo de las semillas de Moringa Olifeira mediante HPLC.* Venezuela: Boletín de investigaciones.

Carrasquero, S., Lozano, Y., García, M., Camacho, M., Rincon, A., & Rubi, A. (2015). Eficiencia de las semillas de durazno (Prunus persica) como coagulante en la potabilización de aguas. *Centro de Investigaciones Biologicas*, 239-255.

Carrasquero, S., Martinez, M., Castro, M., Lopez, Y., Diaz, A., & Colina, G. (2018). Remoción de turbidez usando semillas de Tamarindus Indica como coagulante para la potabilización de aguas. *Bases de la Ciencia*, 1-25.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

CATIE. (1986). *Memorias del Seminario-Taller Normas de Calidad de Agua.* Panama: Agencia internacional de desarrollo AID/ROCAP. Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=MMoOAQAAIAAJ&pg=PA18&dq=parametro+quimicos+del+agua&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjx68jD7_TUAhUE4D4KHTefCwcQ6wEIIjAA#v=onepage&q=parametro%20quimicos%20del%20agua&f=false

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano: Plantas de filtración rápida* (Vol. 1). Lima: CEPIS/OPS. Obtenido de http://bibliotecavirtual.minam.gob.pe/biam/bitstream/id/5657/BIV00012.pdf

CEPIS. (2004). *Tratamiento de agua para consumo.* Lima.

Christopher, H., Michael, P., & Doyle , G. (1995). In vitro acrylamide exposure alerts growth cone morphology. *Toxicology and Applied Pharmacology*.

Comité Distrital de Seguridad Ciudadana. (2016). *Plan local de seguridad ciudadana de Nuevo Imperial*. Lima, Cañete.

Contraloría General de la República. (2012). *Sistema de información de obras públicas*. Lima. Recuperado el 17 de enero de 2017, de https://apps.contraloria.gob.pe/ciudadano/wfm_obras_mostrar_1.aspx?ID=Yill

Contreras, K., Mendoza, Y., Salcedo, G., Olivero, R., & Mendoza, P. (2015). El Nopal (Opuntia ficus-indica) como coagulante natural complementario en la clarificación de agua. *Producción+limpia, 10*, 40-50.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

De Souza, R., Da Silva, P., Dantas, J., Alves, F., & Paiva, N. (2017). Opuntia ficus-indica (L.) Mill. (Cactaceae) in Climate Change Scenarios and Its Potential for Wastewater Bioremediationin Semi-Arid Regions: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Experimental Agriculture International*, 11.

Desjardins, R. (1997). *Le trataiment des eaux.* Quebec: Presses Internationales Polytechnique.

Desjardins, R. (1997). *Tiempos de decantacion.* Lima: aaaa.

Desjardins, R. (2007). *Le trataiment des eaux* (12 ed.). Quebec: Presses Internacionales Polytechcnique. Obtenido de https://books.google.fr/books?id=i3Jnfi13pQwC&pg=PA17&hl=es&source=gbs_toc_r&cad=3#v=onepage&q&f=false

Dirección General epidemiología. (2016). *Tendencias enfermedades diarreicas.* Ministerio de salud, Lima. Recuperado el 18 de diciembre de 2016, de http://www.dge.gob.pe/portal/docs/vigilancia/sala/2016/SE03/edas.pdf

Dirección General de Salud. (2011). *Guía Técnica para la Implementación, Operación y Mantenimiento del "Sistema de Tratamiento Intradomiciliario de Agua para Consumo Humano - MI AGUA.* Ministerio de Salud, Lima.

Esparza, M. (1983). *Procedimientos simplificados de analisis químico de aguas residuales.* Centro Panamericano de Ingenieria sanitaria y ciencias del ambiente. Lima: CEPIS. Recuperado el 5 de enero de 2017, de http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/013453/013453.htm

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Flores, A., Acosta, G., Murillo, B., Trejo, R., & Arreola, J. (2006). Evaluación preliminar de la reserva del nopal (Opuntia ssp) en la región Laguna-Chihuahua. *Revista Chapingo* , 191-196.

Food and Agriculture Organization of the United nations. (2013). *Agro-industrial utilization of cactus pear.* Roma: División de comunicación de la FAO. Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=llaxlnmJjFoC&pg=PA1&hl=es&source=gbs_toc_r&cad=4#v=onepage&q&f=false

Ganjidoust, H., Tatsumi, K. , Yamagishi, T, & Gholian, R. (1997). Effect of syntethic and natural coagulant on ligning removal from pulp and paper waste water. *Ciencia y Tecnología del Agua, 35*.

