



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución - 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Vea una copia de esta licencia en <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN
CONCURSO DE PROYECTOS DE INVESTIGACION PARA TESIS A
NIVEL DE PREGRADO 2020



**Eficiencia del extracto pulverizado de *Opuntia ficus-indica* “Tuna” en la
remoción de turbidez y color de aguas residuales de piscigranja**

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

AUTOR:

Libni Areli Pinedo Cayotopa

ASESOR:

Blgo. M.Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez

CO ASESOR:

Ing. Stanler Irigoín Vásquez

Código N° 6058419

Moyobamba- Perú

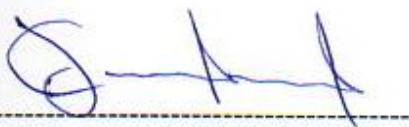
2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN
CONCURSO DE PROYECTOS DE INVESTIGACION PARA TESIS A
NIVEL DE PREGRADO 2020



**Eficiencia del extracto pulverizado de *Opuntia ficus-indica* “Tuna” en la
remoción de turbidez y color de aguas residuales de piscigranja**

Sustentado y aprobado el día 17 de agosto del 2022, por los siguientes jurados:



Lic. Dr. Fabián Centurión Tapia

Presidente



Ing. MSc. Mirtha Felícita Valverde Vera

Secretario



Blgo. MSc Alfredo Díaz Visitación

Miembro



Blgo. M.Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez

Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
FACULTAD DE ECOLOGÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



**ACTA DE SUSTENTACIÓN PARA OBTENER
EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AMBIENTAL**

Siendo las **8:00** de la mañana del día **miércoles 17 de agosto del 2022** en la ciudad de Moyobamba, según la Directiva N° 01-2020-UNSM-T, aprobado con Resolución N° 367-2020-UNSM/CU-R de fecha 29 de mayo del 2020, sobre Sustentación de Tesis de Pregrado según la Modalidad No Presencial (forma virtual) de la Facultad de Ecología, se reunieron virtualmente los miembros de jurado de tesis integrado por: **Lic. Dr. FABIÁN CENTURIÓN TAPIA PRESIDENTE**

Ing. M. Sc. MIRTHA FELICITA VALVERDE VERA SECRETARIO

Blgo. M.Sc. ALFREDO IVÁN DÍAZ VISITACIÓN MIEMBRO

Blgo. M. Sc. LUIS EDUARDO RODRÍGUEZ PÉREZ ASESOR

Ing. M. Sc. STANLER IRIGOÍN VÁSQUEZ CO-ASESOR

Para evaluar la sustentación de la tesis titulado: **Eficiencia del extracto pulverizado de *Opuntia ficus-indica* "Tuna" en la remoción de turbidez y color de aguas residuales de piscigranja**, presentado por la Bachiller en Ingeniería Ambiental: **Libni Areli Pinedo Cayotopa** según **Resolución N° 272 -2019UNSM/CFT/FE** fecha **29 de noviembre del 2019**. Los señores miembros del jurado, después de haber escuchado la sustentación virtual, las respuestas a las preguntas formuladas y terminada la réplica; luego de debatir entre sí, reservada y libremente lo declaran: **APROBADO** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de: BUENO y nota **QUINCE (15)**.

En fe de la cual se firma la presente acta, siendo las **10:00** horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el presente acto de sustentación.

Lic. Dr. Fabián Centurión Tapia

Presidente

Blgo. M. Sc. Alfredo Díaz Visitación

Miembro

Ing. M. Sc. Mirtha Felícita Valverde Vera

Secretaria

Blgo. M. Sc. Luis E. Rodríguez Pérez

Asesor

Declaratoria de autenticidad

Yo, **Libni Areli Pinedo Cayotopa**, egresado de la Facultad de Ecología, de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, identificado con DNI N° 72128744, con la tesis titulada “**Eficiencia del extracto pulverizado de *Opuntia ficus-indica* “Tuna” en la remoción de turbidez y color de aguas residuales de piscigranja**”.

Declaro bajo juramento que:

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

Moyobamba 17 de agosto del 2022



Bach. Libni Areli Pinedo Cayotopa

Dni: 72128744

Dedicatoria

Dedico este proyecto de investigación a mi abuelita Catalina Mera Terrones, mi brillante y hermoso ángel que siempre me cuida desde el cielo en cada momento; a mi adorada y sagrada madre María Esther Cayotopa Mera, sabes mamá tú eres la amiga que siempre necesito cuando la vida me ahoga, gracias por demostrarme que nada es simple, pero tampoco inalcanzable; sin ti yo nada sería en mi vida profesional, por este y muchas razones más quiero decirte gracias mamá.

A mi padre Allen Pinedo Vargas, por ser el papá más leal y protector de todo el mundo, gracias por darnos todo tu amor sin pensarlo dos veces, jamás me cansaré de repetírtelo. te amo papá

A mis cuatro hermanos y sobrino Álvaro Sebastián que son el pilar en vida y la alegría para mi corazón y de toda la familia, recuerden por ustedes llegare muy lejos.

Agradecimiento

Deseo expresar mi agradecimiento, al Instituto de Investigación de la UNSM-T, concurso de proyectos de tesis a nivel de pregrado, periodo 2020, con resolución, R.272-2019-CFT; por haber financiado mi proyecto de investigación Eficiencia del extracto pulverizado de *Opuntia ficus-indica* “Tuna” en la remoción de turbidez y color de aguas residuales de piscigranja.

Al Blgo. M Sc. Luis Eduardo Rodriguez Pérez, por asesorarme en este proyecto de investigación y la consideración que dio a mis sugerencias e ideas, en elaborarlo.

Finalmente agradecer a mi familia, a mi abuelita, mis padres, hermanos y sobrinos, por el gran apoyo integro que me brindaron en los momentos más difíciles de mi vida universitaria.

Sin su apoyo, este trabajo de investigación no hubiera sido posible.

Gracias a todos

Índice

| | |
|--|------|
| Dedicatoria..... | vi |
| Agradecimiento..... | vii |
| Índice general..... | viii |
| Índice de tablas..... | ix |
| Índice de imagen..... | x |
| Resumen..... | xi |
| Abstract..... | xii |
| Introducción..... | 01 |
| CAPITULO I..... | 04 |
| Revisión Bibliográfica..... | 04 |
| 1.1. Antecedentes de la investigación..... | 04 |
| 1.2. Bases Teóricas..... | 06 |
| Definición de aguas residuales..... | 06 |
| Agua residual de Piscigranja..... | 06 |
| Coagulación y Floculación..... | 08 |
| 1.3. Definición de términos básicos..... | 11 |
| CAPITULO II..... | 12 |
| MATERIALES Y METODOS..... | 12 |
| 2.1 Materiales..... | 12 |
| Materiales de Campo..... | 12 |
| Materiales de Laboratorio..... | 13 |
| Equipos de Laboratorio..... | 14 |
| 2.2 Métodos..... | 15 |
| CAPITULO III..... | 20 |
| RESULTADO Y DISCUSION..... | 20 |
| 3.1. Resultado..... | 20 |
| 3.2. Discusión..... | 39 |
| CONCLUSIONES..... | 40 |
| RECOMENDACIONES..... | 41 |
| REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS..... | 42 |
| ANEXOS..... | 45 |

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Parámetros de calidad de los Límites máximos permisibles | 09 |
| Tabla 2. Parámetros físicos iniciales del agua residual de piscigranja | 20 |
| Extracto pulverizado de <i>Opuntia ficus-indica</i> “Tuna” al 1% | |
| Tabla 3: Primer ensayo a las velocidades de 150 rpm /38 rpm /10' reposo..... | 21 |
| Tabla 4: Segundo ensayo a las velocidades de 200 rpm /50 rpm /10' reposo..... | 21 |
| Tabla 5.Tercer ensayo a las velocidades de 250 rpm /63 rpm /10'reposo..... | 22 |
| Extracto pulverizado de <i>Opuntia ficus-indica</i> “Tuna” al 3% | |
| Tabla 6 Primer ensayo a las velocidades 150 rpm / 38 rpm /10' reposo | 22 |
| Tabla 7: Segundo ensayo a las velocidades 200 rpm /50 rpm /10' reposo | 23 |
| Tabla 8 : Tercer ensayo a las velocidades 250 rpm /63 rpm /10' reposo | 23 |
| Extracto pulverizado de <i>Opuntia ficus-indica</i> “Tuna” al 5%. | |
| Tabla 9 Primer ensayo a las velocidades de 150 rpm / 38 rpm /10' reposo | 24 |
| Tabla 10 Segundo ensayo a las velocidades de 200 rpm /50 rpm /10' reposo..... | 24 |
| Tabla 11 Tercer ensayo al 5% a las velocidades de 250 rpm /63 rpm /10'reposo..... | 25 |
| Pre Tratamiento | |
| Tabla 12 Parámetros físicos iniciales en comparación de los LMPs | 27 |
| Post Tratamiento | |
| Tabla 13 Parámetros del color al 1% con la comparación de los LMPs | 28 |
| Tabla 14 Parámetros de la turbidez al 1% con la comparación de los LMPs | 28 |
| Tabla 15 Parámetros del color al 3% con la comparación de los LMPs | 29 |
| Tabla 16 Parámetros de la turbidez al 3% con la comparación de los LMPs | 29 |
| Tabla 17: Parámetros del color al 5% con la comparación de los LMPs | 30 |
| Tabla 18: Parámetros de la turbidez al 5% con la comparación de los LMPs | 30 |
| Tabla 19: Eficiencia al 1% en remoción del parámetro del color..... | 31 |
| Tabla 20: Eficiencia al 1% en remoción del parámetro de la turbidez | 32 |
| Tabla 21 Eficiencia al 3% en remoción del parámetro del color | 32 |
| Tabla 22: Eficiencia al 3% en remoción del parámetro de la turbidez | 33 |
| Tabla 23 Eficiencia al 5% en remoción del parámetro del color | 33 |
| Tabla 24: Eficiencia al 5% en remoción del parámetro del color | 34 |
| Tabla 25: Análisis de varianza al 1% del parámetro del color..... | 35 |
| Tabla 26: Análisis de varianza al 1% del parámetro de la turbidez | 35 |
| Tabla 27: Análisis de varianza al 3% del parámetro del color | 36 |
| Tabla 28: Análisis de varianza al 3% del parámetro de la turbidez | 37 |
| Tabla 29: Análisis de varianza al 5% del parámetro del color | 37 |
| Tabla 30: Análisis de varianza al 5% del parámetro de la turbidez..... | 38 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1: Esquema isométrico de un filtro grueso en serie | 10 |
| Figura 2: Flujograma de la obtención del extracto pulverizado de <i>Opuntia ficus-indica</i> “tuna”..... | 26 |

Resumen

La determinación de la eficiencia del extracto pulverizado de *Opuntia ficus-indica* “Tuna” en remoción de los parámetros de la turbidez y color de las aguas residuales de piscigranja, mediante el protocolo de secado, triturado y tamizado para la obtención del coagulante en polvo, utilizando una concentración 500 mL de agua destilada al 1%, 3% y 5 %; y velocidades de 150 rpm, 200 rpm y 250 rpm., concluye que el resultado más bajo obtenido de todos los ensayos, fue 90 UPC escala pt/co del parámetro del color que se obtuvo en la jarra n°06 y a la velocidad de 150 rpm; aunque el resultado del parámetro del color no se encuentra por el margen de 15 UPC escala pt/co, es el valor mínimo logrado y en el parámetro de la turbidez fue 6,36 NTU que obtuvimos en la jarra n°04 y una velocidad de 150 rpm; aunque el resultado del parámetro de la turbidez no se encuentra por el margen de 5 NTU, es el valor mínimo que se pudo lograr de todos los ensayos realizados, además, el coagulante natural no modifica al pH del agua, logrando así una eficiencia de eliminación de color superior de 82 %, y de la turbidez de 98,70 %, usando la misma concentración al 1%. Llegando así a una conclusión que los resultados obtenidos de color y turbidez fueron aceptables, ya que, pese a no alcanzar los parámetros establecidos LMPs permitieron lograr reducción de los parámetros iniciales durante la etapa de clarificación del agua residual, mediante la prueba de jarras.

Palabras claves: eficiencia, remoción, LMPs, metodología, protocolo, residual, turbidez y color

Abstract

Determination of the efficiency of the pulverized extract of *Opuntia ficus-indica* "Tuna" in the removal of turbidity and color parameters of fish farm wastewater, through the protocol of drying, crushing and sieving to obtain the coagulant powder. A concentration of 500 mL of distilled water at 1%, 3% and 5% and speeds of 150 rpm, 200 rpm and 250 rpm were used to obtain the coagulant. The lowest result obtained of all the tests was 90 UPC pt/co scale for the color parameter obtained in jar n°06 and at a speed of 150 rpm, even though the result of the color parameter is not within the margin of 15 UPC pt/co scale, it is the minimum value obtained. Regarding the turbidity parameter, 6.36 NTU was obtained in jar n°04 and at a speed of 150 rpm, even if the turbidity parameter result is not within the 5 NTU range, it is the minimum value that could be achieved from all the tests performed. In addition, the natural coagulant does not modify the pH of the water, thus achieving a superior color removal efficiency of 82% and turbidity of 98.70%, using the same 1% concentration. Thus, the results obtained for color and turbidity were acceptable, since, despite not reaching the established LMPs parameters, it was possible to achieve a reduction of the initial parameters during the wastewater clarification stage, by means of the jug test.

Keywords: efficiency, removal, PMLs, methodology, protocol, residual, turbidity and color.



Introducción

Según la ONU, el 80% de las aguas residuales del planeta no tienen tratamiento de descontaminación antes de ser vertidas o reutilizadas, lo cual contaminan la biodiversidad, permitiendo así en transmitir enfermedades que se puede contraer utilizando las aguas residuales, por tal motivo se gasta millones de dólares para poder reducirlo. (Sánchez, 2017). Otros autores manifiestan que, para ser reutilizada, el agua debe poseer características de calidad, entre ellas la ausencia de turbidez y color, como también otros parámetros especificados por las normas nacionales de las que se encuentran en aguas receptoras, por ejemplo: ríos subterráneos, lagos, y mares, en la mayoría de los casos, especialmente en áreas con alta densidad poblacional y desarrolladas, causando así un principal problema de no poder absorber ni neutralizar la contaminación que provocan . De esta manera, han perdido la capacidad de sustentar un equilibrio de la vida acuática adecuada, que cumpla con los estándares establecidos (Espigares y Pérez, 1985).

Sánchez (2017), afirma que, en el Perú y en el mundo, existen dos escenarios relacionados con el tratamiento de aguas residuales. Por un lado, las aguas residuales domesticas de la ciudad que ingresen al sistema de alcantarillado y por otro, las aguas servidas que deberán ser tratadas por cada empresa pública o privada, bajo su responsabilidad y de conformidad con las normas prescritas por el derecho internacional familiar; por tal motivo los límites máximos permisibles son el instrumento de la gestión ambiental que se debe comprometer cada empresa pública o privada al solicitar permiso para descargar, regar o reutilizar aguas residuales.

En el departamento de San Martín, provincia de Moyobamba, la actividad piscicultura de crianzas de peces para el consumo de la población, se ha incrementado 900 granjas acuícolas formalizadas en la actualidad por ello que se requiere de mayor consumo de carnes entre los que destacan los peces de agua dulce, como la palometa, tilapia, paiche y otros para consumo; sin embargo, esta actividad de la piscicultura que genera como parte de la crianza, contienen de materia orgánica y carbonatos en las quebradas mencionando que se representa un 30,22 a 42,45% con una concentraciones de fosforo total y la disminución del oxígeno disuelto y por ello otorga la turbidez y color inapropiado, por tal motivo al ser vertidas a las quebradas o ríos generan contaminación ambiental (Guivin, 2018).

En tal sentido, viendo la problemática de la actividad de crianzas de peces, hemos visto que en la piscigranja Fish & Aquaculture sector Pabloyacu, no existe un adecuado tratamiento del agua residual, que son vertidas directamente a la quebrada, contaminando a sus sembríos colindantes; las propiedades de estas aguas residuales que son químicas, físicas y biológicas, no cumplen con los límites máximos permisibles exigidos en su reutilización, por su aspecto turbio y color, como para estar consideradas para el riego agrícola y el uso humano. Por ello es importante que estas aguas residuales sean sometidas a una serie de pretratamientos con coagulantes naturales o químicos, antes de ser reutilizadas para asegurar así la completa eliminación de las citadas impurezas.

Ante lo expuesto, queremos llegar al resultado deseado acudiendo al manejo de las aguas residuales por medio de los coagulantes naturales, viendo el principal problema para el manejo económico de las aguas, evitando así mayor contaminación, por ello en este proyecto de investigación hemos formulado el problema de la siguiente manera: ¿Cuál es la eficiencia del extracto pulverizado de *Opuntia ficus-indica* “Tuna” en remoción de turbidez y color de aguas residuales de piscigranja?; teniendo así como objetivo principal la determinación de la eficiencia del extracto pulverizado de *Opuntia ficus-indica* “Tuna” en remoción de turbidez y color de aguas residuales de piscigranjas, y como objetivos específicos de caracterizar las aguas residuales de la piscigranja Fish & Aquaculture en los parámetros físicos de turbidez, color, pH, sólidos suspendidos totales, en el pre y post tratamiento; la implementación y aplicación de un protocolo y metodología de remoción de aguas residuales utilizando *Opuntia ficus-indica* “Tuna” como coagulante natural y por finalizar la evaluación de la remoción de la turbidez y el color de aguas residuales de la piscigranja Fish & Aquaculture en comparación con los LMPs, así poder comprobar la hipótesis alternativa o nula de que existe o no la eficiencia del extracto pulverizado de *Opuntia ficus-indica* “Tuna” en la remoción de turbidez y color de aguas residuales de piscigranja, con una variable independiente, que es el extracto pulverizado de *Opuntia ficus-indica* “Tuna” y la variable dependiente, que es la remoción de turbidez y color de aguas residuales de piscigranja; para luego utilizar así los siguientes técnicas de investigación, que son las siguientes: técnica de cortadura paletas, técnica acondicionamiento de la tuna, técnica de corte cuadrado de las paletas de tuna, técnica de extracción del pigmento de la clorofila, técnica de secado, técnica de la molienda y tamizado, técnica del proceso de clarificación de aguas residuales, método de prueba de jarras y por último la técnica de diseño de un prototipo de biofiltro en múltiples etapas, utilizando materiales de origen biológico, materiales de campo, materiales de laboratorio y equipos de

laboratorio; logrando así comprobar la veracidad de los objetivos propuestos en el trabajo mencionado.

La importancia de este proyecto de investigación, es la ejecución de ayudar a los piscicultores en el uso de sus aguas residuales, para la reducción del color y turbidez, utilizando el uso del coagulante natural del extracto pulverizado de *Opuntia ficus indica* "tuna" y con ello poder reducir la contaminación en el riego agrícola, y así minimizar los contaminantes en la quebrada y que sea económicamente accesible a los pobladores.

La investigación contiene tres capítulos principales, CAPÍTULO I, indicando una reseña bibliográfica de los coagulantes naturales y definiciones de términos básicos; En el CAPITULO II se describe la documentación y métodos de recolección de datos, donde se formulan todos los procedimientos que se realizaron, y en el CAPITULO III se presentan los resultados obtenidos, las discusiones, conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

REVISION BIBLIOGRAFICA

1.1. Antecedentes de la Investigación:

Internacional:

Lozano (2015), en su artículo científico "El Nopal (*Opuntia ficus-indica*) como coagulante natural complementario en la clarificación de agua", concluye que; el coagulante orgánico, obtenido del mucilago del nopal en comparación con el sulfato de aluminio ha demostrado ser efectivo en la limpieza de las aguas superficiales del río Magdalena en Colombia, debido a que elimina la turbidez del agua hasta 'en 1,78 NTU , con una reducción de color de hasta el 100% en comparación con las muestras sin tratar y la remoción completa de los sólidos disueltos totales, los resultado mencionados se encuentra dentro de los límites máximos permisibles que estable la normativa colombiana fijada de 2 NTU, 15 UPC escala pt/co y 200 mg /L respectivamente, además, el coagulante natural no modifica al pH neutro del agua, logrando así una eficiencia de eliminación de turbidez superior al 50 %, y el resultado más alto de 96-98 %; sin embargo, estos resultados se obtuvo en bajas proporciones de mucílago de nopal, lo que sugiere que aún existe una gran relación de los coagulantes inorgánicos.

Martínez y González (2012), en su trabajo de investigación que lleva por título: "Evaluación del poder coagulante de la tuna (*Opuntia ficus-indica*) para la remoción de turbidez y color en aguas crudas", concluyo que el mucílago del nopal contiene humedad, pH ácido y proporciones de saponinas, flavonoides, sales minerales de hierro y calcio, y el coagulante que obtuvieron en forma de polvo, aplicando los procesos de secado, triturado, tamizado y extracción de pigmentos, no fue un proceso costoso ni complejo, teniendo así un resultado de ningún olor o sabor al agua cruda, y logrando destacar una densidad inferior a la del agua, con pH ligeramente ácido, sumado a esto que el polvo no se deterioró mientras se mantuvo en sólido , permitiendo así que el coagulante natural logre una eficiencia suficiente (84,52 %) y elimine la mayor parte de la turbidez (85,76 %) y el color (57,14 %) presentes en las condiciones tratadas durante la prueba de jarras, utilizando a las velocidades de 40 rpm y una dosis de 50 mg/L.

Nacional:

Vargas (2018), en su trabajo de investigación: “Comparación de la capacidad coagulante del *Opuntia ficus-indica mill* de tres departamentos para el tratamiento de aguas del río Chillón-Aaahh Santa Cruz del Norte- Lima 2018”, se pudo concluir que la penca traída del departamento de Ancash presentó una capacidad mayor de coagulación, teniendo así una eficiencia de remoción del 88,46% de color y 94,36% de turbidez, en comparación con las pencas traídas de Ayacucho con un porcentaje de remoción de 75% color y 93,58% de turbidez, y de Ica con un porcentaje de remoción de 71,43% color y 89,81% turbidez, los resultados mencionados son similares en porcentajes, pero teniendo una pequeña variación, por el lugar y el tamaño que se obtuvieron las muestras, por ejemplo la penca de Ancash tuvo un mayor tamaño (42x19cm) respecto a las procedentes de Ica (22x17cm) e Ayacucho (37x20m).

Pompilio (2013), en su trabajo de investigación "Uso de Floculantes de Origen Natural en el Tratamiento del Agua en Términos de Turbidez en el Río Santa - Huaraz", llegó a la siguiente conclusión con el uso de floculantes de origen natural. La extracción del coagulante se realizó a partir de tres especies de *Opuntia*: *Opuntia imbricala*, *Opuntia ficus* y *Opuntia microdasys*; en las muestras en que se aplicó el coagulante natural se pudo obtener una remoción de 82.5 % color y de 97.3% de turbidez. En base a los resultados obtenidos al remover la turbiedad de muestras de agua del río Santa utilizando únicamente floculantes naturales y sin sulfato de aluminio.

Regional

Gallardo (2017), en su investigación “Tratamiento primario de las aguas del río Shanusi, utilizando almidón de yuca comparado con sulfato de aluminio, en el centro poblado de Pampa Hermosa, Yurimaguas, 2016”, llegó a la siguiente conclusión, que, al comparar el almidón de yuca con sulfato de aluminio, no pudo alcanzar una eficiencia aceptable, con una dosis óptima del 2% añadiendo 40 mg/L; obteniendo así una reducción de 25.95% de sólidos totales disueltos, 96.82% de turbidez, 73.39% de color y manteniendo un pH dentro del límite máximo permisible de (6.5-8.5) pH, el resultado del sulfato de aluminio, obtuvo mejor resultado, utilizando una dosis de concentración del 1% añadiendo 20 mg/L, logrando así disminuir, 79.92% de sólidos totales disueltos, 99.20% de turbidez 100% de color y al pH aunque lo disminuye, lo mantiene dentro del límite máximo permisible establecido.

1.2. Bases Teóricas:

Definición de Aguas Residuales:

Las aguas residuales son una mezcla de todas las aguas producidas por diversas actividades humanas e industriales y se descargan sin tratamiento previo, lo que tiene un negativo impacto en los ecosistemas y la salud de la población (Rolim, 2000).

Color. La causa del color en las aguas residuales es la presencia de coloides, sólidos suspendidos y sustancias en solución, los colores causados por los sólidos suspendidos se le denomina colores aparentes, mientras que los colores provocados por las sustancias disueltas y coloidales se le denomina colores verdaderos, las partículas en suspensión también llamadas material particulado, provienen de la erosión del suelo, la descomposición de materia orgánica, las aguas residuales domésticos e industriales. La unidad de medida del color es UPC escala pt/co (Rivas,1978).

Turbidez. La turbidez es una medición de la pérdida de la claridad del agua debido a la presencia de fragmentos en coloides o suspensión, que se pueda encontrar en las aguas residuales domésticas e industriales. Cuanto más sucia está el agua, más turbia se vuelve; la turbidez se elimina por el proceso de decantación, filtración y coagulación, su unidad de medida se representa en UNF o NTU (Rigola,1990).

Agua Residual de Piscigranja:

Según Ramalho (2003), las aguas residuales de una piscigranja son aquellas aguas residuales generadas en las actividades de crianza de peces que provienen de los distintos procesos de crianza, por lo general los entornos acuáticos son capaces de metabolizar los residuos orgánicos por la acción de poblaciones bacterianas que residen en las piscinas, rieles y a la salida de los criaderos, siendo estas colonias las agentes del reciclamiento de nutrientes; los parámetros empleados para la caracterización de las aguas son el amoníaco, amonio, nitritos, nitratos , pH, temperatura y oxígeno disuelto.

Contaminantes en el Agua Residual de Piscigranja Gordon (1994), los contaminantes producidos por la acuicultura se establecen en lugares donde se puede aprovechar el agua máxima de sus efluentes, por esta razón se usa directamente en lagunas o ríos, por esta razón, los ríos son portadores de contaminación por parte de la

acuicultura, a menudo contienen bajas concentraciones de fósforo y nitrógeno, la urbanización y la cría de los animales proporcionan las heces.

En los niveles de suministro de agua, se han desarrollado afluentes para criaderos y estanques durante la acuicultura.; las composiciones afectan directamente la composición de los ríos y proporcionan sustancias y productos químicos orgánicos a través de las actividades agrícolas, los organismos patógenos como virus, parásitos, hongos y bacterias se producen básicamente en el agua por cambios directos e indirectos causados por la actividad humana; estos patógenos en un ambiente de agua para peces son riesgos saludables.

***Opuntia Ficus-Indica* “Tuna”:**

Es una planta que no requiere suelo de calidad y puede crecer en suelo seco y estéril, requiere de cuidados mínimos y pueden vivir hasta 80 años, con una afectación de bajas temperaturas, también se le denomina como plantas macizas o rastreras, porque tienen ramas dispersas o en forma de copa, con tallos y ramas articulados que pueden crecer hasta 5 metros de alto, con flores y frutos, ovalados de color naranja, rojo o amarillo, la parte alargada llamado penca puede alcanzar las medidas de 30 a 50 cm de ancho y 2 cm de espesor y es de color verde opaco, algunas plantas son cortas y tienen espinas (Rivas,1998).

Clasificación Científica. El primer nombre español es higo de las Indias, que alude a su origen, las "Nuevas Indias" y de allí su primer nombre científico: *Cactus ficus-indica*, su taxonomía se describe en el reino: plantae, división: magnoliophyta, clase: magnoliopsida, orden: caryophyllales, familia: cactaceae, subfamilia: opuntioideae, género: *Opuntia*, especie: *ficus-indica* (Velarde, 2015).

Agente Depurador. Hace aproximadamente dos siglos, el mucilago de la tuna (*Opuntia ficus indica*) era la mejor fuente de purificación de agua utilizada por los antepasados mexicanos porque es un método fácil de usar, completamente natural y económico que se usa actualmente (Lozano, 2015).

Con la aplicación de este tipo de coagulante vegetal se logra minimizar recursos económicos que a veces es el principal factor limitante al momento de la desinfección del agua para consumo humano, requiere de bajas dosis de aplicación para contrarrestar los agentes que polucionan el agua y que representan una eficacia similar o superior al

Sulfato de Aluminio ($Al_2(SO_4)_3$). Asimismo, se disminuye la turbidez y a la vez se remueven características que están directamente proporcionales a ella, como es el pH y la conductividad (Guzmán, Et Al 2013).

Coagulación y Floculación:

Coagulación. La coagulación, es una etapa fundamental en cualquier proceso adecuado de desestabilización eléctrica de las partículas coloidales, este fenómeno llamado coagulación, permite que estos pequeños solidos disueltos en el agua puedan aglomerarse y formar partículas de mayor tamaño que sedimentan por gravedad. (Singley, 1998). Este proceso es utilizado para la remoción del agua contaminada, la disminución de la turbiedad orgánica o inorgánica que no puede sedimentar rápidamente, la eliminación de bacterias, virus y organismos patógenos susceptibles de ser separados por coagulación y la eliminación de sustancias productoras de sabor y olor en algunos casos (Arboleda ,2000).

Floculación: La floculación es una etapa posterior a la coagulación que consiste en la desestabilización de las partículas suspendidas, permitiendo así el crecimiento y aglomeración de flóculos recién formados, aumentando el tamaño y el peso necesarios para aligerar estos flóculos. Ocurre que los flóculos formados por la agregación de algunos coloides no son lo suficientemente grandes para sedimentarse al ritmo deseado, por lo tanto, es necesario recolectarlos en forma de red utilizando floculantes y puentear de una superficie a otra (Andia, 2000).

Coagulantes Principales.:

Coagulante Metálico. El coagulante más utilizado como coagulante metálico; para el tratamiento de agua residual, son los compuestos de aluminio porque ellos poseen la capacidad de actuar como floculante y coagulantes, cuando se disuelve, entre los más utilizados se encuentran el sulfato de aluminio, aluminato de sodio, alumbre de potasio, alumbre de amonio, policloruro de aluminio, además, tomar una dosis de estos compuestos sería perjudicial para la salud (Pérez, 1973).

Coagulantes Naturales. Son fuentes alternativas con un gran potencial de desaprovechamiento. Por lo general, presentan una mínima o nula tóxicos y, a menudo, son alimentos ricos en carbohidratos y proteínas; dentro del grupo de sustancias conocidas que presentan estas propiedades se encuentran varios compuestos orgánicos

de origen vegetal, que son, entre otras cosas, los tallos de una gran variedad de plantas como la moringa, la tuna, el frijol, el plátano, el maíz, entre otros. Es muy efectivo para aguas de baja turbidez y también es muy eficiente para aguas domésticas (Pérez, 1973).

Norma Vigente de Calidad del Agua Potable en el Perú:

Parámetros Límites Máximos Permisibles de la Calidad del Agua. Este reglamento establece los límites máximos permisibles para la utilización del agua potable, e incluye responsabilidades que deben realizar los gobiernos regionales y distritales, en lo que respecta al monitoreo de la calidad del agua para el consumo humano; que se representa en el Decreto Supremo N°031-2010-SA anexa los parámetros inorgánicos y orgánico, lo cual se presenta en la siguiente tabla (Digesa,2010).

Tabla 1

Parámetros de calidad de los Límites máximos permisibles

| Parámetros | Unidad de medida | LMP |
|---------------------------|------------------|-----------|
| Olor | --- | Aceptable |
| Sabor | --- | Aceptable |
| Color | UCV escala pt/Co | 15 |
| Turbiedad | UNT | 5 |
| pH | Valor de pH | 6.5 a 8.5 |
| Conductividad | umho/cm | 1500 |
| Sólidos totales disueltos | mg/L-1 | 1000 |
| Cloruros | mg cl-L-1 | 250 |
| Sulfatos | mg L-SO4-L-1 | 250 |
| Dureza total | mg CaCo33L-1 | 500 |
| Amoníaco | mg N L-1 | 1.5 |
| Hierro | mg Fe L-1 | 0.3 |
| Magnesio | mg Mn L-1 | 0.4 |
| Aluminio | mg Al L-1 | 0.2 |
| Cobre | mg Cu L-1 | 2.0 |
| Zinc | mg Zn L-1 | 3.0 |
| Sodio | mg Na L-1 | 200 |

Fuente: DIGESA,2010

Prueba de Jarras:

Es un procedimiento común de laboratorio para determinar las condiciones óptimas de funcionamiento para el agua o el tratamiento de aguas residuales. Este método permite realizar ajustes en el pH, las variaciones en la dosis de coagulante o polímero, alternando velocidades de mezclado, o la prueba de coagulante o diferentes tipos de polímeros, a pequeña escala con el fin de predecir el funcionamiento de una operación a gran escala de tratamiento. Una prueba de jarras simula los procesos de coagulación y floculación que fomentan la eliminación de los coloides en suspensión y materia orgánica que puede conducir a problemas de turbidez, olor y sabor (Abramovich, Lura, y Vaira,2004).

Biofiltración

Representa un proceso de origen biológico que permite el tratamiento de los materiales orgánicos e inorgánicos presentes en las aguas residuales, adecuando sus propiedades físicas y químicas a las normas ambientales propuestas, en la naturaleza o en los suyos (Avalos, 2017).

Filtración Gruesa. Para depurar el agua, se realiza una filtración gruesa que consiste en recoger el agua restante en un separador de grava-grasa. El sifón tiene dos funciones. Reteniendo la grasa que forma la crema en la superficie del drenaje y precipitando los sólidos que se depositan en el fondo del tanque. De esta manera, el sifón protege el filtro para evitar que se obstruya; Los filtros de grava gruesa pueden fluir horizontal o verticalmente. Para así poder disminuir con la dirección del flujo y ello consiste en el comportamiento principal en el que se coloca el lecho filtrante. (Hernández 2001)

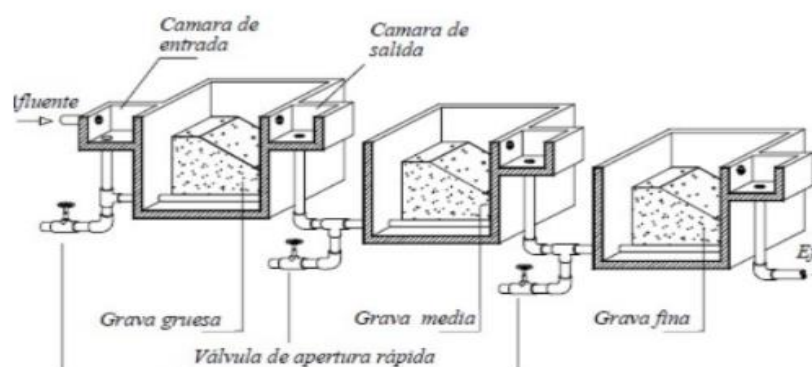


Figura 1: Esquema isométrico de un filtro grueso en serie

Fuente: Hernández,(2001)

1.3. Definición de Términos Básicos:

Floculante:

Es una sustancia química comúnmente orgánica que aglutina sólidos en suspensión una vez efectuada su coagulación, provocando su precipitación (Arboleda, 2000)

Coagulante:

Son sales metálicas que reaccionan con la alcalinidad del agua, para producir un floculo de hidróxido del metal, insoluble en agua, que incorpore a las partículas coloidales (Arboleda, 2000)

Turbidez:

Es la medida del grado de transparencia que pierde el agua o algún otro líquido incoloro por la presencia de partículas en suspensión (Catalán la Fuente ,1987).

Mucilago:

Es una solución acuosa espesa de una goma o dextrina utilizada para suspender sustancias insolubles y para aumentar la viscosidad. Los mucílagos son análogos, por su composición y sus propiedades, a las gomas, dan con el agua disoluciones viscosas o se hinchan en ellas para formar una pseudo disolución gelatinosa (Saenz, 2006).

LMP:

Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente (Digesa,2010).

La penca de la tuna:

Está constituida por el tallo con apariencia de cojines ovoides y aplanados, unidos unos a otros, pudiendo en conjunto alcanzar hasta 5 m de altura y 4 m de diámetro. El tallo, a diferencia de otras especies de cactáceas, está conformado por tronco y ramas aplanadas que posee cutícula gruesa de color verde de función fotosintética y de almacenamiento de agua en los tejidos (Saenz, 2006).

CAPÍTULO II

MATERIAL Y METODOS

2.1. Materiales:

Reactivos:

Agua Destilada. sustancia compuesta por H₂O sometida a un proceso de destilación en el que se eliminan las impurezas e iones del agua de origen (RAE,2021) y se utilizó en la mezcla del polvo granulado de la tuna; para la elaboración de las 3 soluciones de 1%, 3% y 5%; y lavado de equipos y utensilios

Alcohol Etilico de 96 °C. etanol es un tipo de compuesto químico, conocido popularmente como alcohol etílico, es utilizada como disolvente y desinfectante (RAE,2021) y se utilizo12 litros en el trabajo de investigación para la extracción de pigmentos de la Tuna.

Materiales de Campo:

Cuchillo y Tabla de Picar. El cuchillo es instrumento que se emplea para cortar; consta de una fina hoja metálica con uno o dos bordes afilados, la tabla de picar su principal función proporcionar una superficie plana y estable sobre la que realizar el corte de forma segura (RAE,2021); los mencionados materiales fueron utilizados en la técnica de corte cuadrado de las paletas de tuna, que en este proceso se realizó el corte de las paletas de la tuna de forma cuadradas con ayuda de un cuchillo y una tabla de picar; para así poder observar la presencia de las cutícula gruesa y cerosa, que cubre la superficie de la paleta de la tuna.

Balde de Plástico. Recipiente que dispone de un asa que se necesita para facilitar su traslado, tienen la forma de un cono invertido y almacenan líquidos (RAE,2021), los baldes se utilizaron en la técnica de extracción del pigmento de la clorofila, que son el almacenamiento de la tuna picada para la pigmentación.

Cucharon de Palo. Es fabricada en madera, de tamaño normal o grande con una utilización para remover objetos en liquido u otros (RAE,2021), se utilizó en la técnica de extracción del pigmento de la clorofila, para la remoción de trozos de tuna con ayuda de un cucharon para así poder lograr cubrir toda la tuna con el solvente

Frasco de Vidrio. Envases usados para almacenar y conservar en perfecto estado productos farmacéuticos y alimentarios (RAE,2021), este material se utilizó en la técnica de la molienda y tamizado, porque luego de obtener partículas muy finas, lo pusimos en sus frascos de vidrios respectivos para su conservación.

Etiquetas de Identificación. Se trata de una señal, marca, rótulo o marbete que se adhiere a un objeto para su identificación, clasificación o valoración (RAE,2021), las etiquetas hemos utilizado en la identificación de cada solución que obtuvimos en mezclar el polvo de la tuna con el agua destilada.

Utensilios de Escritorio. Utilizamos la libreta que sirve para escribir l anotaciones o cuentas, como también lápiz y lapicero que son utensilios para escribir o dibujar, estos utensilios de escritorio hemos utilizado en la técnica del proceso de clarificación de aguas residuales de piscigranja (RAE,2021), con estos materiales pudimos resolver las soluciones dictadas por el asesor en el laboratorio, apuntar de nuevo los resultados obtenidos.

Materiales de laboratorio:

Papel Toalla. El material se utilizó para secar los equipos del laboratorio u otros utensilios que hemos utilizado para el análisis de los parámetros color, la turbidez, total de sólidos disueltos y el pH, con la intensidad optimas al 1%, 3% y 5%, para así tener seco el lugar de trabajo.

Papel filtro. Es un papel que se corta en forma circular y se introduce en un embudo de filtración para eliminar las impurezas (RAE,2021), este material se utilizó en la elaboración de coagulante con el fin de ser filtro para las impurezas insolubles que contiene el extracto pulverizado de la tuna en la técnica de la molienda y tamizado.

Bagueta de vidrio Es un fino cilindro de vidrio macizo, que se utiliza principalmente para mezclar o disolver sustancias con el fin de homogenizar sustancias dadas (RAE,2021), en el trabajo utilizamos en la preparación de la solución de mucilago para así tener una mezcla homogénea del polvo de la tuna con agua destilada.

Vaso de precipitación. Recipiente cilíndrico de vidrio borosilicato fino que se utiliza muy comúnmente en el laboratorio, para preparar o calentar sustancias, medir o traspasar líquidos (RAE,2021), en el trabajo se utilizó en el método de prueba de jarras para la determinación de las dosis más efectivas de coagulante, como lo podemos ver en los 6 vasos de 500 ml que se utilizó.

Equipos de laboratorio:

Horno Eléctrico (miray Hem-63). Es el equipo que son capaces de mantener la temperatura en su interior y minimizar las pérdidas energéticas ya que este tipo de equipos están totalmente calorifugado (Lozano, 2015); en el trabajo de investigación lo utilizamos en la técnica de secado; para poder obtener el mucilago efectivo; secando la pulpa en trozos a temperaturas de 120°,150° y 180°C en 3 horas, evitando que se quemara y pierda sus propiedades como clarificador la Tuna.

Balanza analítica (mettler AS 50). Diseñada para medir pequeñas masas, en un principio de un rango menor del gramo de error (Lozano,2015) en el trabajo se utilizó para la preparación del coagulante, pesando el peso soluto en la balanza analítica, para poder lograr las intensidades optimas al 1%, 3% y 5%, y lograr una solución eficiente en el trabajo.

Equipo pruebas de jarras (Phipps & Bird PB 700TM) Herramienta para diseñar una planta de agua potable, como simulador, para determinar las dosis de insumos químicos que deben aplicarse en una planta, se utilizó para la determinación de las dosis más efectivas de coagulante, en el proceso de coagulación-floculación de la muestra de agua residual, para luego poder realizar la medición de las siguientes variables como la Turbidez, color, pH y sólidos totales suspendidos.

Turbidímetro (hach modelo 2100) Dispositivo portátil para medir la turbidez según la norma ISO 7027 (Lozano, 2015) el mencionado equipo utilizamos para poder hallar el parámetro establecido de la turbidez en el proceso de coagulación con un rango de velocidades rápidas, lentas y de reposo para poder favorecer la sedimentación del agua residual y la clarificación del agua, una vez sedimentada la muestra se realizó la recopilación para poder evaluar la Turbidez.

Colorímetro (minolta modelo cr- 400): Equipo que permite dosificar y obtener un color preestablecido en base a un muestrario que puede alcanzar varios miles de colores (Lozano, 2015), el equipo se utilizó para poder hallar el parámetro establecido del color en el proceso de coagulación con un rango de velocidades rápidas, lentas y de reposo para poder favorecer la sedimentación del agua residual y la clarificación del agua, una vez sedimentada la muestra se realizó la recopilación para poder evaluar el color del agua residual.

Medidor de Sólidos Disueltos (marca HI 9811): Equipo diseñado para monitorear los niveles de sólidos suspendidos que se encuentran típicamente en el efluente final de la muestra de agua en base de laboratorio (Lozano, 2015), este equipo lo utilizamos para poder hallar el parámetro establecido de mg/l-1, en el proceso de coagulación con un rango de velocidades rápidas, lentas y de reposo para poder favorecer la sedimentación del agua residual y la clarificación del agua, una vez sedimentada la muestra se realizó la recopilación para poder evaluar el mg/l-1

pH-metro (Hanna Instruments) Es un instrumento científico que mide la actividad del ion hidrógeno en soluciones acuosas, indicando su grado de acidez o alcalinidad expresada como pH (Lozano, 2015) el equipo de peachimetro se utilizó para ver la acidez del agua residual después de utilizar la dosis optima en las muestras.

2.2. Métodos:

La metodología es aplicada para lograr los objetivos propuesto utiliza un conjunto de técnicas que consta de las siguientes etapas:

Etapa 1:

En esta primera etapa fue realizado el 05 de octubre del 2020, utilizando las siguientes técnicas

Técnica Acondicionamiento de la Tuna. Realizamos un lavado y cepillado con agua del grifo para eliminar las espinas.

Técnica de Corte Cuadrado de las Paletas de Tuna. Cortando las paletas de la Tuna de forma cuadradas de 5 x 5 cm².

Técnica de Extracción del Pigmento de la Clorofila. Las tiras del nopal cortadas en cuadros, fueron sometidas a un proceso de extracción de pigmentos, durante 24 horas, utilizando alcohol de 96° como solvente en un balde de 16 litros.

Etapa 2:

En esta segunda etapa fue realizado el 07 de octubre del 2020, utilizando las siguientes técnicas

Técnica de Secado. Se ha secado la pulpa en trozos para poder obtener el mucilago efectivo; secando la pulpa a temperaturas de 120°, 150° y 180°C a 3 horas en un horno eléctrico, evitando que se quemara y pierda sus propiedades como clarificador. VER ANEXO 04

Técnica de la Molienda y Tamizado El mucilago seco se sometió en un proceso de molienda por medio de un mortero de madera y un molino, obteniendo un polvo granulado relativamente fino, luego ser utilizadas en el proceso de remoción de color y turbidez en agua residuales.

Etapa 3:

En esta tercera etapa fue realizado el 19 al 20 de octubre del 2020, en el laboratorio de ingeniería sanitaria conjuntamente con mi asesor, cumpliendo con todos los protocolos de bioseguridad; para el ingreso del laboratorio hemos pedido autorización mediante una carta al decano de la facultad y por ello firmado la entrada y salida del ingreso del laboratorio VER ANEXO 01.

Para poder lograr con el primer y tercer objetivo propuesto, tenemos que empezar primero con la siguiente técnica.

Técnica del Proceso de Clarificación de Aguas Residuales. Este proceso se realizó en el laboratorio de sanitaria el día 19 de octubre del 2020, dicha fecha hemos preparado las soluciones óptimas de mucilago de tuna a utilizar como coagulante natural; para la preparación de la solución de mucilago se utilizó la siguiente fórmula. $\%W = \frac{PESO\ SOLUTO}{PESO\ SOLUCION} \times 100$, obteniendo así tres concentraciones al 1%, 3% y 5 %, y una concentración de 500 ml de agua destilada (Haydee, 2012).

Por Ejemplo

$$1\% = \frac{5gr \text{ sustancia (PESO SOLUTO)}}{5gr \text{ sustancia} + 495gr \text{ H}_2\text{O (PESO SOLUCION)}} \times 100$$

$$3\% = \frac{15gr \text{ sustancia (PESO SOLUTO)}}{15gr \text{ sustancia} + 485gr \text{ H}_2\text{O (PESO SOLUCION)}} \times 100$$

$$5\% = \frac{25gr \text{ sustancia (PESO SOLUTO)}}{25gr \text{ sustancia} + 475gr \text{ H}_2\text{O (PESO SOLUCION)}} \times 100$$

En la preparación del agua residual de la muestra obtenida es de 30 L de agua del vertimiento de agua residual del Centro de producción FISH & AQUACULTURE-PABLO YAKU.

Luego se utilizó el método de prueba de jarras, para poder amparar el primero y tercer objetivo mencionados que es la caracterización de las aguas residuales de la piscigranja en los parámetros físicos de la turbidez, color, sólidos totales y sólidos suspendidos en el pre y post tratamiento, como es la Evaluación de la remoción de la turbidez y el color de aguas residuales en comparación con los LMPs,

Método de Prueba de Jarras.

El método se desarrolló el día 22 al 25 de octubre en el laboratorio de sanitaria, para saber la determinación de las dosis más efectivas de coagulante-floculante de cada muestra, obteniendo así las características de las siguientes variables en un pre tratamiento como turbidez, color, pH y sólidos suspendidos totales, utilizando los siguientes equipos como el turbidímetro, calorímetro, peachímetro y el medidor de sólidos totales.

Para el post tratamiento se utilizó tres concentraciones al 1%, 3% y 5 %, con la colocación de 6 vasos de precipitación de 500 ml en la prueba de jarras, por tal motivo utilizando 3 litros de agua residual en cada ronda, en total obteniendo nueve ensayos de tres litros, y un total de 27 litros utilizados en el proyecto de investigación.

En el proceso de coagulación en la prueba de jarras se utilizó un rango de velocidades rápidas de agitación de 150 ,200 y 250 rpm por un lapso de 1.5 minutos, a las velocidades lentas de 38, 50 y 63 rpm por un lapso de 15 minutos y para que luego dejar reposar por

10 minutos para poder favorecer la sedimentación del agua residual y la clarificación del agua. Una vez sedimentada la muestra se realizó la caracterización de las aguas con los parámetros físicos de la turbidez, color, sólidos totales y sólidos suspendidos post tratamiento, como también en la evaluación de la remoción de la turbidez y el color de aguas residuales de la piscigranja en comparación con los LMPs,

Etapa 4:

En esta cuarta etapa fue realizado el 09 al 13 de noviembre del 2020, en el domicilio del Jr 2 de mayo 1740 conjuntamente con mi asesor, para lograr el segundo objetivo propuesto que es la implementación y aplicación de un protocolo o metodología de remoción de aguas residuales utilizando *Opuntia ficus-indica* “tuna” como coagulante natural, tenemos que realizar la siguiente técnica

Técnica diseño de un prototipo de biofiltro en múltiples etapas: Esta técnica se aplicó después de conocer la dosificación exacta para el tratamiento de aguas residuales de piscigranja; mediante la prueba de jarras.

Realizando el prototipo de biofiltro en múltiples etapas, con 5 recipientes plastificado de muestras uno es de 110 litros que se refiere la captación de muestra por realizar, los siguientes recipientes son 20 litros cada uno, el primero es el oxigenador, luego va el sedimentado, el separador de grasas y por último que es el filtro; dichos procedimientos que se explicara a continuación en los siguientes pasos

Primero paso. En el primer recipiente se perforó un orificio redondo en el tanque de plástico de 110 litros y 1" de diámetro para instalar la bomba de desagüe de la lavadora, y luego se perforó otro orificio redondo en el tanque de plástico de 110 litros y 1" de diámetro. 2"¾ diámetro para retorno de agua

Segundo paso. Se procedió en la instalación de la bomba de desagüe de lavadora, empleando una caja de madera de 15x15 para la base, para luego instalar 2 mangueras multifuncionales, simulando el caudal del agua residual, mencionando el funcionamiento de las 2 mangueras multifuncionales son para la expulsión del agua y el otro es para retorno de ella misma y en la parte eléctrica se realizó en la instalación un cable mellizo de 2x 14 y un interruptor de 15 amperios en la caja de madera y un enchufe para la alimentación eléctrica de la bomba del agua/ corriente de 220 voltios y 1500 rpm.

Tercer paso. En el segundo recipiente se perforó tres orificios circulares de tamaño del diámetro de 1" en el recipiente plastificado de 20 litros que sirve como oxigenador, 2 orificios de ellos están a 15 cm de la base del recipiente y el otro está en el inferior del recipiente donde va la llave de paso con 2 uniones universales de 1", mencionado que la llave de paso sirve para controlar el caudal del agua al 100%, 50% y 25 % para que así se mejore el proceso de sedimentación del agua residual en los recipientes siguientes.

Cuarto paso. El tercer recipiente de sedimentación que es de 20 litros, se realizó 2 orificio de 1" a 15 cm de la base del recipiente, una de entrada y otra de salida y un orificio de 1" en la parte superior para el oxigenado del agua residual o desfogue; en ambos orificios se instalaron uniones universales de 1" y en la parte interior de cada unión universal, colocamos un codo cortado a 45° de 1".

Quinto paso. En el cuarto recipiente de separador de grasas se realizó 2 orificio de 1", una de entrada y otra de salida, y un orificio de 1" en la parte superior para el oxigenado del agua residual o desfogue; en ambos orificios se instalaron uniones universales de 1" y en la parte interior de cada unión universal, colocamos un codo cortado a 90° de 1", en el orificio de salida lleva una T de 1" con 2 extensiones en los extremos, una de 12 cm que va desde la base del recipiente y el otro orificio de 10 cm que va en el superior como desfogue.

Sexto paso. En el quinto recipiente plastificado de 20 litros se procedió a realizar el filtro para el extracto pulverizado de la Tuna, realizando un orificio de 1" en la parte inferior del recipiente, mencionando que en la parte inferior va una malla de 30x50cm a la altura de 7 cm de la base, en la base del recipiente lleva una T de 1 pulgada para la inserción de la muestra, sobre la malla va un paño amarillo – absorbente que evita se filtre la penca comentando por último que el recipiente lleva 2 caños de desfogue, uno por mantenimiento y otro la recepción de muestra purificada

CAPITULO III

RESULTADO Y DISCUSION

3.1. Resultados

Los resultados del estudio están relacionados con los objetivos específico, estos fueron analizados, comparados e interpretados para dar respuesta al problema de la investigación

Características de las aguas residuales de la piscigranja en los parámetros físicos que son la turbidez, color, sólidos suspendidos totales en el pre y post tratamiento.

Características de las aguas residuales en el pre tratamiento:

Tabla 2.

Parámetros físicos iniciales del agua residual de piscigranja

| Parámetro | UND | Valor Inicial |
|---------------------------|------------------|----------------------|
| Color | UPC escala pt/Co | 500 |
| Turbiedad | UNT | 488,7 |
| pH | Valor de pH | 8 |
| Sólidos totales disueltos | mg/L-1 | 30 |

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

Según la tabla N° 02 se observa el análisis inicial en el pre tratamiento que se realizó en la muestra del agua residual de piscigranja en el Centro de producción FISH & AQUACULTURE.

Durante los ensayos iniciales en el laboratorio, se analizó las propiedades físicas del agua residuales que son la turbidez 488 NTU, color 500 UPC escala pt/co, solidos suspendidos totales 30 mg/l-1 y pH 8; teniendo en cuenta que el parámetro de la turbidez y color figuran por encima de los límites máximos permisible que son: turbidez 5 NTU y el color de 15 UPC escala pt/co, pH 6.5, excepto los parámetros de los sólidos suspendidos totales el cual se encuentra dentro de los LMPs establecidos con un valor de 1000 mg/l-1, llegando así tener los valores iniciales de la muestra recopilada.

Características de los parámetros de las aguas residuales en el post tratamiento usando el extracto pulverizado de *Opuntia ficus-indica* “Tuna”.

Extracto pulverizado de *Opuntia ficus-indica* “Tuna” al 1%

Tabla 3.

Primer ensayo a las velocidades de 150 rpm /38 rpm /10' reposo

| | jarra 1 1mL | jarra 2 2mL | jarra 3 3mL | jarra 4 4mL | jarra 5 5mL | jarra 6 6mL |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| Color (UPC escala pt/co) | 170 | 165 | 130 | 105 | 125 | 90 |
| Turbidez (NTU) | 8,84 | 9,69 | 7,56 | 6.89 | 6,36 | 6,16 |
| pH | 8,01 | 7,71 | 7,64 | 7,56 | 7,51 | 7,46 |
| Solidos Suspendidos Totales (mg/l-1) | 45 | 61 | 75 | 88 | 97 | 110 |

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

En el primer ensayo al 1% el resultado mejor que obtuvimos, fue en la jarra n°06 al agregar 6 mL de la solución, obteniendo así un color de 90 UPC escala pt/co; turbidez 6,16 NTU; pH 7,46 y los sólidos suspendidos totales 110 mg/l-1

Tabla 4.

Segundo ensayo a las velocidades de 200 rpm /50 rpm /10' reposo

| | jarra 1 1 mL | jarra 2 2 mL | jarra 3 3mL | jarra 4 4mL | jarra 5 5mL | jarra 6 6mL |
|---|-----------------|-----------------|----------------|------------------------|----------------|----------------|
| Color (UPC escala pt/co) | 190 | 135 | 125 | 98 | 145 | 109 |
| Turbidez (NTU) | 14,21 | 12,58 | 11,36 | 11,02 | 12,12 | 11,1 |
| pH | 7,96 | 7,8 | 7,68 | 7,59 | 7,52 | 7,48 |
| Solidos Suspendidos Totales (mg/l-1) | 46 | 60 | 73 | 86 | 100 | 112 |

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

Segundo ensayo al 1% el mejor resultado que obtuvimos, fue en la jarra n°04 al agregar 4 mL de la solución, obteniendo así un color 98 UPC escala pt/co, turbidez 11,02 NTU, pH 7,59 y los sólidos suspendidos totales 86 mg/l-1.

Tabla 5.*Tercer ensayo a las velocidades de 250 rpm /63 rpm /10'reposo*

| | jarra 1 | jarra 2 | jarra 3 | jarra 4 | jarra 5 | jarra 6 |
|---|---------|----------------|---------|---------|---------|---------|
| | 1 mL | 2 mL | 3mL | 4mL | 5mL | 6mL |
| Color(UPC escala pt/co) | 160 | 100 | 120 | 115 | 145 | 164 |
| Turbidez (NTU) | 36,9 | 10,56 | 18,84 | 16,66 | 12,07 | 12,62 |
| pH(pH) | 7,75 | 7,48 | 7,68 | 7,62 | 7,55 | 7,50 |
| Solidos Suspendidos totales (mg/l-1) | 60 | 58 | 73 | 86 | 97 | 110 |

*Fuente: Elaboración Propia***Interpretación:**

Tercer ensayo al 1% el mejor resultado que obtuvimos, fue en la jarra n°02 al agregar 2 mL de la solución, obteniendo así los resultados de color 100 UPC escala pt/co, turbidez 10,56 NTU; pH 7,48 y los sólidos suspendidos totales 58 mg/l-1.

Extracto pulverizado de Opuntia ficus-indica “Tuna” al 3%:**Tabla 6.***Primer ensayo a las velocidades 150 rpm / 38 rpm /10' reposo*

| | jarra 1 | jarra 2 | jarra 3 | jarra 4 | jarra 5 | jarra 6 |
|---|---------|---------|---------|---------|----------------|---------|
| | 1mL | 2mL | 3mL | 4mL | 5mL | 6mL |
| Color (UPC ESCALA PT/CO) | 175 | 170 | 165 | 110 | 100 | 120 |
| Turbidez (NTU) | 15,18 | 13,85 | 18,1 | 14,97 | 12,51 | 14,66 |
| pH | 6,67 | 6,47 | 6,42 | 6,3 | 6,26 | 6,48 |
| Solidos Suspendidos Totales (mg/l-1) | 79 | 104 | 135 | 158 | 164 | 172 |

*Fuente: Elaboración Propia***Interpretación:**

Primer ensayo al 3% de la muestra; utilizando el extracto pulverizado de la Tuna los mejores resultados del post tratamiento que obtuvimos, fue en la jarra°05 al agregar 5 mL de la solución; dichos resultados son: color 100UPC escala pt/co; turbidez 12,52 NTU; pH 6,26 y los sólidos suspendidos totales 164 mg/l-1.

Tabla 7.*Segundo ensayo a las velocidades 200 rpm /50 rpm /10' reposo*

| | jarra 1 | jarra 2 | jarra 3 | jarra 4 | jarra 5 | jarra 6 |
|--------------------------|---------|---------|---------|----------------|---------|---------|
| | 1mL | 2mL | 3mL | 4mL | 5mL | 6mL |
| Color (UPC escala pt/co) | 145 | 135 | 115 | 100 | 185 | 105 |
| Turbidez (NTU) | 15,91 | 14,24 | 16,38 | 14,04 | 14,53 | 16,17 |
| pH | 6,83 | 6,81 | 6,62 | 6,52 | 6,43 | 6,37 |
| Solidos Suspendidos | | | | | | |
| Totales (mg/l-1) | 81 | 111 | 136 | 160 | 192 | 193 |

*Fuente: Elaboración Propia***Interpretación:**

Segundo ensayo al 3% el mejor resultado del post tratamiento que obtuvimos, fue en la jarra n°04 al agregar 4 mL de la solución, dichos resultados son: color 100 UPC escala pt/co, turbidez 14,04 NTU; pH 6,52 y los sólidos suspendidos totales 160 mg/l-1.

Tabla 8.*Tercer ensayo a las velocidades 250 rpm /63 rpm /10' reposo*

| | jarra 1 | jarra 2 | jarra 3 | jarra 4 | jarra 5 | jarra 6 |
|--------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------|
| | 1 mL | 2 mL | 3mL | 4mL | 5mL | 6mL |
| Color (UPC escala pt/co) | 180 | 145 | 120 | 125 | 190 | 105 |
| Turbidez (NTU) | 14,66 | 13,85 | 18,1 | 14,97 | 12,51 | 10,51 |
| pH | 6,67 | 6,47 | 6,42 | 6,3 | 6,26 | 6,38 |
| Solidos suspendidos | | | | | | |
| totales (mg/l-1) | 71 | 106 | 138 | 166 | 190 | 201 |

*Fuente: Elaboración Propia***Interpretación:**

Tercer ensayo al 3% el mejor resultado del post tratamiento que obtuvimos, fue en la jarran°06 al agregar 6 mL de la solución, dichos resultados son: color 105 UPC escala pt/co; turbidez 10,51 NTU; pH 6,38 y los sólidos suspendidos totales 201 mg/l-1.

Extracto pulverizado de *Opuntia ficus-indica* “Tuna” al 5%.

Tabla 9.

Primer ensayo a las velocidades de 150 rpm / 38 rpm /10' reposo

| | jarra 1 1mL | jarra 2 2mL | jarra 3 3mL | jarra 4 4mL | jarra 5 5mL | jarra 6 6mL |
|--------------------------|-------------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Color (UPC escala pt/co) | 110 | 130 | 125 | 160 | 145 | 165 |
| Turbidez (NTU) | 9,25 | 13,13 | 12,13 | 13,63 | 14,22 | 14,02 |
| pH | 7,57 | 7,5 | 7,42 | 7,35 | 7,29 | 7,24 |
| Solidos Suspendidos | 89 | 120 | 145 | 179 | 207 | 237 |
| Totales (mg/l-1) | | | | | | |

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

Primer ensayo al 5%; los mejores resultados del post tratamiento que obtuvimos, fue en la jarra n°01 al agregar 1 mL de la solución, dichos resultados son: color 110 UPC escala pt/co; turbidez 9,25 NTU; pH 7,57 y los sólidos suspendidos totales 89 mg/l-1.

Tabla 10

Segundo ensayo a las velocidades de 200 rpm /50 rpm /10' reposo

| | jarra 1 1mL | jarra 2 2mL | jarra 3 3mL | jarra 4 4mL | jarra 5 5mL | jarra 6 6mL |
|--------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Color (UPC escala pt/co) | 115 | 120 | 98 | 135 | 165 | 150 |
| Turbidez (NTU) | 12,64 | 12,17 | 11,89 | 13,17 | 13,17 | 13,43 |
| pH | 7,63 | 7,51 | 7,38 | 7,34 | 7,34 | 7,23 |
| Solidos Suspendidos Totales (mg/l-1) | 78 | 121 | 159 | 181 | 181 | 247 |

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

Segundo ensayo a 5%; los mejores resultados del post tratamiento que obtuvimos, fue en la jarra n°03 al agregar 3 mL de la solución, dichos resultados son: color 98 UPC escala pt/co; turbidez 11,89 NTU; pH 7,38 y los sólidos suspendidos totales 159 mg/l-1.

Tabla 11

Tercer ensayo al 5% a las velocidades de 250 rpm /63 rpm /10'reposo

| | jarra 1 1mL | jarra 2 2mL | jarra 3 3mL | jarra 4 4mL | jarra 5 5mL | jarra 6 6mL |
|---|------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Color (UPC escala pt/co) | 125 | 175 | 165 | 160 | 150 | 180 |
| Turbidez (NTU) | 12,07 | 13,83 | 13,53 | 13,48 | 13,2 | 14,3 |
| pH | 7,52 | 7,41 | 7,33 | 7,26 | 7,16 | 7,1 |
| Solidos Suspendidos Totales (mg/l-1) | 111 | 158 | 184 | 189 | 217 | 250 |

Fuente: Elaboración Propia.

Interpretación:

Tercer ensayo al 5%; los mejores resultados del post tratamiento que obtuvimos, fue en la jarra n°01 al agregar 1 mL de la solución, dichos resultados son: color 125UPC escala pt/co, turbidez 12,07 NTU; pH 7,52 y los sólidos suspendidos totales 111 mg/l-1.

3.2. Implementación y aplicación de un protocolo como una metodología para la remoción de aguas residuales de piscigranja utilizando *Opuntia ficus-indica* “tuna” como coagulante natural.

Implementación de un protocolo para la remoción de aguas residuales

Para la obtención del coagulante-floculante se ha elaborado un protocolo, describiendo cada proceso en que se obtuvo el coagulante que es el extracto pulverizado de *Opuntia ficus-indica* “tuna” para la remoción de aguas residuales, que explicamos en el siguiente flujograma:

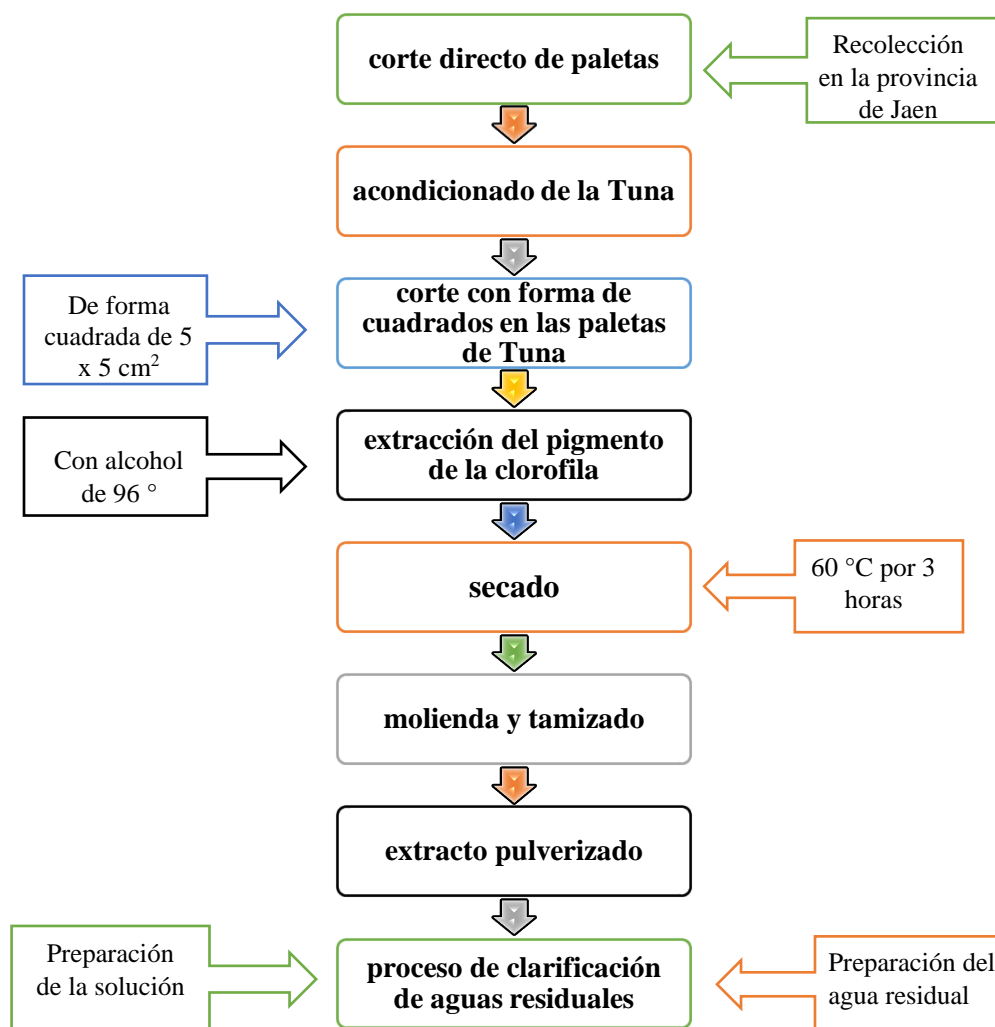


Figura 2: Flujograma de la obtención del extracto pulverizado de *Opuntia ficus-indica* “tuna”

Fuente: Elaboración Propia

Aplicación de una metodología para la remoción de aguas residuales

Se aplicó una metodología basada en un biofiltro para demostrar la eficacia del mucílago de tuna y la remoción de aguas residuales de piscigranja para esta propuesta de tratamiento primario que proponemos en esta investigación.

El sistema de biofiltro contó con cinco compartimientos; el primero con una capacidad de 110 litros, que sirve para receptor de muestra; los siguientes cuatro comportamientos restantes tienen una capacidad de 20 litros cada uno y un desempeño diferente, por ejemplo, en el segundo compartimiento sirve como oxigenador del agua residual; el tercer compartimiento como sedimentador de los sólidos suspendidos totales; el cuarto en separador de grasas y por último un compartimiento con un filtro, utilizando el

extracto pulverizado de la Tuna para mejores resultados; en el trabajo realizados hemos instalado una Bomba de desagüe de lavadora, empleando una caja de madera de 15x15 para la base, analizando el resultado final

Con el resultado más eficaz que logro en el laboratorio, es al 1% de solución, con 6mL de coagulante para el parámetro del color teniendo como resultado 90 UPC escala pt/co y 5ml de coagulante para el parámetro de la turbidez como resultado 6.36 NTU, con la misma velocidad de 150RPM, teniendo en cuenta dichos resultados se comprobó en el resultado de la muestra del biofiltro es una escala más grande, agregamos más coagulante para el parámetro del color, que es, 240 mL de solución y para el parámetro de turbidez 200ml de solución en 20 Litros de agua residual, con una velocidad de 1500rpm, 220 voltios y 15 amperios; obteniendo así un resultado de 92 UPC ESCALA PT/CO, en comparación del valor inicial que fue 500 UPC ESCALA PT/CO con una eficiencia de la remoción del color de 81.6% y en el parámetro de la turbidez un resultado de 7,02 NTU con una eficiencia de la remoción de turbidez de 98,56% tuvimos resultados semejantes a la prueba de laboratorio. **VER ANEXO 2**

3.3. Evaluación de la remoción de la turbidez y el color del agua residual de la piscigranja, y la comparación de los LMPs con parámetros físicos encontrados.

Pre Tratamiento

Tabla 12

Parámetros físicos iniciales en comparación de los LMPs

| | Turbidez NTU | COLOR UPC escala pt/co |
|----------------------|-----------------|---------------------------|
| Parámetros iniciales | 488,7 | 500 |
| LMPs | 5 | 15 |

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

Los parámetros iniciales de la muestra principal en comparación con los LMPs, demostraron en estar en una condición desfavorable, encontrándose los resultados de los parámetros iniciales por encima del mínimo de la categoría de los LMPs, teniendo como resultado: turbidez 488 NTU, color 500 UPC escala pt/co; los resultados se encuentran por encima de los límites máximos permisibles que son: turbidez 5 NTU y el color de 15 UPC escala pt/co.

Post Tratamiento

Se realizó la remoción de los parámetros físicos iniciales de color 500 UPC escala pt/co y turbidez 488,7; con la comparación de los LMPs, al 1%, 3% y 5% con las velocidades de 150 rpm /38 rpm /10', 200 rpm /50 rpm /10' y 250 rpm /63 rpm /10'

Tabla 13

Parámetros del color al 1% con la comparación de los LMPs

| COLOR | | | | | | |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Velocidades | JARRA 1 | JARRA 2 | JARRA 3 | JARRA 4 | JARRA 5 | JARRA 6 |
| 150 RPM | 170 | 165 | 130 | 105 | 125 | 90 |
| 200 RPM | 190 | 135 | 125 | 110 | 145 | 109 |
| 50 RPM | 160 | 100 | 120 | 115 | 145 | 164 |
| LMPs- color | 15 | | | | | |

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

El resultado más bajo fue 90 UPC escala pt/co que se obtuvo en la jarra n°06 y una velocidad de 150 rpm; aunque el resultado del parámetro del color no se encuentra por el margen de 15 UPC escala pt/co, es el valor mínimo que se pudo obtener.

Tabla 14

Parámetros de la turbidez al 1% con la comparación de los LMPs

| TURBIDEZ | | | | | | |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Velocidades | JARRA 1 | JARRA 2 | JARRA 3 | JARRA 4 | JARRA 5 | JARRA 6 |
| 150 RPM | 40,84 | 9,69 | 7,56 | 6,89 | 6,36 | 7,6 |
| 200 RPM | 14,21 | 12,58 | 11,36 | 11,22 | 12,12 | 11,10 |
| 250 RPM | 36,9 | 10,56 | 18,84 | 16,66 | 12,07 | 12,62 |
| LMPs- color | 5 | | | | | |

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

El mejor resultado fue 6,36 NTU que obtuvimos en la jarra n°04 y una velocidad de 150 rpm; aunque el resultado del parámetro de la turbidez no se encuentra por el margen de 5 NTU, es el valor mínimo que se pudo lograr.

Tabla 15*Parámetro del color al 3% con la comparación de los LMPs*

| Velocidades | COLOR | | | | | |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | JARRA 1 | JARRA 2 | JARRA 3 | JARRA 4 | JARRA 5 | JARRA 6 |
| 150 RPM | 175 | 170 | 165 | 110 | 100 | 120 |
| 200 RPM | 145 | 135 | 115 | 100 | 185 | 105 |
| 50 RPM | 180 | 145 | 120 | 125 | 190 | 105 |
| LMPs- color | 15 | | | | | |

*Fuente: Elaboración Propia***Interpretación:**

El resultado más bajo fue 100 UPC escala pt/co que obtuvimos en la jarra n°05 y n°04, con unas velocidades de 150 y 200 rpm, aunque el resultado del parámetro del color no se encuentra por el margen de 15 UPC escala pt/co, es el valor mínimo que se pudo obtener en el ensayo también obtuvimos una remoción de 80% del valor inicial.

Tabla 16*Parámetros de la turbidez al 3% con la comparación de los LMP*

| Velocidades | TURBIDEZ | | | | | |
|-------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | JARRA 1 | JARRA 2 | JARRA 3 | JARRA 4 | JARRA 5 | JARRA 6 |
| 150 RPM | 15,18 | 13,85 | 18,1 | 14,97 | 12,51 | 14,66 |
| 200 RPM | 15,91 | 14,24 | 16,38 | 14,04 | 14,53 | 16,17 |
| 250 RPM | 14,66 | 13,85 | 18,1 | 14,97 | 12,51 | 10,51 |
| LMPs- color | 5 | | | | | |

*Fuente: Elaboración Propia***Interpretación:**

El resultado mas bajo fue de 10,51 NTU en la velocidad de 250 rpm, en la jarra n°06 aunque el parámetro de turbidez no se encuentra por el margen de 5 NTU reglamentaria, es el valor mínimo que se pudo obtener.

Tabla 17:*Parámetros del color al 5% con la comparación de los LMPs*

| COLOR | | | | | | |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Velocidades | JARRA 1 | JARRA 2 | JARRA 3 | JARRA 4 | JARRA 5 | JARRA 6 |
| 150 RPM | 110 | 130 | 125 | 160 | 145 | 165 |
| 200 RPM | 115 | 120 | 98 | 135 | 165 | 150 |
| 50 RPM | 125 | 175 | 165 | 160 | 150 | 180 |
| LMPs- color | 15 | | | | | |

*Fuente: Elaboración Propia***Interpretación:**

El resultado más bajo fue 110 UPC escala pt/co que obtuvimos en la jarra n°01, con una velocidad de 150 rpm, aunque el resultado del parámetro del color no se encuentra por el margen de 15 UPC escala pt/co, es el valor mínimo que se pudo obtener en las pruebas de jarra

Tabla 18:*Parámetros de la turbidez al 5% con la comparación de los LMPs*

| TURBIDEZ | | | | | | |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Velocidades | JARRA 1 | JARRA 2 | JARRA 3 | JARRA 4 | JARRA 5 | JARRA 6 |
| 150 RPM | 9,25 | 13,13 | 12,13 | 13,63 | 14,22 | 14,02 |
| 200 RPM | 12,64 | 12,17 | 11,89 | 13,17 | 13,53 | 13,43 |
| 250 RPM | 12,07 | 13,83 | 13,53 | 13,48 | 13,2 | 14,3 |
| LMPs- color | 5 | | | | | |

*Fuente: Elaboración Propia***Interpretación:**

El resultado más bajo fue de 9,25 NTU en la velocidad de 150 rpm, en la jarra n°01 aunque el parámetro de turbidez no se encuentra por el margen de 5 NTU reglamentaria, es el valor mínimo que se pudo obtener.

3.4. Determinar la eficiencia del extracto pulverizado de *Opuntia ficus-indica* “Tuna” en remoción de turbidez y color de aguas residuales de piscigranjas.

Formula de la eficiencia del coagulante en porcentaje %:

En esta etapa de la investigación, el color y la turbidez se compararon después de obtener los resultados de la muestra. Los parámetros analizados se tomaron en dos tiempos, la primera muestra se analizó antes de realizar el tratamiento, la segunda muestra se realizó después de realizar el tratamiento de la prueba de jarras. Finalmente, la eficiencia-remoción de la penca se determinó en la siguiente formula (Vargas,2018):

$$\text{Eficiencia de la penca (\%)} = \frac{\text{muestra inicial (mi)} - \text{muestra final (mf)}}{\text{muestra inicial}} \times 100$$

Fuente : Vargas, 2018

Dónde:

E (%): Eficiencia de la Tuna

mi : medida inicial de los indicadores (color y turbiedad) de la muestra

mf : medida final de turbiedad y color luego de agregarle el coagulante natural de la Tuna

Tabla 19:

Eficiencia al 1% en remoción del parámetro del color.

| | Jarra 1 | Jarra 2 | Jarra 3 | Jarra 4 | Jarra 5 | Jarra 6 |
|-----------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Color (UPC escala pt/co)150 rpm | 66 | 67 | 74 | 79 | 75 | 82 |
| Color (UPC escala pt/co)200 rpm | 62 | 73 | 75 | 78 | 71 | 78.2 |
| Color (UPC escala pt/co) 250 rpm | 68 | 80 | 76 | 77 | 71 | 67.2 |

Fuente: *Elaboración Propia*

Interpretación:

El porcentaje de remoción del color fue calculado en base del color inicial que son 500 (UPC escala pt/co) del agua residual, con el resultado favorable que obtuvimos de 90 UPC escala pt/co en el cuadro 06; y una velocidad de agitación de 150 rpm, teniendo así un resultado máximo del 82% en remoción del color inicial, en comparación de las otras dosis, con valores mínima de 62% a un valor máximo 80%.

Tabla 20:

Eficiencia al 1% en remoción del parámetro de la turbidez.

| | Jarra 1 | Jarra 2 | Jarra 3 | Jarra 4 | Jarra 5 | Jarr 6 |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| Turbidez(NTU) 150 rpm | 91,64 | 98,02 | 98,45 | 98,59 | 98,70 | 98,53 |
| Turbidez (NTU) 200 rpm | 97,09 | 97,43 | 97,68 | 97,70 | 97,52 | 97,73 |
| Turbidez (NTU) 250 rpm | 92,45 | 97,84 | 96,14 | 96,59 | 97,53 | 97,42 |

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

El porcentaje de remoción de la turbidez fue calculado en base de la turbidez inicial que es 488,7(NTU) del agua residual, con el resultado favorable que obtuvimos de 6,36 NTU, en el cuadro 05, y una velocidad de agitación de 150 rpm, teniendo así un resultado máximo de 98.70% en remoción de la turbidez inicial, en comparación de las otras dosis, con valores mínima de 91,64% a un valor máximo 98.59%.

Tabla 21

Eficiencia al 3% en remoción del parámetro del color

| | Jarra 1 | Jarra 2 | Jarra 3 | Jarra 4 | Jarra 5 | Jarra 6 |
|----------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Color (UPC escala pt/co) 150rpm | 65 | 66 | 67 | 78 | 80 | 76 |
| Color (UPC escala pt/co)200 rpm | 71 | 73 | 77 | 80 | 63 | 79 |
| Color (UPC escala pt/co) 250 rpm | 64 | 71 | 76 | 75 | 62 | 79 |

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

El porcentaje de remoción del color fue calculado en base del color inicial que es de 500 (UPC escala pt/co) del agua residual, con un resultado favorable que obtuvimos de 100 (UPC escala pt/co) en los cuadros n°04 y n°5; y con unas velocidades de agitación de 150 rpm y 200rpm, teniendo así un resultado máximo de 80% en remoción del color inicial, en comparación de las otras dosis con valores mínima de 62% a un valor máximo 79%.

Tabla 22:*Eficiencia al 3% en remoción del parámetro de la turbidez*

| | Jarra 1 | Jarra 2 | Jarra 3 | Jarra 4 | Jarra 5 | Jarra6 |
|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| Turbidez (NTU)150 rpm | 96.89 | 97.17 | 96.30 | 96.94 | 97.44 | 97 |
| Turbidez (NTU)200 rpm | 96.74 | 97.09 | 96.65 | 97.13 | 97.03 | 96.69 |
| Turbidez (NTU)250 rpm | 97 | 97.17 | 96.30 | 96.94 | 97.44 | 97.85 |

*Fuente: Elaboración Propia***Interpretación:**

El porcentaje de remoción de la turbidez fue calculado en base de la turbidez inicial que es 488,7(NTU) del agua residual, con un resultado favorable que obtuvimos de 10.51 (NTU) en el cuadro 06, y una velocidad de agitación de 250 rpm, teniendo así un resultado máximo de 97.85% en remoción de la turbidez inicial, en comparación de las otras dosis, valores mínima de 96,30% a un valor máximo 97.44%

Tabla 23*Eficiencia al 5% en remoción del parámetro del color*

| | Jarra 1 | Jarra 2 | Jarra 3 | Jarra 4 | Jarra 5 | Jarra 6 |
|----------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Color (UPC escala pt/co) 150 rpm | 78 | 74 | 75 | 75 | 71 | 67 |
| Color (UPC escala pt/co) 200 rpm | 77 | 76 | 80.4 | 73 | 67 | 70 |
| Color (UPC escala pt/co) 250 rpm | 75 | 65 | 67 | 68 | 70 | 64 |

*Fuente: Elaboración Propia***Interpretación:**

El porcentaje de remoción del color fue calculado en base del color inicial que es de 500 (UPC escala pt/co) de agua residual, con un resultado favorable que obtuvimos de 98 UPC escala pt/co en el cuadro n°03 ; y con unas velocidades de agitación de 200rpm, teniendo así un resultado máximo de 80.4% en remoción del color inicial, con valores mínima de 65% a un valor máximo 78%

Tabla 24:*Eficiencia al 5% en remoción del parámetro del color*

| | JARRA 1 | JARRA2 | JARRA 3 | JARRA 4 | JARRA 5 | JARRA6 |
|------------------------|---------|--------|---------|---------|---------|--------|
| Turbidez (NTU) 150 rpm | 98.11 | 97.31 | 97.52 | 97.52 | 97.09 | 97.13 |
| Turbidez (NTU) 200 rpm | 97.41 | 97.51 | 97.57 | 97.31 | 97.23 | 97.25 |
| Turbidez (NTU) 250 rpm | 97.53 | 97.17 | 97.23 | 97.24 | 97.30 | 97.07 |

*Fuente: Elaboración Propia***Interpretación:**

El porcentaje de remoción de la turbidez fue calculado en base de la turbidez inicial que es 488,7 (NTU) del agua residual, con el resultado favorable que obtuvimos de 9.25 NTU, en el cuadro 01, y una velocidad de agitación de 150 rpm, teniendo así un resultado máximo de 98.11% en remoción de la turbidez inicial, en comparación de las otras dosis, valores mínima de 97,07% a un valor máximo 97.53%.

3.5. Análisis de datos mediante el Análisis de Varianza.

Para evaluar los efectos de *Opuntia ficus indica* “Tuna”, como coagulante y floculante, se utilizó los resultados mostrados gráficamente en tablas; seguidos de interpretación con los siguientes programas como Excel y Word; obteniendo así una validez de la hipótesis mediante las pruebas estadísticas de ANOVA (análisis de varianza) multifactorial debido a la existencia de dos factores en el trabajo de investigación.

Validez de la hipótesis:

En total, fueron tres soluciones al 1%; 3%; 5%, usadas y una sola muestra de tratamiento de agua; en donde se determinó la eficiencia de la remoción de turbidez y color, con la comparación de la prueba estadísticas de ANOVA (análisis de varianza) en las siguientes tablas.

Análisis de varianza de la eficiencia del coagulante en el parámetro del color y turbidez

Tabla 25:

Análisis de varianza al 1% del parámetro del color

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | F |
|--|-------------------|--------------------|----------------|-----------|
| Entre las muestras | 7172.5 | 5 | 1434.5 | 2.9156504 |
| Dentro de las muestras | 5904.0 | 12 | 492 | |
| Total | 13076.5 | 17 | | |
| (Valor crítico) $F_{\alpha,k-1,N-k} =$ 3.105875239 | | | | |
| p-valor= 0.059796343 | | | | |

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

Los resultados del ANOVA al 1% del parámetro del color se observaron valores estadísticos para la prueba $F=2.9156504$, significativamente menor al valor crítico $F_{\alpha,k-1,N-k} = 3,105875239$; de igual manera se observa que los valores de $p\text{-valor}=0.059796343$ es mayor, al nivel de significación $\alpha = 0,05$; llegando así a una conclusión; aceptando la hipótesis nula, y rechazando la hipótesis alternativa de la investigación

Tabla 26:

Análisis de varianza al 1% del parámetro de la turbidez

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | F |
|--|-------------------|--------------------|----------------|-----------|
| Entre las muestras | 965.5091778 | 5 | 193.10184 | 4.0711109 |
| Dentro de las muestras | 569.2 | 12 | 47.432222 | |
| Total | 1534.7 | 17 | | |
| (Valor crítico) $F_{\alpha,k-1,N-k} =$ 3.105875239 | | | | |
| p-valor= 0.021533862 | | | | |

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

Los resultados del ANOVA al 1% del parámetro de turbidez se observaron valores estadísticos para la prueba $F=4.0711109$, significativamente mayor a los valores críticos $F_{\alpha,k-1,N-k} = 3,105875239$; de igual manera se observa que los valores de $p\text{-valor}=0.021533862$ es menor, al nivel de significación $\alpha = 0,05$; llegando así a una conclusión; rechazando la hipótesis nula, y aceptando la hipótesis alternativa de la investigación

Tabla 27:

Análisis de varianza al 3% del parámetro del color.

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | F |
|--|-------------------|--------------------|----------------|-----------|
| Entre las muestras | 8633.33333 | 5 | 1726.6667 | 2.4472441 |
| Dentro de las muestras | 8466.7 | 12 | 705.55556 | |
| Total | 17100.0 | 17 | | |
| (Valor crítico) $F_{\alpha,k-1,N-k} =$ | 3.105875239 | | | |
| $p\text{-valor}=$ | 0.094736006 | | | |

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

Los resultados del ANOVA al 3% del parámetro del color se observaron valores estadísticos para la prueba $F=2.4472441$, significativamente menor al valor crítico $F_{\alpha,k-1,N-k} = 3,105875239$; de igual manera se observa que los valores de $p\text{-valor}=0.094736006$ es mayor, al nivel de significación $\alpha = 0,05$; llegando así a una conclusión; aceptando la hipótesis nula, y rechazando la hipótesis alternativa de la investigación.

Tabla 28:*Análisis de varianza al 3% del parámetro de la turbidez*

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | F |
|--|-------------------|--------------------|----------------|-------------|
| Entre las muestras | 13.5 | 5 | 2.70002222 | 3.058283097 |
| Dentro de las muestras | 10.6 | 12 | 0.88285556 | |
| Total | 24.1 | 17 | | |
| (Valor crítico) $F_{\alpha,k-1,N-k} =$ | | | | |
| | 3.105875239 | | | |
| p-valor= | | | | |
| | 0.052267052 | | | |

*Fuente: Elaboración Propia***Interpretación:**

Los resultados del ANOVA al 3% del parámetro de turbidez se observaron valores estadísticos para la prueba $F=3.058283097$, significativamente menor a los valores críticos $F_{\alpha,k-1,N-k} = 3,105875239$; de igual manera se observa que los valores de $p\text{-valor}=0.052267052$ es mayor, al nivel de significación $\alpha = 0,05$; llegando así a una conclusión; aceptando la hipótesis nula, y rechazamos la hipótesis alternativa de la investigación.

Tabla 29:*Análisis de varianza al 5% del parámetro del color*

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | F |
|--|-------------------|--------------------|----------------|-----------|
| Entre las muestras | 4643.6111 | 5 | 928.72222 | 2.1476105 |
| Dentro de las muestras | 5189.3 | 12 | 432.44444 | |
| Total | 9832.9 | 17 | | |
| (Valor crítico) $F_{\alpha,k-1,N-k} =$ | | | | |
| | 3.10587524 | | | |
| p-valor= | | | | |
| | 0.12906187 | | | |

*Fuente: Elaboración Propia***Interpretación:**

Los resultados del ANOVA al 5% del parámetro del color se observaron valores estadísticos para la prueba $F=2.1476105$, significativamente menor al valor crítico $F_{\alpha,k-1,N-k} = 3,105875239$; de igual manera se observa que los valores de $p\text{-valor}=0.12906187$ es mayor, al nivel de significación $\alpha = 0,05$; llegando así a una conclusión; aceptando la hipótesis nula, y rechazando la hipótesis alternativa de la investigación.

Tabla 30:*Análisis de varianza al 5% del parámetro de la turbidez*

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | F |
|--|--------------------------|---------------------------|-----------------------|-------------|
| Entre las muestras | 35.9 | 5 | 7.172293333 | 3.687786151 |
| Dentro de las muestras | 23.3 | 12 | 1.944877778 | |
| Total | 59.2 | 17 | | |
| (Valor crítico) $F_{\alpha,k-1,N-k} =$ | 3.10588 | | | |
| p-valor= | 0.02972 | | | |

*Fuente: Elaboración Propia***Interpretación:**

Los resultados del ANOVA al 5% del parámetro de turbidez se observaron valores estadísticos para la prueba $F = 3,687786151$, significativamente superiores a los valores críticos $F_{\alpha,k-1,N-k} = 3,105875239$; de igual manera se observa que los valores de $p\text{-valor} = 0,029715239$ es menor, al nivel de significación $\alpha = 0,05$; llegando así a una conclusión; rechazando la hipótesis nula, y aceptando la hipótesis alternativa de la investigación.

3.2. DISCUSIÓN:

Lozano (2015), en su artículo científico "El Nopal (*Opuntia ficus-indica*) como coagulante natural complementario en la clarificación de agua", concluyo que; el coagulante orgánico, obtenido del mucilago del nopal ha demostrado ser efectivo en la limpieza de las aguas superficiales del río Magdalena en Colombia, debido a que elimina la turbidez del agua hasta 'en 1,78 NTU , con una reducción de color de hasta el 100% y la remoción completa de los sólidos disueltos totales, los resultado mencionados se encuentra dentro de los límites máximos permisibles que estable la normativa, además, el coagulante natural no modifica al pH neutro del agua, logrando así una eficiencia de eliminación de turbidez superior al 50 %, y el resultado más alto de 96-98 %, con la comparación en el trabajo de investigación Eficiencia del extracto pulverizado de *Opuntia ficus-indica* "Tuna" en la remoción de turbidez y color de aguas residuales de piscigranja, concluyo que el mejor resultado fue al 1% de solución con 6mLde coagulante, con una reducción del color a 90 UPC escala pt/co, turbidez 6,16 NTU, pH 7,46 y los sólidos suspendidos totales 110 mg/l-1, a base de laboratorio, obteniendo así una reducción significativa en los resultados de otras investigaciones, aunque los resultados se encuentran por encima de los límites máximos permisible que son: turbidez 5 NTU y el color de 15 UPC escala pt/co.

Por su parte Vargas (2018), encontró, que el cactus de *Opuntia ficus-indica* Mill traída del departamento de Ancash presentó una mayor capacidad coagulante con una eficiencia de remoción de 94,36% de turbidez y 88,46% de color, en el trabajo de investigación eficiencia del extracto pulverizado de *Opuntia ficus-indica* "Tuna" en la remoción de turbidez y color de aguas residuales de piscigranja, concluyo que la eficiencia de remoción sea 82% del parámetro del color y 98.70% del parámetro de la turbidez, llegando así a la conclusión que el resultado del parámetro de la turbidez se encuentra más favorable en el trabajo de investigación, utilizando las siguiente velocidad de 150 rpm /38 rpm /10' en reposo.

CONCLUSIONES

La eficiencia de la remoción más favorable es la concentración al 1% del extracto pulverizado de “Tuna”, con una velocidad de 150 rpm /38 rpm /10' reposo, teniendo así el resultado más eficiente que hemos visto en el post tratamiento que es; color 90 UPC escala pt/co, turbidez 6,16 NTU, pH 7,46 y los sólidos suspendidos totales 110 mg/l-1, a base de laboratorio.

Hemos concluido que en el trabajo de investigación es importante investigar sobre la implementación de protocolos sobre la remoción de aguas residuales a base de un prototipo rentable como la biofiltración; por el resultado del análisis de la eficiencia obtenido en la remoción de turbidez y color de aguas residuales fue un 82% del parámetro del color y 98.70% del parámetro de la turbidez y así poder establecer que el coagulante sea sostenible y apropiado, para el uso de la población.

La obtención del resultado del parámetro del color y turbidez a una escala más grande, fue de, 240 mL de solución para el color y para el parámetro de turbidez 200ml de solución en 20 Litros de agua residual.

La velocidad que obtuvo resultado favorable fue de 150rpm, 220 voltios y 15 amperios; obteniendo así un resultado del parámetro del color 92 UPC escala pt/co, en comparación del valor inicial que fue 500 UPC escala pt/co y una eficiencia de la remoción del color de 81.6%; en el parámetro de la turbidez un resultado de 7,02 NTU, en comparación del valor inicial de 488,7 NTU con una eficiencia de la remoción de turbidez de 98,56%

La evaluación de la remoción de la turbidez y el color de aguas residuales de la piscigranja en comparación con los LMPs. fueron en condición desfavorable, encontrándose por encima del mínimo de la categoría de los LMPs , excepto los sólidos suspendidos totales; teniendo en cuenta que el parámetro dado no supera el valor de 1000 mg/l-1 establecido por los LMPs.

RECOMENDACIONES.

Se recomienda al Gobierno Regional de San Martín que invierta en las investigaciones científicas sobre los coagulantes naturales, para que sean amigables con el medio ambiente y económicamente accesibles para la gente de los centros poblados aledaños a las ciudades.

Se recomienda a los estudiantes de las universidades públicas o privadas que desean investigar sobre el coagulante del polvo de la tuna, que evalúen el efecto de pH y sólidos suspendidos disueltos en la remoción de turbidez y color, ya que estos factores son muy importantes en la coagulación.

A los estudiantes de la UNSM-T, se le recomienda investigar por que cuando se realiza la coagulación los sólidos suspendidos totales; por su incrementación de un 30TDS a 100 TDS y ver que los trabajos de investigación que realizan sobre los coagulantes naturales y ver el porcentaje de remoción de su eficiencia; puede desarrollarse con la siguiente formula. - $\%W = \frac{PESO\ SOLUTO}{PESO\ SOLUCION} \times 100$; con tres concentraciones elaboradas, considerando en cada concentración 500 ml de agua destilada al 1%, 3% y 5 %, y utilizando las siguientes velocidades de 150 rpm /38 rpm /10', 200 rpm /50 rpm /10' y 250 rpm/63 rpm /10'.

A la actividad piscicultura, que impulse el uso de los coagulantes naturales a base del extracto pulverizado de la savia de la *Opuntia ficus- indica* "tuna", por ser una alternativa natural, y por poseer la propiedad de coagulante, así mismo no representa ningún peligro para la salud humana, ni problemas de contaminación;

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAMOVICH, LURA y VAIRA (2004). Acción de distintos coagulantes para la eliminación de *Cryptosporidium* spp. en el proceso de potabilización del agua. [en línea]. Revista argentina de microbiología, Argentina.
- ANDIA (2000). Coagulación y floculación en el tratamiento de agua. [en línea] Lima, Sedapal;
- ARBOLEDA (2000). Teoría y práctica de la purificación del agua. Mc Graw Hill.
- AVALOS (2017). Análisis de carbón activado como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la lavadora y lubricadora de autos “Heredia” de la ciudad de Riobamba, Tesina (Ingeniería Civil). Ambato-Ecuador. Universidad Técnica De Ambato.
- CATALÁN LA FUENTE (1987). Caracterización y calidad de sus aguas. Barcelona.
- DIGESA (2010). Dirección General de Salud Ambiental para consumo humano. En Decreto Supremo N° 031-2010 (pág. 10). Lima – Perú.
- ESPIGARES y PÉREZ (1985). Aspectos sanitarios del estudio de las aguas. [en línea]. En: Aguas Residuales. Composición Espigares, Universidad de Granada. Servicio de Publicaciones. Granada. [fecha de consulta: 26 junio 2019 día mes año]. ISBN: 84-338-0292-5.
- GALLARDO (2017). Tratamiento primario de las aguas del río Shanusi, utilizando almidón de yuca comparado con sulfato de aluminio, en el centro poblado de Pampa Hermosa, Yurimaguas, 2016. Tesis (Ingeniero Sanitario). Moyobamba. Universidad Nacional de San Martín.
- GORDON (1994), Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales. 2.a ed. México Limusa. ISBN: 9789681801670.

GUIVIN (2018). Numero de granjas acuícolas formalizadas incrementan en la región San Martín. [en línea].

HAYDEE (2012). “Aplicación del mucílago extraído de nopal (opuntia ficus- indica) en la clarificación del agua del río Uchusuma” [en línea]. Tesis (INGENIERO QUIMICO). TACNA. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann 2012. [fecha de consulta: 27 octubre 2021].

HERNÁNDEZ (2001). Aurelio. *Depuración y desinfección de aguas residuales*. 5ª ed. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2001.1151 p. ISBN: 84-380-0190-4.

LOZANO (2015). “El Nopal (Opuntia ficus-indica) como coagulante natural complementario en la clarificación de agua”, [en línea]. Vol. 10, (1): 40-50; [fecha de consulta: 27 octubre 2019].

MARTÍNEZ y GONZÁLEZ (2012).“Evaluación del poder coagulante de la tuna (Opuntia ficus indica) para la remoción de turbidez y color en aguas crudas”. Tesis (Ingeniero Químico). Cartagena de Indias. Universidad de Cartagena.

PÉREZ (1973). Estado del Arte – Coagulación. [en línea]. En: Cepis. Lima, Perú; Centro Panamericano de Ingeniería Sanitario y Ciencias del Ambiente.15 – 20 pp. [fecha de consulta: 29 octubre 2019].

POMPILIO (2013). Uso de floculantes de origen natural en el tratamiento del agua en términos de turbidez en el río Santa – Huaraz. 1 ed. Perú. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

RAMALHO (2003). Tratamiento de aguas residuales. España: Reverte. ISBN 8429179755

RIGOLA (1990). Tratamiento de aguas industriales: Aguas de proceso y residuales. 27ª. Ed. Barcelona: Marcobombo,. 161 pp.

- RIVAS (1998). Cactáceas de Costa Rica. En: EUNED. 1ª ed. Costa Rica: San José; 33pp.
- RIVAS (1978) Tratamiento de aguas residuales. 2ª ed. Ediciones Vega. Caracas.
- ROLIM, Sergio. (2000). Sistemas de Lagunas de estabilización, cómo utilizar aguas residuales tratadas en sistemas de regadío. Quito, Ecuador: Universidad Javeriana. ISBN: 9789584100900.
- SAENZ (2006). Carmen. Utilización agroindustrial del nopal. En: Servicios Agrícolas de la FAO. 113.pp. ISBN 92-5-305518-9
- SCHEINVAR (1999), "Taxonomía de las Opuntias utilizadas". Estudio FAO Producción y Protección Vegetal N° 132. Roma, pp. 21-28.
- SINGLEY (1986). Edward. Revisión de la teoría de coagulación del agua. Gainesville: Universidad de la Florida;
- VARGAS (2018). "Comparación de la capacidad coagulante del Opuntia ficus-indica mill de tres departamentos para el tratamiento de aguas del río Chillón-Aahh Santa Cruz del Norte- Lima 2018", [en línea]. Tesis (Ingeniero Ambiental). Lima. Universidad Cesar Vallejo 2018.
- VELARDE (2015) Origen de la Tuna en el Perú, algunos alcances. Jardín Botánico ed. Lima. Universidad Nacional Agraria [fecha de consulta 30 junio 2019].
- .

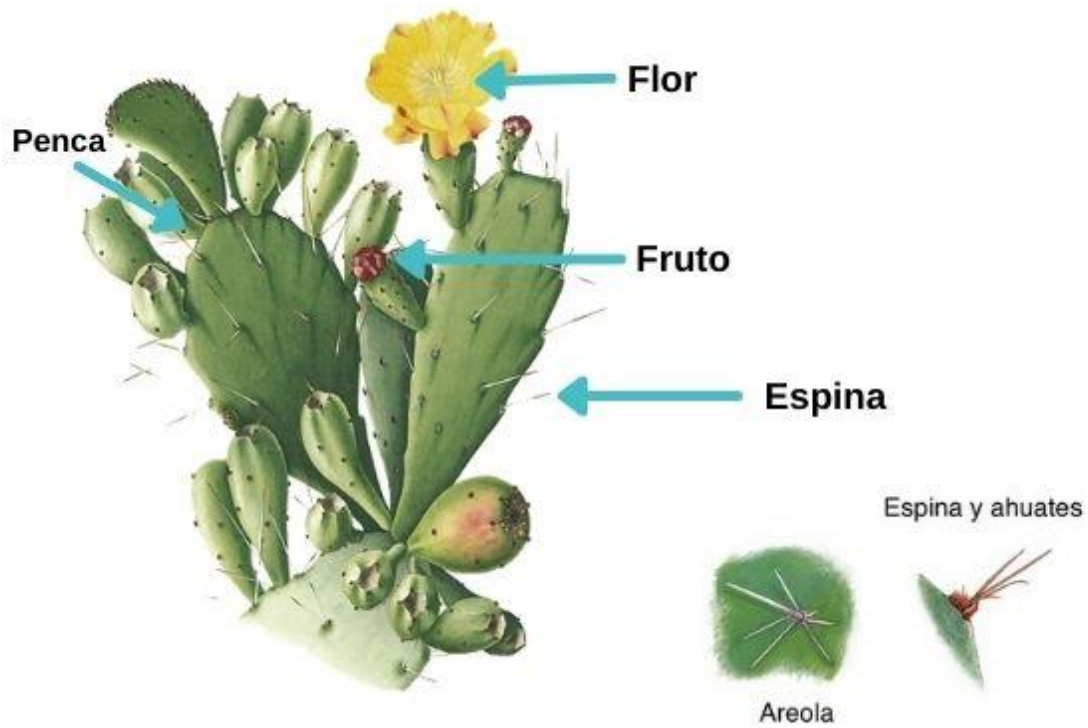
ANEXOS:**Anexo 01**

Figura 3: Características morfológicas de la tuna

Fuente: Scheinvar (1999).

AÑO DE LA UNIVERSALIZACIÓN DE LA SALUD

Moyobamba, 14 de Octubre 2020

Carta N° 02-2020-YFAL.UNSM-T/FE/MO- RLIS

Señor Ing. M.Sc.
SANTIAGO A. CASAS LUNA
Decano de la Facultad de Ecología

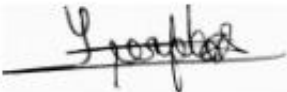
Asunto: CONFORMIDAD PARA INGRESAR AL LABORATORIO DE INGENIERÍA SANITARIA
Referencia: exp. N° 1997, prov. 1336

Saludo a su persona cordialmente a la vez; indicar que , según la referencia indicada, la tesista LIBNI ARELY PINEDO CAYOTOPA, DNI 72128744, y código de matrícula 72128744 , egresada de la Escuela de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ecología de la UNSM; presenta Solicitud para ingresar al laboratorio de Ingeniería Sanitaria, estando en la fase experimental de la Tesis : Eficiencia del extracto pulverizado de Opuntia ficus "Tuna" en la remoción de turbidez y color de aguas residuales de piscigranja. Por lo que requiere el uso del equipo de jarras.

La tesista solicita ingresar al laboratorio de ingeniería sanitaria conjuntamente con su asesor, durante el mes de Octubre 2020, cumpliendo con todos los protocolos de bioseguridad.

Además, adjunta el correspondiente pago por uso del laboratorio.

Por lo indicado; como Responsable del laboratorio de Ingeniería Sanitaria; manifiesto la respectiva conformidad; sugiriendo a su Decanatura, el permiso de ingreso a los ambientes de la Facultad, en coordinación con Vigilancia








Docente Ordinario FECOL. UNSM-T

Figura 4: Conformidad para ingresar al laboratorio de sanitaria.

Fuente: *Elaboración propia.*

REGISTRO DE USO DE LABORATORIO DE SANITARIA**Estudiante: Libni Areli Pinedo Cayotopa****DNI: 72128744**

| N° | FECHA | JORNADA | DOCENTE ENCARGADO | TEMA | FIRMA |
|-----------|--------------|------------------------------|---|---|---|
| 1 | 19/10/2020 | MAÑANA DE 8 AM A 1 PM | Blgo. M.Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez | Proceso de Clarificación de Aguas Residuales |  |
| 2 | 20/10/2020 | TARDE DE 3 PM A 6 PM | Blgo. M.Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez | Proceso de Clarificación de Aguas Residuales |  |
| 3 | 21/10/2020 | MAÑANA DE 10 AM A 1PM | Blgo. M.Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez | Método de Prueba de Jarras. |  |
| 4 | 22/10/2020 | MAÑANA DE 10 AM A 1 PM | Blgo. M.Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez | Método de Prueba de Jarras. |  |
| 5 | 23/10/2020 | MAÑANA DE 10 AM A 1PM | Blgo. M.Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez | Método de Prueba de Jarras. |  |



Blgo.M.Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez

DNI N° 31652355

Nota: Doy conformidad que la estudiante realizo sus actividades de laboratorio en las fechas mencionadas.

Anexo 2:

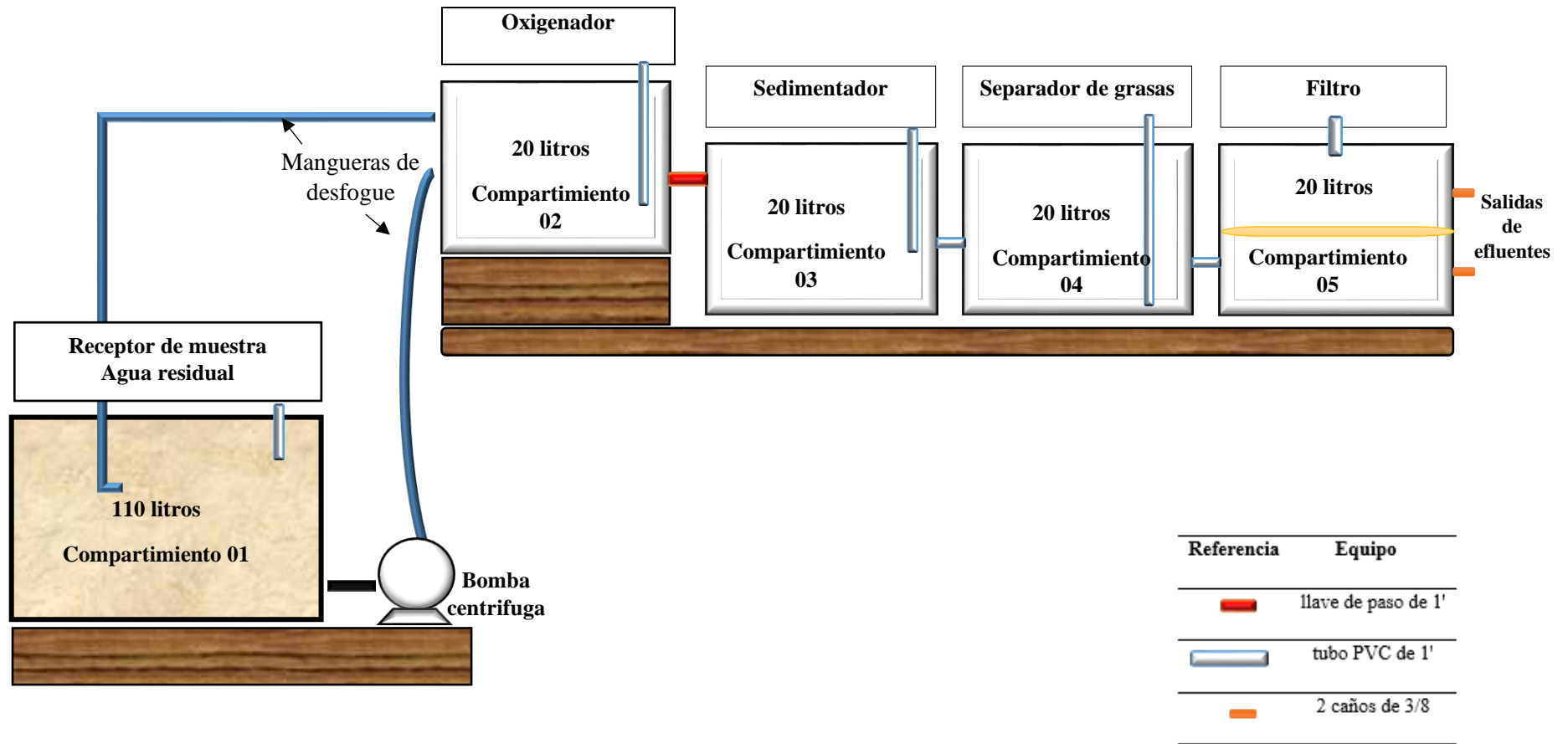


Figura N° 06: Figura del diagrama general del sistema de biofiltro empleada en la investigación:

Fuente: *Elaboración Propia*

PANEL FOTOGRAFICO

Anexo 03:

Técnica de acondicionado de las paletas de Tuna

Vista fotográfica 01 y 02 Procedimiento de limpieza de las paletas de tuna



Vista fotográfica 03 herramientas utilizadas en la limpieza de las paletas de la tuna.



Vista fotográfica 04, lavado de las paletas de la tuna



Técnica de corte cuadrado de las paletas de Tuna

Vista fotográfica 05 corte de las paletas de la Tuna de forma cuadrado



Técnica de extracción del pigmento de la clorofila

Vista fotográfica 06 de extracción de pigmentos utilizando 12 litros de alcohol de 96



Vista fotográfica 07 de remoción de los trozos de tuna con ayuda de un cucharon en el solvente del alcohol



Vista fotográfica 08; trozos de la tuna puesto en reposo en una duración de 24 horas.



Vista fotográfica 09 trozos de la tuna puesto a orear para realizar el secado



Técnica del secado

A temperaturas de 120°, 150° y 180° en una duración de 3 horas. vista fotográfica 10 y 11



Técnica de la molienda y tamizado

Vista fotográfica 12, proceso de molienda por medio de un molino para la obtención de un polvo granulado



Vista fotográfica 13, proceso de tamizo con un colador (malla #100) para la obtención de partículas muy finas



Vista fotográfica 14 del agua residual en el lugar de recolección del agua residual de piscigranja en la localidad del Centro de producción FISH & AQUACULTURE- PABLO YAKU.



Técnica del proceso de clarificación de aguas residuales

Vista fotográfica 15 y 16 de la preparación de la solución de mucilago con el polvo granulado de la tuna y agua destilada; para la elaboración de las 3 soluciones de 1%, 3% y 5%



Vista fotográfica 17; soluciones homogéneas al 1%, 3% y 5% - (coagulante natural)



Método de Prueba de jarras

Vista fotográfica 18 y 19 muestra base de agua residual en los 6 vasos de prueba de jarras; apunto de agregar las diferentes dosis de coagulante por medio de jeringas



Análisis de laboratorio de parámetros

Vista fotográfica 20, medición del Total de solidos disueltos



Vista fotográfica 21, medición del pH



Vista fotográfica 22, medición del color



Vista fotográfica 23, medición de la turbidez



Vista fotográfica 24 del resultado de la prueba de jarra a la intensidad optima de 200 rpm; al 3%



Vista fotográfica 25 y 26 del Resultado de la diferencia de un agua tratada con el coagulante de la Tuna y el otro NO.



Técnica diseño de un prototipo de biofiltro en múltiples etapas.

Vista fotográfica 27, elaboración de la maqueta del biofiltro de 05 espacios



Vista fotográfica 28, inició el uso de la maqueta del biofiltro de 05 espacios



Vista fotográfica 29; colocación al 1% de solución, con 6mL de coagulante, con una velocidad de 150rpm,



Vista fotográfica 30, resultado de remoción de 81.6% del parámetro de color y 98.56% del parámetro de la turbidez



Eficiencia del extracto pulverizado de *Opuntia ficus- indica* “Tuna” en la remoción de turbidez y color de aguas residuales de piscigranja

por Libni Areli Pinedo Cayotopa

Fecha de entrega: 04-ene-2023 01:15p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1988591461

Nombre del archivo: Ing._Ambiental_-_Libni_Areli_Pinedo_Cayotopa.pdf.docx (6.71M)

Total de palabras: 14035

Total de caracteres: 72979

Eficiencia del extracto pulverizado de *Opuntia ficus-indica* "Tuna" en la remoción de turbidez y color de aguas residuales de piscigranja

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%

INDICE DE SIMILITUD

11%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|---|---|----|
| 1 | repositorio.unsm.edu.pe Fuente de Internet | 3% |
| 2 | Submitted to Universidad Nacional de San Martín Trabajo del estudiante | 3% |
| 3 | docplayer.es Fuente de Internet | 2% |
| 4 | Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante | 1% |
| 5 | tesis.unsm.edu.pe Fuente de Internet | 1% |