Gil, M., Soto, A., Usma, J., & Gutierrez, O. (2012). Contaminantes emergentes en aguas,efectos y posibles tratamientos. *Producción + Limpia* .

Gobierno Regional Agraria La libertad. (2009). *Manua tecnico del Cultivo de tuna.* Trujillo: GERENCIA REGIONAL AGRARIA LA LIBERTAD. Obtenido de http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/MANUAL%20TECNICO%20DE%20TUNA.pdf

Gomella, C., & Guerrée, H. (1977). *Tratamiento de aguas para abastecimiento público.* Barcelona: Editores técnicos y asociados s.a. Recuperado el 15 de Diciembre de 2016, de https://books.google.com.pe/books?id=W9sMqDlwMTMC&printsec=frontcover&dq=Gomella,+C.+%26+Guerrero,+H.+(1977).&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi_6cf67rPTAhXC5SYKHUmbAEMQ6AEIITAA#v=onepage&q&f=false

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Gonzales, Y., Fuentes, L., Mendoza, I., & Caldera, Y. (2015). Opuntia ficus-indica y Opuntia wentiana: estudio comparativo sobre su efectividad como coagulantes en la clarificación del agua. *Revista Tecnocientífica URU*, 81-89.

Griffith, P. (2004). TThe origins of an important cactus crop,opuntia ficus-indica (cactaceae):New molecular evidence. *American Journal of Botany*, 1915–1921. Obtenido de http://www.amjbot.org/content/91/11/1915.full.pdf

Gurdián, R., & Coto, J. (2011). Estudio preliminar del uso de semillas de tamarindo en la coagulación- floculación de aguas residuales. *Revista Tecnología en Marcha, 24*, 18-26.

Hospital Rezola. (2014). *Análisis de la situación de salud Hospital Rezola.*

Irma, N., Pascal, C., Yaya, A., Achille, C., Pepin, M., & Koko, D. (2013). Evaluation of the Opuntia dillenii as Natural Coagulant. *Scientific research*, 1-5.

Inga, G. (2019). *Disminución de coliformes totales y turbidez mediante coagulante naturales (Opuntia ficus).*

Instituto Español de Estudios estratégicos. (2017). *Preservación del medio ambiente en la Estrategia de seguridad nacional.* España.

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2015). *Síntesis estadística.* Recuperado el 10 de enero de 2017, de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1292/libro.pdf

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Jiménez, J., Vargas, M., & Quirós, N. (2012). Evaluación de la tuna (Opuntia cochenillifera) para la remoción del color en agua potabl. *Tecnología en marcha, 25*, 55-62.

Kiesling, R. (2000). *Origen, Domesticación y Distribución de Opuntia ficus-indica.* Instituto de Botánica Darwinion, Argentina.

Litter, M., Morgada, M., Lin, H., García, M., & Hidalgo, M. (2010). Experiencias de remoción de arsénico por tecnologías fotoquímicas y solares en Argentina. *CYTED*.

McCabe, W., Smith, J., & Harriott, P. (2007). *Operaciones unitarias en Ingeniería química* (7ma ed.). México: McGraw-hill/interamericana editores.

Medina, T., Gomez, A., Aragon, A., & Toro, V. (2006). Structural characteristics of ges formed by mixtures of carrageenan and mucilage gum from Opuntia ficus-indica. *Carbohydrate polymers*.

Mendoza, I., Fernández, N., & Ettiene , G. (2000). Uso de la Moringa oleifera como coagulante. *CIENCIA*, 235-242.

Ministerio de salud. (2015). *Prevención de Enfermedades Diarreicas (EDA) y cólera.* Lima. Recuperado el 18 de Diciembre de 2016, de https://www.minsa.gob.pe/portada/Especiales/2015/lavado2015/matcom/plan-comunicacional-lavado2.pdf

Ministerio de Salud. (2016). *Dirección de epidemiología.* Recuperado el 17 de enero de 2017, de http://www.dge.gob.pe/portal/docs/vigilancia/sala/2016/SE03/edas.pdf

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2017). *Plan Nacional de Saneamiento 2017 - 2021.* Lima: MVCS.

Mongragón, C., & Perez, S. (2003). *El nopal (Opuntia spp.) Como Forraje.* FAO. Plant production and protection paper.

Morejón, J. (2017). “Utilización del mucílago de tuna (opuntia ficus-indica) en el mejoramiento de la calidad del agua de consumo humano, en la comunidad de pusir grande, provincia del carchi” . *Tesis para optar el grado de Magister*. Ibarra, Ecuador.

Organización mundial de la salud. (2016). *Agua, saneamiento e higiene para acelerar y sostener el progresorespecto de las enfermedades tropicales desatendidas.* Lima. Obtenido de http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/250587/1/WHO-FWC-WSH-15.12-spa.pdf

Pompilio, C. (2013). Uso de floculantes de origen natural en el tratamiento del agua en términos de turbidez en el Río Santa. (U. n. Carrión, Recopilador) Huaraz.

Pompilio, R. (2015). Uso de floculantes de origen natural en el tratamiento del agua en términos de turbidez en el río Santa – Huaraz. *Concytec*.

Queirolo, P., & Muñoz, M. (2012). *EFECTO ANTIMICROBIANO in vitro DEL EXTRACTO ETANÓLICO DE Aloe Vera L. SOBRE Streptococcus mutans.* Iquitos.

Ramalho, R. (1996). *Tratamiento de aguas residuales.* Canada: Reverté S.A.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Restrepo, H. (2009). *Evaluación del proceso de coagulación – floculación de una planta de tratamiento.* Tesis, Medellín.

Rigola, M. (1990). *Tratamiento de las aguas residuales: Aguas de proceso y residuales.* Barcelona: Boixareus Mamcorbo. Recuperado el 15 de Diciembre de 2017, de https://books.google.es/books?id=fQcXUq9WFC8C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Ríos, D. (1998). *Utilización del parametro "eficiencia" en remoción de turbiedad en sedimentadores.*

Rodriguez, L., Pascual, U., & Niemeyer, H. (2004). Local identification and valuation of ecosystem goods and services from Opuntia scrublands of Ayacucho, Peru. *Elsevier*.

Sáenz, R. (1981). *Abastecimiento de agua a las áreas urbanas marginadas.* (Vol. 1). Lima: CEPIS. Obtenido de http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/011059/011059%20-01.pdf

Sanchez, A., Moral, E., & Otero, J. (3 de enero de 2005). *Análisis de Varianza.* Recuperado el 03 de enero de 2017, de https://www.uam.es/personal_pdi/economicas/eva/pdf/anova.pdf

Sandoval, M., & Laines, R. (2013). Moringa oleifera una alternativa para sustituir coagulantes metálicos en el tratamiento de aguas superficiales. *Revista académica Ingeniería, 17*, 93-101.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Solís, R., Laines, R., & Hernandéz, R. (2012). Mezclas Con Potencial Coagulante Para Clarificar Aguas Superficiales. *Contaminación ambiental, 28*, 229-236.

Soulier , M., Ducci, J., Altamira, M., & Perroni, A. (2013). *Agua potable, saneamiento y los Objetivos de Desarrollo del Milenio en América.* Banco Interamericano de Desarrollo.

Suez waterhand book. (s.f.). *Suez degremont*. Obtenido de www.suezwaterhandbook.com

the United Nations Educational,Scientific and Cultural Organization (UNESCO). (2012). *Managing Water under Uncertainty and Risk.* Paris: UNESCO CLD.

Vasquez, O. (mayo de 1994). EXTRACCION DE COAGULANTES NATURALES DEL NOPAL y apliación en la clarificación de aguas superficiales. *TESIS*. Nuevo leon, Mexico.

Villabona, A., Paz, I., & Martinéz, J. (2013). Caracterización de la Opuntia ficus-indica para su uso como coagulante natural. *Revista Colombiana de Biotecnología, 15*, 137-144.

Vishali , S., & Karthikeyan , R. (2014). Cactus opuntia (Ficus-indica): An eco-friendly alternative coagulant in the treatment of paint effluent. *Desalination and Water Treatment. 2014*, 1-9.

Weber, W. (2003). *Control de la Calidad del Agua Procesos Fisicoquímico.* Barcelona: REVERTÈ S.A.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

X. ABREVIATURAS

PENTU Penca de Tuna

APHA American Public Health Association

NMP Numero más probable

g Gramos

NTU Unidad Nefelométrica de Turbidez

Mg /L Miligramo por litro

Mg Miligramo

L Litro

mL Mililitro

m Metro

mm Milímetro

SMEWW Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

AWWA American Water Works Association

pH Potencial de Hidrógeno

UC Unidad de Color

TT Termotolerantes

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

XI. ANEXOS

Anexo A. Identificación del problema



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Anexo B. Zona de muestreo





Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Anexo C. Obtención y toma de muestra de agua del canal de San Fernando









Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Anexo D. Cultivo de *Opuntia ficus-indica* en San Fernando





Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Anexo E. Recolección de *Opuntia ficus-indica*







Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Anexo F. Acondicionamiento de *Opuntia ficus-indica*









Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Anexo G. Obtención de mucílago





Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Anexo H. Análisis de muestras



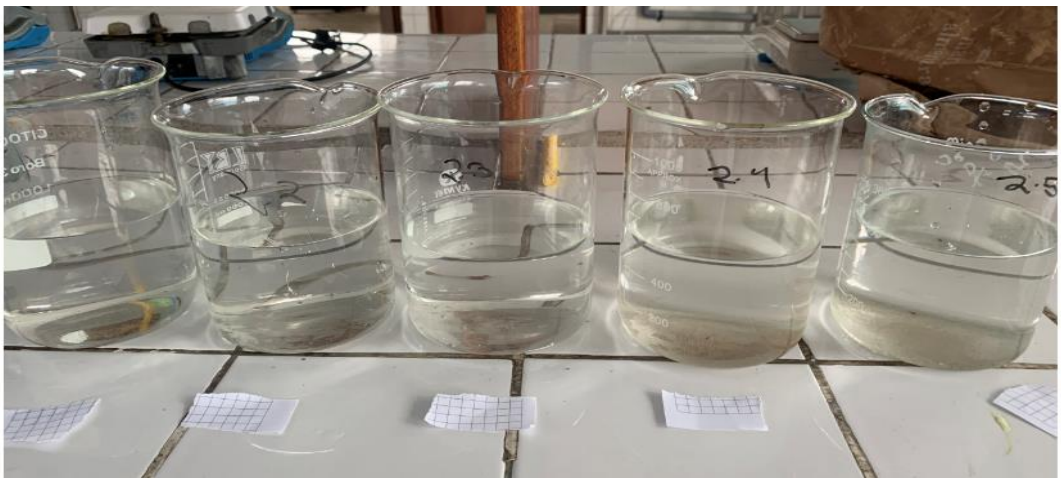




Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis









Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

ANEXO J. Matriz de consistencia del proyecto de tesis de la evaluación de *O. ficus-indica* como coagulante natural alternativo para el proceso de purificación de agua en muestras provenientes del canal de San Fernando – Cañete

PREGUNTA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES
¿Cuál es la eficiencia *O. ficus-indica* como coagulante natural alternativo para el proceso de purificación de agua en muestras proveniente del canal de San Fernando?	Evaluar la eficiencia del extracto de *O. ficus-indica* como coagulante natural aplicado a muestras de agua provenientes del canal de San Fernando.	*O. ficus-indica* tiene una eficiencia de remoción en los parámetros físico químicos del 80% al ser aplicado.	X=Evaluación de la eficiencia del mucílago en la remoción de parámetros físico químicos especificados.	Turbidez Sólidos sedimentables Coliformes termotolerantes Color pH	NTU Mg/L NMP / 100mL UC UNIDAD DE PH

PREGUNTAS ESPECIFICAS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICAS	VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES
¿Cuál es la caracterización fisico-química del agua del canal de San Fernando, considerando los parámetros de pH, turbidez, sólidos sedimentables, color y coliformes termotolerantes?	Caracterizar el agua del canal de San Fernando considerando los parámetros físico- químicos de pH, turbidez, sólidos sedimentables, color y coliformes termotolerantes.	Los parámetros físico-químicos de pH, turbidez, sólidos sedimentables, color y coliformes termotolerantes presentan altos valores respecto a las muestras de agua del canal de San Fernando.	Y= Tratamiento por coagulación con *O. ficus-indica*	Tiempo de agitación	min

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

¿De qué manera varían los parámetros fisico-químicos de pH, turbidez, sólidos sedimentables, color y coliformes termotolerantes al aplicar el extracto de *O. ficus-indica*?	Evaluar la variación de los parámetros físico-químicos: pH, sólidos sedimentables, turbidez, color y coliformes termotolerantes, al aplicar el extracto de *O. ficus- indica*.	El tratamiento por coagulación en la remoción de parámetro físico químicos es eficiente.			
¿Qué dosis de extracto de *O. ficus-indica* será óptima para el cumplimiento de los parámetros fisico-químicos establecidos en el Límite máximo permisible?	Determinar la dosis óptima de *O. ficus-indica* para el cumplimiento de los parámetros físico-químicos establecidos en los límites máximo permisible de agua para consumo.	La dosis de *O. ficus-indica* aplicado cumple con los parámetros fisicoquímicos en función al LMP.		Dosis de coagulante	mg/L
¿Es factible aplicar de *O. ficus-iindica* en un sistema intradomiciliario?	Evaluar la aplicabilidad de *O. ficus-indica* en un sistema intradomiciliario.	La aplicabilidad de *O. ficus-indica* en un sistema intradomiciliario es factible.			

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis