

“UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN”



FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALÚRGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO QUÍMICO

**“UTILIZACIÓN DE TUNA (*opuntia ficus-indica*) COMO
COAGULANTE ORGÁNICO EN EL TRATAMIENTO DE
AGUAS TURBIAS”**

**PRESENTADO POR:
MAYTIE SHEYLA NIETO YANAC**

**ASESOR:
Ing. VÍCTOR RAÚL COCA RAMÍREZ
CIP 48044**

**HUACHO-PERÚ
2021**

DEDICATORIA

Dedico mi tesis a Dios, por brindarme la sabiduría, paciencia y fortaleza necesaria para alcanzar una meta más en mi vida.

A mi pareja, Alberto Miranda, por motivarme cada día a seguir creciendo profesionalmente y creer en mi capacidad.

A mis hijos, Emir y Azul, quienes son mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día.

A mi madre, Soledad Yanac, por su apoyo y entrega incondicional ya que siempre está en todo momento de mi vida.

A mis hermanos, Maybee, Joseph y Josmell, quienes con su palabra de aliento me motivan a que siempre sea perseverante y cumpla con mis metas.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, a mi madre, a mis hermanos, a mis hijos y a mi pareja, por el apoyo constante que siempre me brindaron para poder culminar mi proyecto de tesis y cumplir una meta más en vida.

También agradezco a mi asesor el Ing. Víctor Raúl Coca Ramírez por el apoyo y confianza para poder realizar este proyecto tan importante en mi vida profesional.

**“UTILIZACIÓN DE TUNA (*opuntia ficus-indica*) COMO COAGULANTE
ORGÁNICO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS TURBIAS”**

ÍNDICE DE TABLAS	¡Error! Marcador no definido.
CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACION	2
1.1. Descripción de la Realidad Problemática.....	2
1.2. Formulación del Problema.....	3
1.2.1. Problema general	3
1.2.2. Problemas específicos	3
1.3. Objetivos de la investigación.....	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos	4
1.4. Justificación de la investigación.	4
1.5. Delimitación del estudio.....	4
1.6. Viabilidad del estudio.....	4
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes de la investigación	5
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	5
2.1.2. Antecedentes nacionales	8
2.2. Bases teóricas.....	11
2.2.1. La tuna (<i>opuntia ficus-indica</i>).....	11
2.2.2. El agua	18

2.3. Definiciones Conceptuales	23
2.4. Formulación de Hipótesis	24
2.4.1. Hipótesis general	24
2.4.2. Hipótesis específicas	24
CAPITULO III: METODOLOGIA	26
3.1. Diseño Metodológico	26
3.1.1. Tipo de Investigación	26
3.1.2. Nivel	26
3.1.3. Diseño	26
3.1.4. Enfoque	28
3.2. Población y Muestra.....	29
3.2.1. Población	29
3.2.2. Muestra.....	29
3.3. Operacionalización de Variables e Indicadores.....	29
3.4. Técnicas e instrumentos para la obtención de datos	31
3.4.1. Materiales y Equipos	31
3.5. Técnicas para el procesamiento de la información.	32
CAPITULO IV: RESULTADOS	33
4.1. Caracterización Físicoquímica.....	33
4.1.1. Determinación del porcentaje de Humedad.....	33
4.1.2. Determinación del porcentaje de Cenizas.....	33

4.1.3. Determinación del porcentaje de Grasas	34
4.1.4. Determinación del porcentaje de Carbohidratos	35
4.1.5. Determinación de la densidad	36
4.2. Parámetros Fisicoquímicos promedios del Nopal.....	36
4.3. Porcentaje de Conversión	37
4.4. Porcentaje de Clarificación de las Aguas Turbias	39
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	40
5.1. Discusiones.....	40
5.2. Conclusiones.....	40
5.3. Recomendaciones.....	41
CAPITULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
6.1. Fuentes Bibliográficas.....	42
Anexos	45

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 .Cuadro Operacional	30
Tabla 2. Porcentaje de Humedad	33
Tabla 3 .Porcentaje de Cenizas	34
Tabla 4 .Porcentaje de grasa	35
Tabla 5.Porcentaje de Carbohidratos.....	35
Tabla 6 .Determinación de densidad.....	36
Tabla 7 .Parámetros Fisicoquímicos promedios del Nopal	36
Tabla 8 .Porcentaje de Conversión del Coagulante	37
Tabla 9 .Porcentaje promedio de la calificación de las Aguas Turbias.....	39
Tabla 10. Cuadro de Porcentaje de Humedad de cada muestra obtenida.....	50
Tabla 11. Desviación estándar de cada muestra respecto a la relación 1:1 en función a la Humedad	50
Tabla 12. Desviación estándar de cada muestra respecto a la relación 1:2 en función a la Humedad	50
Tabla 13. Desviación estándar de cada muestra respecto a la relación 1:3 en función a las Humedad.....	51
Tabla 14 . Cuadro de Porcentaje de Cenizas de cada muestra obtenida	52
Tabla 15. Desviación estándar de cada muestra respecto a la relación 1:1 en función a las Cenizas	52
Tabla 16 . Desviación estándar de cada muestra respecto a la relación 1:2 en función a las Cenizas	53
Tabla 17. Desviación estándar de cada muestra respecto a la relación 1:3 en función a las Cenizas	53

Tabla 18. Cuadro de Porcentaje de Proteínas de cada muestra obtenida	54
Tabla 19 . Desviación estándar de cada muestra respecto a la relación 1:1 en función a las Proteínas	54
Tabla 20. Cuadro de Porcentaje de Grasas de cada muestra obtenida	55
Tabla 21. Desviación estándar de cada muestra respecto a la relación 1:1 en función de las grasas	55
Tabla 22 . Desviación estándar de cada muestra respecto a la relación 1:2 en función de las grasas	56
Tabla 23 . Desviación estándar de cada muestra respecto a la relación 1:3 en función de las grasas	56
Tabla 24 . Cuadro de Porcentaje de Carbohidratos de cada muestra obtenida.....	57
Tabla 25 . Desviación estándar de cada muestra respecto a la relación 1:1 en función a los carbohidratos	57
Tabla 26 . Desviación estándar de cada muestra respecto a la relación 1:2 en función a los carbohidratos	58
Tabla 27 . Desviación estándar de cada muestra respecto a la relación 1:3 en función a los carbohidratos	58
Tabla 28 . Cuadro de densidad de cada muestra obtenida.....	59
Tabla 29 .Desviación estándar de cada muestra respecto a la relación 1:1 en función a los carbohidratos	59
Tabla 30. Desviación estándar de cada muestra respecto a la relación 1:2 en función a los carbohidratos	60
Tabla 31 . Desviación estándar de cada muestra respecto a la relación 1:3 en función a los carbohidratos	60

Índice de Figuras

Figura 1.Distribución de la tuna.....	12
Figura 2.Planta de tuna	13
Figura 3.Taxonomía del nopal	14
Figura 4.Composición química del nopal.....	16
Figura 5.Etapas de la coagulación.....	22
Figura 11. Determinación del % conversión empleando como base inicial 50 gramos de nopal.....	38
Figura 12.Determinación del % conversión empleando como base inicial 100 gramos de nopal.....	38
Figura 13.Licuado del nopal en proporción con agua destilada	46
Figura 14.Extracción del mucilago	47
Figura 15.Caracterización del Mucilago	47
Figura 16. Centrifugación de las muestras	48
Figura 18.Medición del pH en el regadío de Huaura	49
Figura 19. Medición de la turbidez del agua del regadío de Huaura	49

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo obtener un coagulante orgánico a partir de la tuna (*opuntia ficus-indica*) que pueda utilizarse como alternativa al uso de coagulantes sintéticos y que no son amigables con el medio ambiente, para ello se siguió una metodología que consistió en: Recepción de las pencas de nopal, extracción del mucílago, caracterización del mucílago (humedad, % de cenizas, % de proteínas, sólidos totales, pH, conductividad eléctrica), obtención del coagulante mediante la extracción con alcohol etílico para diferentes condiciones de operación (relación nopal/agua y masa inicial de nopal). Una vez obtenido el coagulante se realizaron las pruebas de remoción de turbidez de las aguas turbias, para diferentes concentraciones de coagulante: 10 mg, 20 mg y 30 mg de coagulante por 500 ml de agua turbia, obteniéndose porcentajes de remoción de 41,65%; 69,42% y 86,54% respectivamente, por lo que se concluye que la eficiencia de remoción de la turbidez del coagulante depende de la cantidad de coagulante a utilizar: a mayor concentración mayor será el porcentaje de remoción.

Palabras clave: Tuna (*opuntia ficus-indica*), coagulante, turbidez.

ABSTRACT

The objective of this research was to obtain an organic coagulant from prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) that can be used as an alternative to the use of synthetic coagulants and that are not environmentally friendly, for this a methodology was followed that consisted of : Reception of the nopal stalks, extraction of the mucilage, characterization of the mucilage (humidity,% ash,% protein, total solids, pH, electrical conductivity), obtaining the coagulant by extraction with ethyl alcohol for different operating conditions (nopal / water ratio and initial nopal mass). Once the coagulant was obtained, the turbidity removal tests of the turbid waters were carried out, for different concentrations of coagulant: 10 mg, 20 mg, and 30 mg of coagulant per 500 ml of cloudy water, obtaining removal percentages of 41.65% ; 69.42% and 86.54% respectively, so it is concluded that the removal efficiency of the coagulant turbidity depends on the amount of coagulant to be used: the higher the concentration, the higher the removal percentage.

Key words: Prickly pear (*Opuntia Ficus-indica*), coagulant, turbidity.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad y a nivel mundial se generan grandes cantidades de aguas turbias que ocasionan un impacto negativo en nuestros recursos hídricos. Estos efluentes en muchos casos son dispuestos en los cuerpos de agua sin un tratamiento previo.

Como es de conocimiento, para remover la turbidez de las aguas es necesario que se someta a los procesos de coagulación, floculación y sedimentación con la ayuda de compuestos químicos, tales como el Sulfato de Aluminio $Al_2(SO_4)_3$ o sulfato férrico, sustancias sintéticas que contaminan y son tóxicas para la salud del ser humano.

Ante esta problemática es que la presente investigación presenta una alternativa, que es la de preparar un coagulante orgánico a base de Tuna (*Opuntia ficus-indica*), que resulta ser más económico y eco amigable con su entorno.

CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Descripción de la Realidad Problemática

La falta de agua potable se hace más notoria cada día a nivel mundial, sobre todo en los países emergentes como el nuestro. Es indiscutible que el agua es un recurso renovable, pero en peligro de extinción sino sabemos darle un adecuado uso. El acelerado crecimiento de la población, la industrialización, la extensiva producción agrícola y el desarrollo económico son los principales responsables de generar residuos y efluentes que contaminan nuestro medio ambiente. Las descargas de los efluentes líquidos producto de las diferentes actividades antropogénicas ocasionan la contaminación de mares, ríos y otros cuerpos de agua, ocasionando un grave impacto en los recursos hídricos.

El principal objetivo del tratamiento de aguas residuales es evitar que los efluentes humanos e industriales se dispongan a los cuerpos de agua sin haberles dado un tratamiento previo, con el fin de que generen un daño específico para la salud del individuo o del entorno ambiental. Con el propósito de adquirir agua de una excelente calidad para el consumo humano, es de vital importancia que esta esté libre de algún tipo de contaminantes, para lo cual debe ser sometida a diversos mecanismos de tratamiento, así como la coagulación, floculación y desinfección, llegando así a ser más pura posterior a la desinfección.

A través del mecanismo de coagulación y floculación, se van a agitar las micropartículas que se encuentren suspendidas, también denominadas turbidez. En el mecanismo de coagulación normalmente se emplean compuestos químicos, como por ejemplo el alumbre, con el fin de capturar todas las partículas coloidales, las cuales son originarias de la turbidez del agua, estos compuestos sintéticos presentan algunas

dificultades, por ejemplo requieren una gran proporción de coagulante, son complicados de almacenar y utilizar, así mismo también presentan riesgos contra el entorno ambiental, lo cual son dañinos para el ser humano, por esa problemática es de vital importancia buscar métodos o mecanismos alternativos naturales con la finalidad de tratar el agua y que excelente idea que a partir de una planta oriunda de nuestras regiones andinas, denominada tuna o como su nombre científico lo describe (*Opuntia ficus-indica*), brindando así una óptima solución ambiental que es sostenible para las comunidades que no tienen como acceder al agua, debido a su condición económica.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema general

¿Cuáles son las propiedades y el proceso de obtención de un coagulante orgánico a base de tuna (*opuntia ficus-indica*) para el tratamiento de aguas turbias?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el método apropiado para la obtención de coagulante orgánico a base de tuna (*opuntia ficus-indica*) para el tratamiento de aguas turbias?
- ¿Cuáles son las principales características de las Hojas de nopal empleadas para la obtención de un coagulante orgánico para el tratamiento de aguas turbias del canal de regadío ubicadas a la altura del puente de Huaura?
- ¿Cuál es la eficiencia que posee este coagulante para remover la turbidez y color presente en muestras de agua turbia?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Obtener un coagulante orgánico a base de tuna (*opuntia ficus-indica*) para el tratamiento de aguas turbias

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el método más apropiado para la obtención de coagulante orgánico a base de tuna (*opuntia ficus-indica*) para el tratamiento de aguas turbias.
- Caracterizar las Hojas de nopal empleadas para la obtención de un coagulante orgánico
- Determinar la eficiencia que posee el coagulante orgánico extraído de la tuna para remover la turbidez y color presente en muestras de agua turbia.

1.4. Justificación de la investigación.

Esta indagación se justifica ya que permite brindar un aporte a la problemática que sucede sobre la purificación del agua, permitiendo que esta sea menos contaminante y así aprovecharla para diversas tareas domésticas , también desde el punto visual universitario ayuda a ahondar ahondar, comprender y desarrollar los principios fisicoquímicos en el tratamiento así mismo también la gestión de los residuos sólidos generados en los mercados de abastos de las municipalidades distritales o provinciales.

1.5. Delimitación del estudio

Se realizará en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho, año 2019.

1.6. Viabilidad del estudio

La presente búsqueda tiene viabilidad debido a que el que la ejerce posee los gastos económicos empleados, así mismo también lo asesoran personas que poseen el grado académico adecuado y conocen sobre el tema al cual se basa, sin dejar de lado el tiempo necesario y óptimo para la búsqueda de información.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

(2012) Martinez Garcia, Jesser y Gonzales Silgado, Luis en su investigación realizada en la Universidad de Cartagena, llegó a las siguientes conclusiones:

- La obtención del coagulante se consiguió a través de diversos métodos de operaciones unitarias, así como por ejemplo deshidratado, molienda y seleccionado; estos obtuvieron un beneficio económico óptimo debido a su bajo costo y su fácil uso.
- El olor y sabor del coagulante obtenido por procesos naturales fue nulo debido a que no se presentó ningún rastro de el en las aguas a tratar, así mismo también este poseía un elevado índice de carbohidratos y un PH ácido. Con la característica encontrada de acuerdo con la investigación dicha muestra se llamó un polielectrolito. El coagulante se mantuvo en un desecador por un periodo largo de días.
- La eficiencia óptima alcanzada después de realizar la prueba de jarras fue de 83.99 %, así mismo esto también logro eliminar el 86 % de turbidez de dicha muestra, sin dejar de lado el 57 % de color.
- Un dato de vital importancia observado en la agitación, indica que los resultados óptimos se obtuvieron con concentraciones menores de coagulante; la rapidez con la que se agita fue de 40 rpm y la concentración empleada fue de 50 mg/L.
- De acuerdo con los valores determinados de turbidez y color fueron óptimos, debido a que, no llega a obtener los parámetros indicados respecto al Decreto

1575 de 2007, Lograron establecer óptimamente datos extraídos en la parte empírica en función a la clarificación del agua.

(1994) Vázquez Gonzales, Osvaldo en su investigación que lleva por título “Extracción de coagulantes naturales del nopal y aplicación en la clarificación de aguas superficiales” llegó a la conclusión que

- Las pruebas fisicoquímicas de acuerdo con las muestras obtenidas y extraídas en función al coagulante orgánico poseen una alta cantidad de sustancia inorgánica.
- En función a los datos hallados en las muestras de color, no se encontró lo esperado m esto se debió más que todo al proceso de sedimentación la cual no fue optima, debida a que el coadyuvante tiene la propiedad de elevar considerablemente el volumen del floculo, no obstante, deja constante su consistencia y peso.

(2012) Ovando Franco, Monserrat en su indagación concluida, llegó a las posteriores conclusiones:

- El compuesto denominado mucilago extraído oriundamente del nopal es un biopolímero, cuya propiedad es la de brindar un compuesto no soluble en agua, a través de la suma de ácidos carboxílicos, entre los más comunes son el $C H O$ y el $H_2C_2O_4$, este compuesto tiende a permanecer insoluble en diversos disolventes como por ejemplo el HNO y $(CH) NCH$, no obstante dicho compuesto presenta entrecruzamientos intermoleculares, lo cual es posible que presente solubilidad si se somete en una disolución con un pH alcalino por encima de 11, esto normalmente es debido al choque que presentan las moléculas en su composición, ya que en su mayoría son puentes de H.

- A través de los datos obtenidos mediante la espectroscopia infrarroja se concluyó que el compuesto denominado mucilago de nopal presenta diversas ramas funcionales, las cuales presentan la propiedad y característica de adherir metales pesados, así mismo también indico que estos permiten que el mucilago sea entrecruzado, generando así un compuesto mucho más fuerte y resistentes, lo cual es ideal para la remoción de metales pesados dentro una planta de tratamiento de agua. Las más relevantes ramas funcionales que presentan en su composición el mucilago son los grupos carboxilo e hidroxilo.
- La adsorción que presento el cd respecto a la utilización del biopolímero fue optima, al ser susceptible al pH, el método más relevante y de vital importancia en la investigación es la de atracción electrostática entre las diversas ramas funcionales del compuesto y la disolución que presenta el cd iónico. La reticulación del compuesto genera un impacto negativo a las ramas funcionales con los que se somete la absorción. A través del tratamiento de adsorción más relevante es la de interacciones electrostáticas, debido a que el compuesto puede ser desorbido y reutilizado.
- Los datos obtenidos por el instrumento de calorimetría indican las diversas T_f de fusión que presentan los componentes a diversas mezclas, lo que se puede indicar con fiabilidad que existe una variación respecto a la estructura del biopolímero, originando un entrecruzamiento de ramas de mucilago, no obstante este entrecruzamiento no se brinda como una hipótesis, debido a que se presenta dentro de las mismas ramas del biopolímero en su gran mayoría y en menor proporción entre el ácido carboxílico y el grupo OH del compuesto denominado mucilago.

2.1.2 Antecedentes nacionales

(2012) Quispe Jiménez, Haydee en su investigación realizada, concluyo lo que se presenta a continuación:

- Se logro extraer el material mucilaginoso obtenido de las pencas del nopal (*Opuntia ficus-indica*) con una eficiencia del 1,44% en función al peso; así mismo los resultados obtenidos son aproximados de acuerdo con Sepúlveda y cola (2004).
- La concentración más indicada y óptima para la eliminación de turbidez es de 1 ml/2L, estos datos fueron recolectados a través del método de jarras dependiendo de las diversas turbiedades; los resultados más favorables en función al mucilago fue la aplicación del 1 % de solución respectivamente ,
- De acuerdo con las tablas 19 y 13 donde indica que es desfavorable el utilizar concentraciones de mucilago a turbiedades bajas, en este caso nos referimos a (<20 NTU).

(2017) Torres Contreras, Vico en su investigación realizada, llegó a la conclusión

- La forma más óptima y apropiada es la reposición de este en pequeños pedazos diluidos en agua caliente. Este procedimiento no ocasiona gastos secundarios a la hora de tratar el agua debido a que el nopal es un compuesto orgánico.
- La dosis adecuada en función al alumbre de categoría A fue de 5 mg/l, así mismo también cuando fue aplicado al agua se obtuvo un valor de 7 NTU y 14 UC ; estos datos se basaron en función a los datos iniciales obtenidos por los mismos instrumentos lo cuales fueron 85 NTU y 41 UC.

- Actualmente en la empresa es factible la incorporación de una PTAR debido a los óptimos beneficios que se obtienen de ella como el mejoramiento de la salud en los pobladores de dicha zona, y así mismo también disminuiría enfermedades ocasionadas por malas aguas.
- En función a los datos económicos obtenidos nos indican que con 8 soles es posible producción aproximadamente casi 1000 litros de agua libre con los estándares que se presenta a continuación: 41.5 NTU y 22 UC.
- El uso de este coagulante extraído de la penca es una solución más aceptable entorno al cuidado ambiental debido a que se puede reaprovechar y se usó para tratar el agua y así mismo también disminuir de manera óptima las enfermedades ocasionadas por diversos factores del agua no tratada.

(2017) Silva Casas, Megy de la universidad Nacional Mayor de San Marcos en su investigación efectuada; llegó a las conclusiones siguientes:

- Los carbohidratos que presenta la tuna poseen un elevado porcentaje de rendimiento en función a la extracción; así mismo también estos parámetros tienen influencia en los diversos análisis respecto a la humedad, proteínas y carbohidratos.
- De acuerdo con el mecanismo empleado en función a la clarificación, el factor turbidez y concentración no tienen una alta significancia de acuerdo al análisis estadístico respecto a $F_{calculado} > F_{teórico}$.
- La variable más importante en la ecuación es la turbidez debido a que esta variable posee una alta influencia que afecta óptimamente al desempeño de producción normalmente la etapa posee el valor de $P=0.000$; esto nos da a entender que mientras mayor sea el factor turbidez, mayor será el porcentaje de

remoción , a continuación, para más detalla se aplicó la siguiente ecuación que se mostrara en breve $\% \text{ remoción} = 0.7284 + 0.000215 \text{ turbidez inicial} - 0.001732 \text{ concentración}$.

- Finalmente se indica que existe una relación directa entre los carbohidratos y el mucilago, indican que remueve la turbidez de manera óptima y eficiente.

(2016) Moreno Pérez, Sandy de la universidad César Vallejo en su investigación realizada; llegó a las siguientes conclusiones:

- De acuerdo con lo indagado se demuestra en función a la parte empírica que la cantidad más óptima con el fin de remover la turbidez es de 6 gramos/l, no obstante, para otros tipos de coagulantes naturales obtenidos de manera natural , sus resultados obtenidos en función a la turbidez de agua son muy bajos .
- La velocidad más óptima en función a la remoción de turbidez es de 100 rpm, de acuerdo con la parte empírica, no obstante, con los otros coagulantes la velocidad es demasiado baja.
- De acuerdo con la indagación obtenida el *Opuntia ficus indica* es considerado el coagulante más óptimo en función a la disminución de turbidez, así mismo también como una segunda opción se puede emplear a *Caesalpinia spinosa* debido a que este coagulante también posee una excelente eficiencia en el tratar de agua.
- El empleo de los diversos métodos se analiza que el factor pH no es variable en función a algún coagulante empleado, esto se demostró empíricamente debido a la medición de cada uno antes y después en función al tratar del agua .

- Finalmente se obtuvo que la hipótesis general es abarcable por lo consiguiente se aceptó debido a que este coagulante pudo disminuir aproximadamente un 60 a 80 % mientras que con los otros coagulantes no supera el 50 %.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. La tuna (*Opuntia ficus-indica*)

En conclusión, con (Saenz, 200, págs. 29-36) indica que “los nopales son plantas con un tamaño aproximadamente de 3,3 a 5,2 metros de altura, así mismo esta planta es rica en raíces que tienen una propiedad adsorbente muy eficiente, también sus hojas son muy extensas y densas”. Las raíces del nopal tienen una relación específicamente con la fertilización.

No es novedad que el diámetro de su tronco este en un rango de 19 a 49 cm, así mismo también los cladodios son parte de la estructura ramática de ese, teniendo un espesor de 1,9 a 2,9. Cuando el cladodio está recién nuevo o brotando es considerado como nopalito mientras que ya de adulto se le llama penca (Casas, 2017, pág. 16).

Esta planta normalmente como se muestra en la siguiente imagen se concede en América, para ser aún más precisos y exactos en México. Generalmente estas plantas pueden estar en diferentes entornos ambientales desde un terreno sin mucha vegetación hasta terrenos con gran altura (Quispe, 2012)



Figura 1. Distribución de la tuna

Fuente: <https://www.ondacactus.com/wpcontent/uploads/2018/03/Distribucion-cactus.jpg>

El nopal posee y presenta un compuesto pegajoso denominado mucilago, en el cual es posible obtener a través de la presión de las pencas, comúnmente ha sido empleado de una forma casera como pegamento para incrementar la dureza del concreto, para ser exactos se ha empleado hasta un 59%, así mismo también se ha utilizado para impermeables y pinturas, sin dejar de lado también el sector alimentario. (Ovando, 2012)

2.2.1.1. Origen y taxonomía de la tuna

Los nopales actualmente se ubican para ser exactos abarcando completamente el continente americano, así mismo estos se han ido extendiendo por el resto del continente. (Silva, 2017)



Figura 2. Planta de tuna

Fuente: (WordPress, 2018) (Lozano Florian, 2018)

Absolutamente todos los nopales tienen una taxonomía demasiado compleja; esto se debe más que todo porque la mayoría de los fenotipos tienen una diversa variación de acuerdo con el entorno ambiental; así mismo también a menudo se registran sucesos de poliploidía (Silva, 2017)

Actualmente se registran lugares en el territorio peruano donde se encontraron restos de semillas, los arqueólogos indican que son las primeras en su especie, esto fue ubicado en Junín a 4200 msnm. La antigüedad de dichas semillas era de 11,800 años aproximadamente. (Torres, 2017)

Taxonomía de la *Opuntia Ficus- indica* (tuna). (Barrientos 1983) citado por (Quispe, 2012)

Reino	Vegetal
División	Angiospermae
Clase	Dicotyledonea
Orden	Cayophyllales
Familia	Cactácea
Subfamilia	Opuntioideae
Genero	Opuntia Nopalea
Tribu	Opuntiae
Especie	Ficus - indica

Figura 3. Taxonomía del nopal

2.2.1.2. Características de la planta de la tuna

La Gerencia Regional Agraria de la Libertad (2009) indicó las siguientes características:

El tallo. – Normalmente en el territorio peruano el tallo mide de 1,4 a 1,99 m de alto, en comparación a las diversas especies de la misma familia este está compuesto de ramas aplanadas que tienen una cutícula gruesa así mismo también el tronco tiene un diámetro que está en un rango de 18 a 48 cm.

Cladodios. – De acuerdo con diversos estudios estos tienen una altura que está comprendida ente el rango de 18 a 41 cm y con un espesor de 19 a 2.9 cm; normalmente es de color con muchas espinas de color amarillo.

. Estas tienen la función de realizar la fotosíntesis, así mismo también su estructura está protegida por cutículas de tipo lipídica.

Estas cutículas tienen la función de principal de eludir la deshidratación, normalmente un cladodio llega hasta un 95% de agua en peso.

Hojas. – Estas hojas desaparecen en el momento adecuado cuando las hojas de nopal tienen un nivel de desarrollo óptimo; seguidamente estas se remplazan por espinas. Así mismo cuando crecen nuevas pencas, en las axilas se encuentran areolas, estas tienen una altura de 4 a 6 mm.

Flores. – Estas se encuentran ubicadas en la parte de arriba llegando a medir de 5 a 6 cm de alto. Las areolas poseen comúnmente una flor, sin importar la estación que esta sea debido a que una puede generarla al primer año o segundo, normalmente demorar entre 32 a 41 días para su brote, así mismo los pétalos obtenidos de los broten varían de acuerdo con el color como los amarillos rojos y rosados.

Fruto. – Normalmente el fruto obtenido es considerado baya polispermo con la característica ovoide esférica, el color que toma va a depender mucho de la madures de la fruta, así mismo también posee espinas de 1.9 a 2.8 mm de longitud.

Composición química de la tuna (*Opuntia ficus- indica*)

EL alto contenido de agua (90 al 92.5 %) que posee el nopal, además de contener carbohidratos y componentes nitrogenados en varias proporciones. (Abrahán, 2008, citado por (Lozano, 2018).

Parámetro	Contenido
Porción Comestible	78 g
Energías	27 kcal
Proteínas	1.70 g
Grasas	0.30 g
Carbohidratos	5.60 g
Calcio	93 mg
Hierro	1.60 mg
Tiamina	0.03 mg
Rivoflavina	0.06 mg
Niacina	0.03 mg
Ácido ascórbico	8 mg

Figura 4. Composición química del nopal

Fuente: https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/7155/Silva_cm.pdf?sequence=1

2.2.1.3 Aplicaciones de la tuna

De acuerdo con la (Gerencia Regional Agraria de la Libertad, 2009) no indica que “tanto la cascara y mucilago son utilizados para la extracción de aceites y peptinas; así mismo también se emplea para la extracción de vinos y alcoholes; sin dejar de lado también los vinagres y harinas”.

Siguiendo a la (Gerencia Regional Agraria de la Libertad, 2009) concluyendo que “la principal fuente compuesta de glucosa y fructosa respecto a la tuna son los carbohidratos que posee, así mismo también los estándares que posee respecto a las fibras y proteínas en comparación con otras frutas se basan en 6 % Hierro; 6 % calcio y 7% de potasio”.

Las proporciones adecuadas que pueden ser remplazadas a la dieta de una fruta.

El Higo Chumbo es perfecto para cualquier consumido respecto al bajo contenido de sodio y al alto contenido de fibra, esto es vital debido a que puede tratar síntomas como la diabetes o el peso. (Gerencia Regional Agraria de la Libertad, 2009)

Los usos en los cuales se emplean la tuna más que todo como la fuente de energía aprovechando la obtención del método, así mismo también la obtención de peptona de este y la extracción de colorantes a partir del mismo cultivo mediante la infesta del insecto Carmín de la Cochinilla. (Gerencia Regional Agraria de la Libertad, 2009)

2.2.1.4 El mucílago de la tuna (opuntia ficus-indica)

Es un compuesto de contextura concentrada y gomosa que brinda la propiedad de origen nativo del cactus para guardar de manera adecuada grandes proporciones de agua. Cuando el cactus se encuentra o ubica dentro o en la superficie del agua, este se hincha de manera desproporcional, originando así características únicas de acciones superficiales que se observan en diversas encías nativas, lo cual se deduce que el mucilago presenta una propiedad intrigante de precipitar partículas, así como también los iones solubles dentro de su mucosa. (Jiménez, 2014)

Composición

Está conformado aproximadamente del 60% de azúcar, entre las cuales se puede concluir a la ramnosa, xilosa y galactosa, para ser más exactos y precisos el cv de Spineless, indican proporciones de glucanos. El mucilago muestra una gran confusión entre los indagadores de la comunidad científica.

La masa molecular del compuesto denominado mucilago ha presentado diversos y diferentes datos, comúnmente las diferencias radican en las técnicas de obtención y la probabilidad de contaminantes existentes. Aproximadamente en el año 1981 Trachtenberg y Mayer indicaron de manera precisa y breve que las pencas de opuntia ficus- indica poseen una masa molecular de $4,3 \cdot 10^6 \text{g mol}^{-1}$. No obstante una indagación realizada por Cárdenas en 1997 concluyo que la masa molecular era

aproximadamente de $3 \cdot 10^6 \text{ g mol}^{-1}$ y en 2000. Medina-Tones et al. Indico de manera breve que era $2,3 \cdot 10^6 \text{ g mol}^{-1}$. (Quispe, 2012)

Aproximadamente en el año 2011, Madjoub et al. Separaron dos proporciones de mucilago, llamando a una “ensayo de un elevado peso con una masa molecular de $13 \cdot 10^6 \text{ g mol}^{-1}$, y a la otra como ensayo de menor masa molecular de $3,9 \cdot 10^3 \text{ g mol}^{-1}$, finalmente se encontró que la que presentaba una elevada masa representaba casi el 11% del contenido total del compuesto denominado mucilago, lo cual estaba libre de proteínas. Aproximadamente presentaba el 19% de azúcar, lo que indicaba que el potencial presente era óptima para interactuar con cationes bivalentes.

Así mismo también se encontró que el que presentaba baja cantidad de masa molecular está conformado en su gran parte de proteínas, aproximadamente el 80%, lo que representaba una composición de N_2 del 2,3%. Brindando la confirmación de la presencia de glicoproteínas en el compuesto denominado mucilago.

2.2.2. El agua

Es el compuesto de vital importancia en el ser humano ya que gracias a él podemos sobrevivir. Este compuesto posee una enorme influencia en la mayoría de los procesos bioquímicos que suceden en diversos aspectos debido a que contiene moléculas bipolares, así como también influye de manera directa en compuestos orgánicos e inorgánicos (Aldana, 2012)

Es considerado en la gran mayoría como único solvente general, esto más que todo porque tiene la principal característica de disolver un sinnúmero de sustancias en cualquier estado de la materia formando iones o coloides que dependen de factores de peso y volumen. (Aldana, 2012)

2.2.2.1. Calidad

(ANEAS, 2008) indica “que el termino agua significa cuerpo que es percibido de manera sensorial y en su mayoría se halla en la parte superficial del planeta un ejemplo claro son los ríos o lagunas, no obstante calidad viene a ser más que todo diversos parámetros establecidos por alguna entidad que son óptimos para el consumo humano. Así mismo también esta investigación está basada en el agua a nivel público donde nos enfocaremos específicamente en la población de Huaura cumpliendo dichos parámetros establecidos por DIGESA.

2.2.3. Turbidez

De acuerdo con el (Programa de monitoreo del agua , 2017) indica que “es la medición por la cual el agua pierde transparencia por culpa del aparecimiento de partículas en suspensión, mientras las partículas sean mucho mayores dentro del agua , mayor también será la turbidez”.

En diversos mecanismos de monitoreo de agua en función a la purificación del agua, la turbidez es la variable óptima para la determinación del tipo de calidad de agua, en pocas palabras mientras mayor turbidez tenga el agua, menor será su calidad.

Causa de la turbidez

A continuación, se muestran algunos puntos que influyen respecto a la turbidez los cuales son:

Existencia de fitoplancton

Existencia de sedimentos ocasionados por el desgaste de un mineral.

Existencia de sedimentos al fondo del agua.

Descargas de efluentes

Límite de turbidez del agua para el consumo Humano

De acuerdo con (Organización mundial de la salud) “el nivel adecuado y óptimo que debe tener el agua de turbidez no debe ser mayor a 2 NTU, por lo consiguiente el punto ideal para el consumo humano debe ser menor que 1 NTU”.

Diversos métodos en donde usan filtros, mayormente en las industrias donde tratar el agua, deben garantizar a la población que la turbidez no sea mayor que 1 NTU; de acuerdo con los parámetros para una filtración directa no debe sobrepasar los 0,6 NTU; para ser más exactos por lo general el 95 % al mes. Desde enero del 2002, en los Estados Unidos, la turbidez óptima registrada no debe ser mayor a los 0,3 en 95 % de los diversos ejemplares diarios mensuales (Organización mundial de la salud).

Efecto de una alta turbidez en el agua

La disminución del oxígeno en el agua depende a que las partículas atraigan moléculas de fotones emitidas por el sol haciendo que este se caliente y como sabemos por teoría el oxígeno se dispersa óptimamente en agua fría.

Sin embargo, también tiene beneficios a la hora de matar microorganismos, ya que algunos de ellos no pueden sobrevivir a altas temperaturas; pero no del todo debido a que hay microorganismos que si pueden hacerlo y aún más que se hacerlo se multiplican.

No obstante, la concentración de oxígeno disminuye aún peor debido a que las partículas en suspensión no permiten el paso de fotones emitidos por el sol, lo cual esto es perjudicial para la fotosíntesis de las plantas y algas; ya que sin fotosíntesis no hay oxígeno,

Otro problema también que sucede en los ríos o lagos respecto a la alta turbidez del agua es la sedimentación de estos, ya que en lagos menos profundos se colmatan con una rapidez aun mayor, las larvas y huevos de peces son cubiertas por estas

partículas sedimentadas y a su vez sofocadas, otros problemas aún peor para los peses son sus agallas debió a que se tupen o dañan.

Uno de los problemas principales de alta turbidez en el agua es la vista paisajística del entorno, en poca palabra lo estético, así como también es de vital importancia erradicar la turbidez por completo para el óptimo consumo para el ser humano, Aunque en otra parte estas partículas suspendidas en el agua benefician a la hora de adherir metales pesados, así como también diversos compuestos orgánicos y pesticidas perjudiciales para la salud.

La EPA establece que las aguas de consumo humano deben tener 1 UNT y no exceder 5 UNT, de igual manera la OMS (organización mundial de la salud) indica un valor menor o igual a 1 UNT. (López Perez, 2018)

El reglamento de calidad para agua de consumo humano, aprobado con Decreto supremo Ni 031-2010-SA de 24 de setiembre de 2010, se establece que el límite máximo permisible de la turbiedad es 5 UNT. (López Perez, 2018)

2.2.3.1 Mecanismos de reducción de la turbidez

Proceso de remoción de sólidos

Lozano (2018) indica que para este proceso se emplean diferentes tipos de procesos, tales como la sedimentación, la coagulación y floculación, filtración, entre otros:

Sedimentación: se emplea reducir partículas indeseadas en el proceso de potabilización del agua. El proceso de sedimentación de agua potable se basa en la ley de Stokes, que indica que las partículas de mayor tamaño o peso que el agua son simples de remover. (Lozano, 2018)

Coagulación

Tiene como fin desorientar las partículas coloidales encontradas en suspensión, esto más que todo para beneficiar su aglomeración, este procedimiento no solo se basa en eliminar la turbiedad ya que así mismo también se encarga de erradicar las materias orgánicas y los microorganismos (Casas, 2017, pág. 41).

La fase más riesgosa del proceso de tratamiento de agua es la coagulación, esto solo puede lograrse a través de la aplicación de un coagulante conocido, que tenga la propiedad de equilibrar cargas coloidales suspendidas en el agua, esto más que todo se utiliza con el fin de aprobar su aglomeración hasta la fase final que es la sedimentación (Ortiz, Astuillo, & Garcia, 2013, pág. 138).

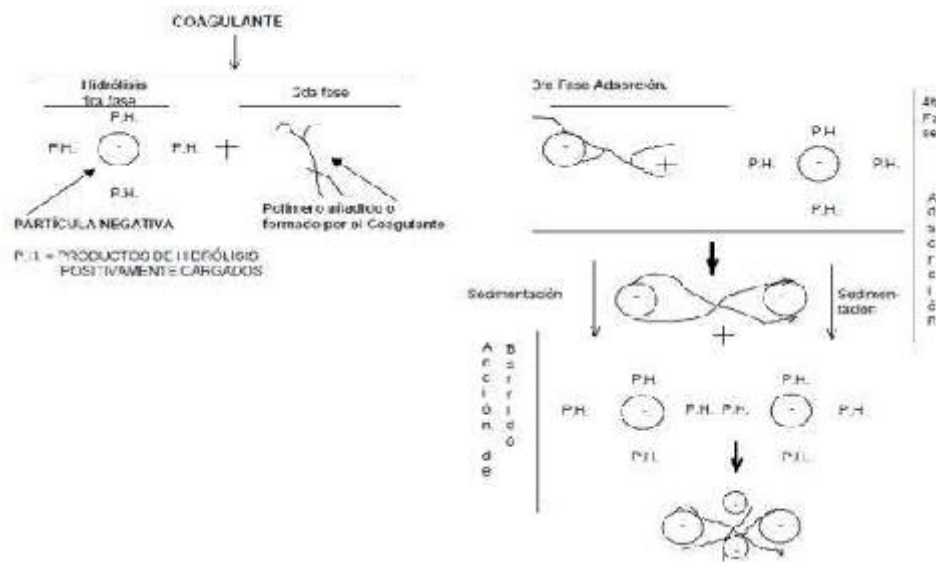


Figura 5. Etapas de la coagulación.

Fuente: (López Perez, 2018)

Floculación

En esta fase correspondiente a la mezcla lenta tiene como objetivo principal en brindar el contacto entre partículas; dicha mezcla debe ser óptima para dar paso a las diferencias de velocidad, pero esto no debe ser muy elevada debido a que puede

romper los flóculos; así mismo también no debe excederse del tiempo determinado para dicha floculación (Casas, 2017, pág. 52).

Una agitación intensa puede ocasionar rupturas de flóculos y difícilmente se pueden volver a formar. Así que una agitación lenta es la óptima debido a que nos permite unir los flóculos debidamente. Este proceso ayuda a aumentar su peso, ya que no solo aumenta en gran proporción el diámetro del floculo. Un factor importante para el mejoramiento de la floculación es añadirle algún reactivo o ayudante de floculación (Casas, 2017, pág. 52)

2.3. Definiciones Conceptuales

- a. **Aguas residuales (o Aguas negras).** – (Slideshare, 2018) Son fluidos provenientes de diferentes puntos como sectores de viviendas o zonas industriales.
- b. **Coagulante:** Son diferentes tipos de sales metálicas que en contacto con el agua reaccionan formando flóculos, el coagulante más conocido es el Alumbre.
- c. **Contaminación:** Es la involucración de partículas en un medio ocasionando que algún peligro en este; normalmente es un cambio negativo del entorno ambiental.
- d. **Remoción:** Es la acción de sacar algo de un lugar determinado , esto normalmente puede darse tanto en una persona como en un objeto , esto depende mucho también del tiempo ya que puede ser simple o compleja.
- e. **Suspensión:** Es la unión de un sólido en polvo y sustancias no solubles, dispersándose en un compuesto acuoso.

- f. **Floculante:** Es una sucesión de pasos químicos que consiste en la sujeción de diversas partículas llamadas floculantes, aglomerándose coloidalmente en el agua.
- g. **Flóculos:** Es un grumo de residuos orgánicos producidos de acuerdo con la inyección de sólidos en suspensión.
- h. **Solvente:** Es un compuesto que se encarga de diluir un soluto de forma eficaz y eficiente.
- i. **Coloides:** son suspensiones estables, por lo que es imposible su sedimentación natural, son sustancias responsables de la turbiedad y del color del agua.
- j. **Coloides.** -Son suspensiones estables, por lo que es imposible su sedimentación natural, son sustancias responsables de la turbiedad y del color del agua.
- k. **Flóculo.** Es un grumo de residuos orgánicos producidos de acuerdo con la inyección de sólidos en suspensión.
- l. **Mucilago.** - Es un compuesto viscoso , que normalmente es coagulable en presencia de alcohol.

2.4. Formulación de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La tuna (*opuntia ficus-indica*) sirve como base para obtener un coagulante orgánico con propiedades para el tratamiento de aguas turbias.

2.4.2. Hipótesis específicas

Un tratamiento apropiado permite obtener un coagulante orgánico a base de tuna (*opuntia ficus-indica*) para el tratamiento de aguas turbias

- Es posible caracterizar adecuadamente las Hojas de nopal empleadas para la obtención de un coagulante orgánico

El coagulante orgánico elaborado a partir de la Tuna (*Opuntia ficus indica*) permite remover eficientemente la turbidez y color presente en muestras de agua turbia.

CAPITULO III: METODOLOGIA

3.1. Diseño Metodológico

De acuerdo con su naturaleza y antecedentes de investigación la presente tesis será experimental, en la cual se empleada diferentes concentraciones de coagulantes para determinar cuál es el óptimo a la hora de la remoción de turbidez.

3.1.1. Tipo de Investigación

La dicha indagación viene a ser cuantitativa, esto más que todo por se encargara de relacionar dos variables principales la causa y efecto, logrando analizar con un menor porcentaje de error posible si la aplicación del coagulante orgánico proveniente de la tuna se puede utilizar para eliminar la turbidez y color de las aguas turbias.

3.1.2. Nivel

De acuerdo con la investigación este presenta el nivel descriptivo – explicativo.

3.1.3. Diseño

De acuerdo con el diseño de investigación, este será de carácter empírico, realizado y desarrollado en los laboratorios de la Universidad Nacional José Sánchez Faustino Carrión. El proceso fue dividido en tres etapas, la primera etapa que es el acondicionamiento de la materia prima, la segunda etapa que es la extracción del coagulante y finalmente la remoción de turbidez del agua turbia a tratar.

En la primera etapa las hojas de nopal fueron recolectadas de la provincia de Oyon, las cuales fueron trasladadas al laboratorio con los cuidados requeridos y necesarios, empaquetados herméticamente, para que no se contaminen, posteriormente se lavó la muestra con agua tratada y se quitaron las espinas de las hojas de nopal a emplear, Luego se pasó a pelar y cortar las hojas de nopal, para luego ser cortadas en cuadraditos de 3 cm aproximadamente, seguidamente se somete a la extracción de

mucilago la cual se pesará 50 Y 100 gramos de Hojas de nopal por cada tratamiento. Para este proceso se mezcló los 50 Y 100 gramos de nopal con diferentes proporciones de agua destila en relación con (1:1); (1:2) ;(1:3).

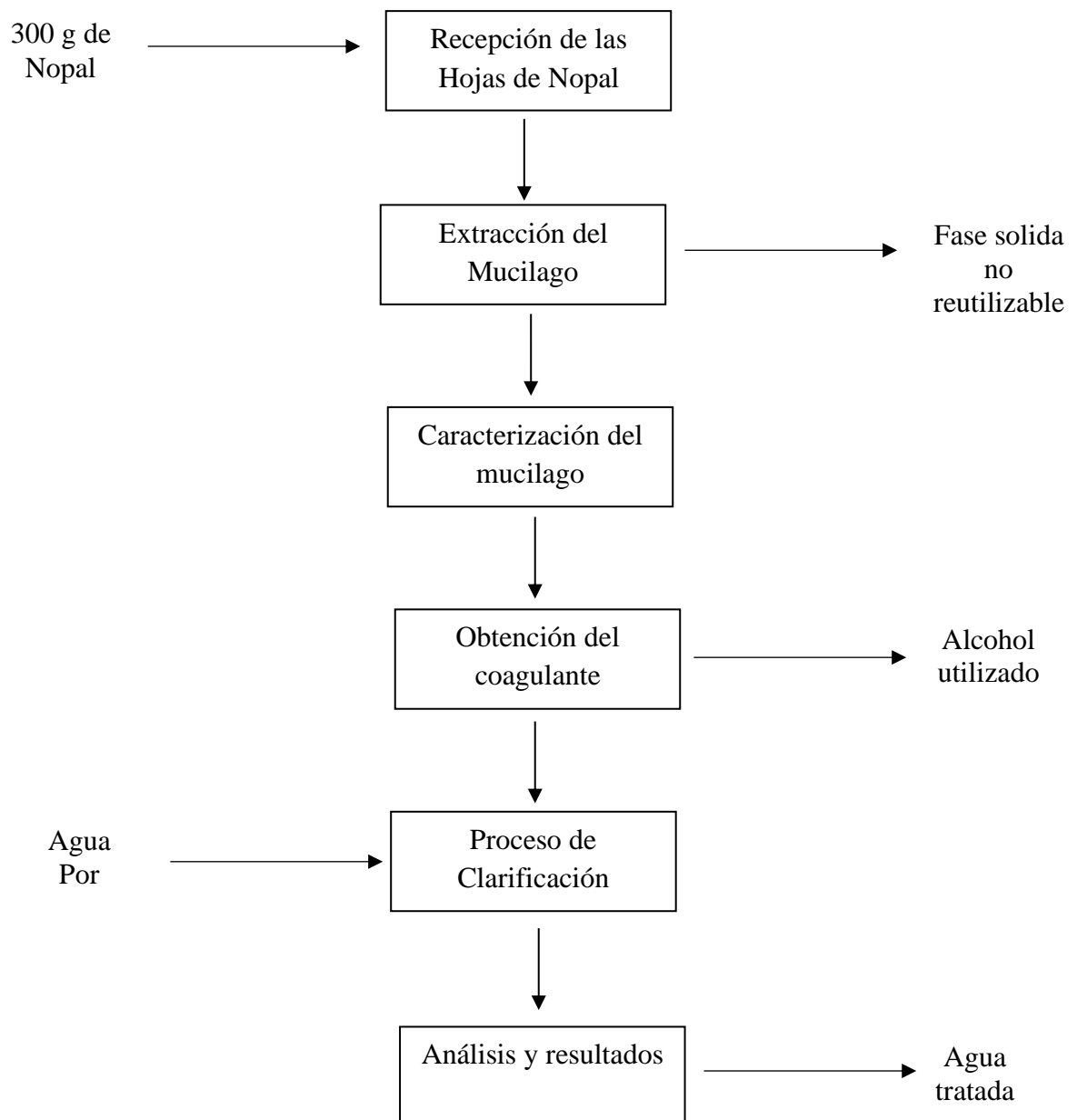
Posteriormente se hizo 6 muestras de cada relación obteniendo un total de 18 muestras para su posterior comparación, cada muestra fue mezclado y licuada, así mismo después se sometió a la temperatura entre un rango de 70° - 90 °C Durante un tiempo de 3 Horas. Posteriormente se filtra para separar la fase acuosa de la sólida.

Las muestras obtenidas después de la extracción se caracterizan mediante un multímetro para obtener los resultados obtenidos. Seguidamente las muestras se someten a un centrifugado, después de obtener el coagulante se pasa a centrifugación durante un tiempo de 20 minutos, con una velocidad de 3000 rpm; esto más que todo para disminuir el porcentaje de alcohol a emplear. Luego el mucilago obtenido pasará por una estufa a una temperatura de 60°C durante un tiempo de 2 a 4 horas; así mismo la muestra extraída será molida hasta obtener el coagulante en polvo deseado. Finalmente se sometió al proceso de clarificado en donde se aplicó el coagulante empleado en relación con el agua obtenida del canal de regadío a la altura del puente de Huaura, seguidamente se extrajo 7 litros del agua a tratar , para ser estudiada y analizada en el laboratorio de la facultad de Ingeniería Química de UNJFSC.

Se empleó 40; 80 Y 120 mg de coagulantes respectivamente por cada 500 ml de agua durante un tiempo 20 minutos aproximadamente, con una agitación constante, seguidamente se emplearon a calcular los parámetros fisicoquímicos del agua ya tratada.

A continuación, se indica de manera detalla el resumen de los pasos empleados en la metodología de obtención del coagulante y clarificación del agua.

- Proceso de extracción del coagulante
- Obtención del coagulante
- Remoción del Agua turbia
- Análisis de datos



3.1.4. Enfoque

Es de carácter cuantitativo.

3.2. Población y Muestra

3.2.1. Población

Se utilizaron las aguas del canal de regadío ubicadas a la altura del puente de Huaura.

3.2.2. Muestra

Se recogió una muestra de 10 litros que seguidamente será dividido en submuestras de 0,5 litros para su investigación y estudio de remoción de turbidez.

3.3. Operacionalización de Variables e Indicadores

V. Dependiente: aguas turbias

V. Independiente: Coagulante

Tabla 1 .Cuadro Operacional

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
Aguas Turbias	Son efluentes contaminados con diversas partículas en suspensión o materiales perjudicables en el agua como la tierra y algunos minerales, así mismo también se encuentran diversas bacterias o microorganismos, un factor principal de este efluente es la turbidez.	Se analizará de manera adecuada las aguas residuales obtenidas para posteriormente emplear el coagulante a base de nopal para determinar el porcentaje de remoción que presenta en dicha agua.	% Conversión % Remoción	Baja Media Alta Baja Media Alta
Coagulante orgánico	Son sales metálicas que normalmente cambian con el agua para ser específicos con la alcalinidad que este posee, esto más que todo para la formación de un floculo , con el fin de remover partículas en suspensión para tratar el agua.	Esta sustancia será extraída de manera adecuada a través de un mecanismo óptimo para usarlo como coagulante en diversas aguas, así mismo también se calculará el porcentaje de rendimiento que este presenta respecto a las aguas empleadas.	Caracterización Físicoquímica	% Humedad % Grasas % Cenizas % Carbohidratos

Fuente: Elaboración propia

3.4. Técnicas e instrumentos para la obtención de datos

De acuerdo con la normativa vigente para la determinación de parámetros óptimos en función al tratar de aguas, se empleará un análisis directo respecto al coagulante obtenido, así mismo también se recabará la información importante sobre las aguas a tratar y el coagulante obtenido, empleando la revisión bibliográfica.

3.4.1. Materiales y Equipos

Materiales

Muestra: Hojas de Nopal

Alcohol

Guantes

Bureta

Pipeta

Vasos precipitados

Matraces

Bolsa de basura

Equipos

Cocina

Estufa

Centrifugadora

PH metro

Turbidímetro

Multímetro

Balanza analítica

3.5. Técnicas para el procesamiento de la información.

De acuerdo con este punto, se emplearán diferentes medios estadísticos e informáticos con el fin de plasmar y entender la información, entre ellos los más relevantes en la investigación son: Microsoft Word, Excel y Visio.

CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1. Caracterización Físicoquímica

En breve, se observa los resultados obtenidos de acuerdo con la caracterización del Nopal; estos resultados fueron realizados minuciosamente empleando diversos parámetros y técnicas para su investigación.

4.1.1. Determinación del porcentaje de Humedad

El método empleado para el cálculo del porcentaje de humedad fue proporcionado por el Departamento de Alimentos y Biotecnología de UNAM (2007-2008) aplicado por Kirk et al (1996) en cual concluye “Pesar 30 gramos de la muestra y someterlo a una mufla por 2 horas a una temperatura de 150°C; seguidamente se retira la muestra, se enfría en un desecador y volver a pesar”

Tabla 2. *Porcentaje de Humedad*

	N	% Humedad	Min	Max
Muestra 1:1	6	65.64 ± 0.10	65.54	665.74
Muestra 1:2	6	69.23 ± 2.24	66.99	71.47
Muestra 1:3	6	58.79 ± 2.00	56.79	60.79

Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Determinación del porcentaje de Cenizas

Para la determinación de cenizas se siguió al Departamento de Alimentos y Biotecnología de UNAM (2007-2008) empleando el método de calcinación propuesto

por Kirk et al (1996) que nos indica “Se pesa 30 gramos de la muestra en un crisol seguidamente se somete a una mufla durante 2 horas a una temperatura apropiada siempre teniendo cuidado que esta no supere los 550°C , de ser necesario repetir esta operación hasta la obtención de cenizas color blancas o grises”.

Tabla 3 .*Porcentaje de Cenizas*

	N	% Cenizas	Min	Max
Muestra 1:1	6	2.54 ± 0.09	2.45	2.63
Muestra 1:2	6	1.98 ± 0.08	1.92	2.04
Muestra 1:3	6	2.23 ± 0.03	2.20	2.26

Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Determinación del porcentaje de Grasas

El método empleado para el cálculo del porcentaje de proteínas fue obtenido por Departamento de Alimentos y Biotecnología de UNAM (2007-2008) llamado método de Soxhlet “el cual informa que “se debe pesar una proporción adecuada de sustancia en un papel, seguidamente se enrolla y se tapa con algodón, posteriormente en el matraz se agrega dos cargas de disolvente , normalmente éter etílico , se somete a ebullición , se evapora todo el disolvente , y se extrae la grasa , luego se somete a secar el extracto en la estufa por un tiempo de 30 minutos a una temperatura de 100°C”.

Tabla 4. *Porcentaje de grasa*

	N	% Grasas	Min	Max
Muestra 1:1	6	0.06 ± 0.01	0.05	0.07
Muestra 1:2	6	0.09 ± 0.01	0.08	0.10
Muestra 1:3	6	0.08 ± 0.01	0.07	0.09

Fuente: Elaboración propia

4.1.4. Determinación del porcentaje de Carbohidratos

El método aplicado para la determinación de Carbohidratos fue conseguido por el Departamento de Alimentos y Biotecnología de UNAM (2007-2008) recomendado y aplicado por Dubois et al (1956) nos indica “la preparación de la solución encontrándose en un rango de sensibilidad de (10-100µg/mL); seguidamente se agrega en tubos de ensayo 1 ml de la mezcla y se le añade fenol 5% y 3.6 ml de H₂SO₄ concentrado , dejamos reposar por 30 minutos y determinamos la intensidad del color naranja a 480 nm, luego se calcula la cantidad con una curva patrón en el intervalo del método de (10-100µg de glucosa /ml)”

Tabla 5. *Porcentaje de Carbohidratos*

	n	% Carbohidratos	Min	Max
Muestra 1:1	6	30.20 ± 1.40	28.80	31.60
Muestra 1:2	6	27.46 ± 1.75	25.71	29.21
Muestra 1:3	6	37.28 ± 0.14	37.14	37.42

Fuente: Elaboración propia

4.1.5. Determinación de la densidad

Para la determinación de densidad se aplicó la fórmula convencional para hallar la densidad que viene a ser la masa empleada entre el volumen determinado que contiene la muestra, a continuación, se muestra los resultados obtenidos:

Tabla 6 .*Determinación de densidad*

	N	Densidad	Min	Max
Muestra 1:1	6	1.25 ± 0.02	1.23	1.27
Muestra 1:2	6	1.32 ± 0.03	1.29	1.35
Muestra 1:3	6	1.19 ± 0.05	1.14	1.24

Fuente: Elaboración propia

4.2. Parámetros Físicoquímicos promedios del Nopal

Los parámetros físicoquímicos fueron determinados a través de un multímetro con los resultados sintetizados en la siguiente tabla.

Tabla 7 .*Parámetros Físicoquímicos promedios del Nopal*

	PH	Residuos Sólidos Totales (ppt)	Conductividad Eléctrica (mV)	Potencial Redox (mS)
Muestra 1:1	5.2	3.59	283.9	7.19
Muestra 1:2	5.1	2.52	284.7	5.06
Muestra 1:3	5.1	2.48	286.1	4.94

Fuente: Elaboración propia

4.3. Porcentaje de Conversión

El porcentaje de conversión fue determinado con relación a la masa inicial del nopal y la cantidad exacta de coagulante obtenido en el proceso de Hidrolisis, así como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 8 .*Porcentaje de Conversión del Coagulante*

	Relación (Nopal/Agua)	Masa inicial de Nopal (g)	Coagulante obtenido (g)	% de conversión
Muestra 1	1:1	50	2.41	4.82
Muestra 2	1:1	50	2.12	4.24
Muestra 3	1:1	50	1.89	3.78
Muestra 4	1:1	100	3.46	3.46
Muestra 5	1:1	100	4.02	4.02
Muestra 6	1:1	100	3.87	3.84
Muestra 7	1:2	50	1.86	3.72
Muestra 8	1:2	50	1.98	3.96
Muestra 9	1:2	50	1.79	3.58
Muestra 10	1:2	100	3.02	3.02
Muestra 11	1:2	100	3.09	3.09
Muestra 12	1:2	100	2.96	2.96
Muestra 13	1:3	50	1.23	2.46
Muestra 14	1:3	50	1.04	2.08
Muestra 15	1:3	50	1.52	3.04
Muestra 16	1:3	100	2.56	2.56
Muestra 17	1:3	100	2.43	2.43

Muestra 18

1:3

100

2.09

2.09

Fuente: Elaboración propia

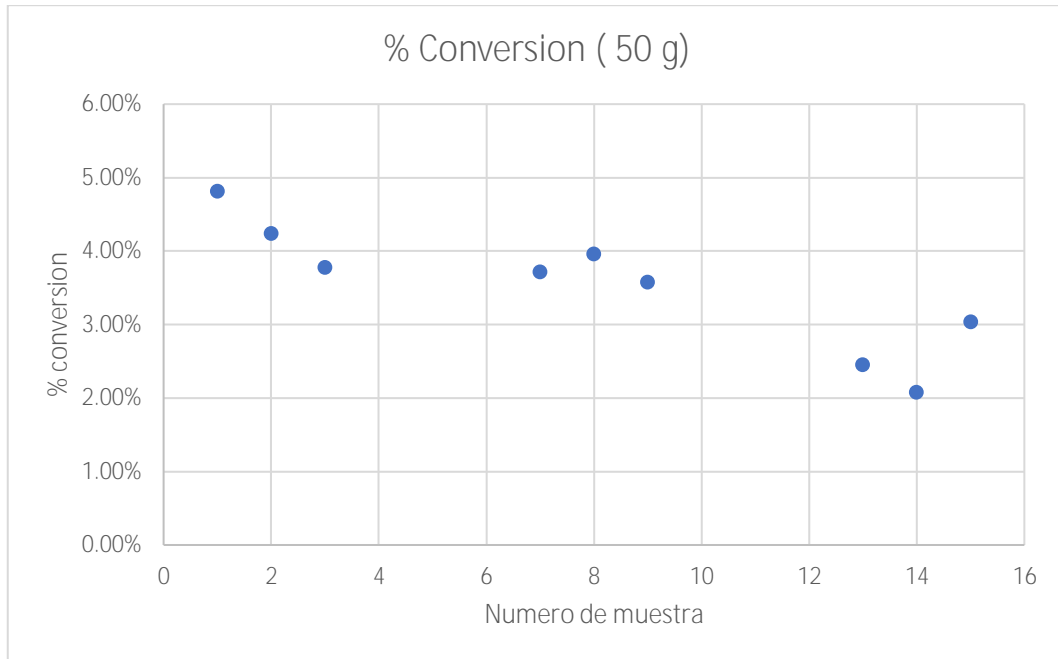


Figura 6. Determinación del % conversión empleando como base inicial 50 gramos de nopal

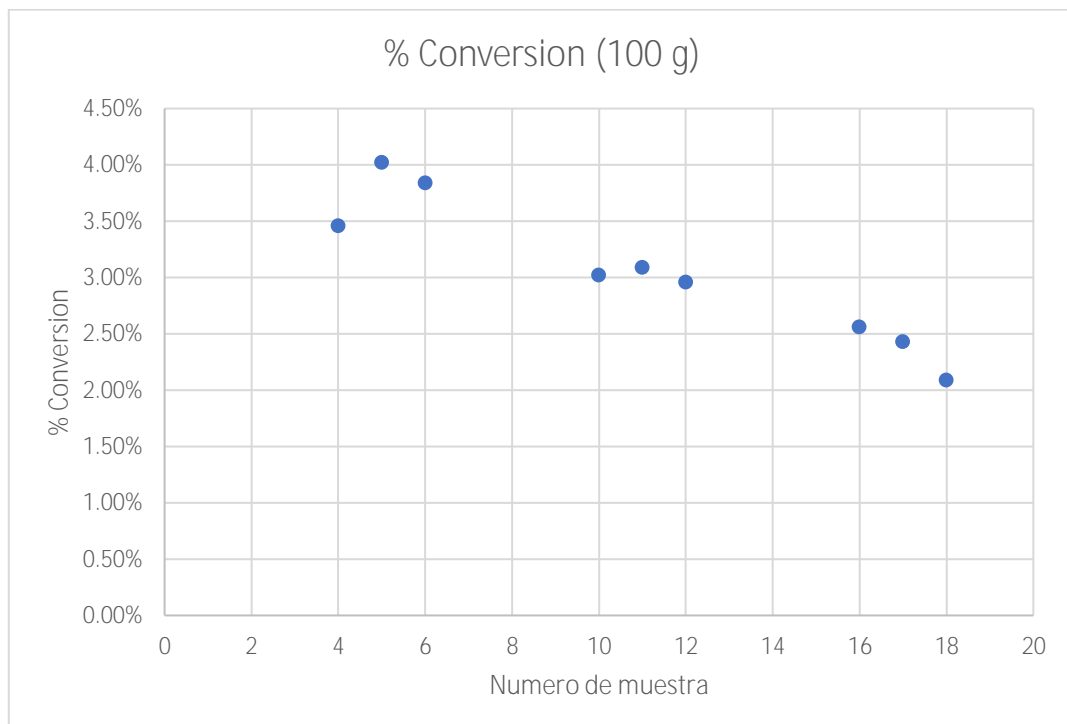


Figura 7. Determinación del % conversión empleando como base inicial 100 gramos de nopal

4.4. Porcentaje de Clarificación de las Aguas Turbias

Para el porcentaje de remoción de las aguas se aplicó dicho coagulante obtenido; la concentración de las tres muestras fue de 10 mg; 20 mg y 30 mg en una disolución de agua turbia de 500 ml ósea de 0.50 litros; siendo estas concentraciones de 20 ppm; 40 ppm y 60 ppm.

Tabla 9 .*Porcentaje promedio de la calificación de las Aguas Turbias*

	Concentración del coagulante (g)	Volumen del agua (ml)	NTU del agua	Porcentaje de remoción
Muestra 1	10 mg	500 ml	713	41.65 %
Muestra 2	20 mg	500 ml	713	69.42 %
Muestra 3	30 mg	500 ml	713	86.54 %

Fuente: Elaboración propia

Para el porcentaje de remoción se empleó dicha ecuación

$$\% = 100 - \frac{100}{100}$$

Para la muestra 1:

$$\% = 100 - \frac{416}{713} \cdot 100 = 41.65 \%$$

Para la muestra 2:

$$\% = 100 - \frac{218}{713} \cdot 100 = 69.42 \%$$

Para la muestra 3:

$$\% = 100 - \frac{96}{713} \cdot 100 = 86.54 \%$$

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Discusiones

- Los resultados obtenidos guardan cierta relación con lo que sostiene Oliverio et al (2014) , quien indica que al aplicar 35 mg/L de tuna obtuvo un remoción del 82,08 %; así mismo también al aplicar 40 mg/L obtuvo una remoción de 83,75 %; en comparación con los datos obtenidos de la investigación con 30 mg/L lo cual se obtuvo una remoción de 86,54 % ;así mismo también indica que la mejor remoción de turbidez se obtiene a una velocidad de agitación superior a 200 rpm .
- Los resultados obtenidos por Antillon, Camareno & Bustos (2012) tienen cierta similitud respecto a la remoción de turbidez debido a que ellos emplearon una dosis de 45 mg/L obteniendo datos óptimos de remoción demostrando con esto el 100%, así mismo también obtuvo un color de remoción del 94%.

5.2. Conclusiones

- El coagulante obtenido a base de tuna cumplió con los índices establecidos debido a que pudo remover la turbidez con un 86,54 % de eficacia respecto a las concentraciones del agua por lo que a más concentración de coagulante mayor será la remoción de turbidez de la muestra.
- La eficiencia que posee el coagulante obtenido depende del porcentaje de remoción para cada muestra promediar: la muestra a una concentración de 10 mg obtuvo un porcentaje de remoción del 41.65 %, la muestra dos a una concentración de 20 mg obtuvo un porcentaje de 69.42 % mientras que la

muestra número 3 en la que se aplicó una concentración de 30 mg obtuvo un mayor índice de remoción de turbidez llegando a 86.54 por ciento.

- El color presente posteriormente aplicado el coagulante fue más limpia y pura, debido a la eliminación de turbidez.

5.3. Recomendaciones

- Una de las recomendaciones sería la de optimizar el proceso de extracción del coagulante a partir del nopal y etanol, para saber cuál sería el punto de extracción máxima del coagulante.

CAPITULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

6.1. Fuentes Bibliográficas

Almendarez de Quezada, N. (2004). *Comprobación de la efectividad del coagulante (cochfloc) en agua del lago mangua "piedras azules"*. Nicaragua.

Andía Cardenas, Y. (2000). *Tratamiento de Agua: Coagulación Floculación*. Lima-Perú.

Antillón, J. J., Camareno, M. V., & Bustos, N. Q. (2012). *Evaluación de la tuna (Opuntia cochenillifera) para la remoción del color en agua potable*. Obtenido de

https://www.researchgate.net/publication/291072857_Evaluacion_de_la_tuna_Opuntia_cochenillifera_para_la_remocion_del_color_en_agua_potable

Casas, M. N. (2017). *Extracción del mucílago de la penca de tuna y su aplicación en el proceso de coagulación-floculación de aguas turbias*. Lima. Obtenido de https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/7155/Silva_cm.pdf?sequence=1

Departamento de Alimentos y Biotecnología (UNAM). (2007-2008). *Fundamentos y técnicas de análisis de alimentos*. Mexico. Obtenido de http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/FUNDAMENTOSYTECNICASDEANALISISDEALIMENTOS_12286.pdf

Diaz Claros, J. (s.f.). *Coagulantes - Floculantes orgánicos e inorgánicos elaborados de plantas y de reciclaje de la chatta*.

Dorea. (2006). *Use of Moringa spp. seeds for coagulation: a review of a sustainable option*. Obtenido de <https://iwaponline.com/ws/article->

abstract/6/1/219/26147/Use-of-Moringa-spp-seeds-for-coagulation-a-review?redirectedFrom=fulltext

Gerencia Regional Agraria de la Libertad. (2009). *Cultivo de tuna (Opuntia Ficus indica)*. Trujillo - Perú.

Jiménez Fernandez, E. E. (2014). *Obtención del mucílago de la cáscara de la tuna (opuntia ficus- indica) a partir de diferentes métodos de extracción*. Tesis, Universidad de Chile, Facultad de ciencias químicas y farmaceuticas, Santiago de Chile.

López Perez, M. (2018). *Evalauación del uso de la cactácea Opuntia ficus- indica como coagulante natural para el tratamiento de agua*. Universidad Agraria de la Molina, lima.

Lozano Florian, L. (2018). *Efecto en la disminución de la turbidez en el agua por floculantes de Opuntia ficus- indica (tuna) con diferentes procesos de extracción en el rio Chonta de cajamarca*. Tesis, Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo, Facultad de ingenieria, Cajamarca- Perú.

Martinez Garcia, J., & Gonzales Silgado, L. E. (2012). *Evaluación del poder coagulante de la tuna (opuntia ficus indica) para la remoción de turbidez y color en aguas crudas*. tesis, Universidad de Cartagena, Facultad de Ingenieria, Cartagena de Indias.

Nobel, Cavelier, & Andrade. (1992). *Mucilage in cacti: its apoplastic capacitance, associated solutes, and influence on tissue water relations*. Obtenido de <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201301768082>

(s.f.). *Organizacion mundial de la salud*. Obtenido de <https://www.who.int/es>

- Ortiz, A. V., Astuillo, I. C., & Garcia, J. M. (2013). *Caracterización de la Opuntia ficus-indica para su uso como coagulante natural*. Colombia. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4776461>
- Ovando Franco, M. (2012). *Modificación de biopolimero extraído de nopal (Opuntia ficus indica) y su aplicación para la remoción de metales pesados en agua*. Tesis, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C, Postgrado en ciencias aplicadas, San Luis Potosi.
- (2017). *Programa de monitoreo del agua* . Obtenido de <https://web.archive.org/web/20130611082209/http://www.uwgb.edu/watershed/data/monitoring/turbidity.htm>
- Quispe Jimenez, H. G. (2012). “*Aplicación del mucílago extraído del nopal (OPUNTIA FICUS-INDICA) en la clarificación de agua del río Uchusuma*”. Tacna - Perú.
- Saenz, C. (200). *Utilización agroindustrial del nopal*. Roma. Obtenido de [https://books.google.com.pe/books?id=llaxlnmJfFoC&pg=PA162&lpg=PA162&dq=Sudzuki,+F.+\(1999\).+Anatomía+y+Morfología.+Agroecología,+cultivo+y+usos+del+nopal,&source=bl&ots=AeJ3BXxs7y&sig=ACfU3U39c-RcE8S_hzN4vmdUkMIPBMQEnA&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjmm9_Qzdfm](https://books.google.com.pe/books?id=llaxlnmJfFoC&pg=PA162&lpg=PA162&dq=Sudzuki,+F.+(1999).+Anatomía+y+Morfología.+Agroecología,+cultivo+y+usos+del+nopal,&source=bl&ots=AeJ3BXxs7y&sig=ACfU3U39c-RcE8S_hzN4vmdUkMIPBMQEnA&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjmm9_Qzdfm)
- Vazquez Gonzales, O. (1994). *Extracción de coagulantes naturales de nopal y aplicación en la clarificación de aguas superficiales*. Tesis Grado de Maestro, Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de ingeniería civil, Nuevo León-Monterrey.

Anexos

Anexo I: Procedimiento de Obtención del coagulante

Recepción de las Hojas de Nopal

Esta fase del proceso se dividió en 3 sub-fases las cuales son

a) Acondicionamiento

Esta semifase consistió en su lavado con agua tratada así mismo también se quitaron las espinas de las hojas de nopal a emplear.

b) Lavado

Posteriormente se pasó a pelar y cortar las hojas de nopal, para luego ser cortadas en cuadraditos de 3 cm aproximadamente.



Figura 8. Licuado del nopal en proporción con agua destilada

Extracción del Mucilago

En esta semifase se pesará 50 Y 100 gramos de Hojas de nopal por cada tratamiento.

Para este proceso se mezcló los 50 Y 100 gramos de nopal con diferentes proporciones de agua destilada con relación a (1:1); (1:2) ;(1:3).

Posteriormente se hizo 6 muestras de cada relación obteniendo un total de 18 muestras para su posterior comparación, cada muestra fue mezclada y licuada, así

mismo después se sometió a la temperatura entre un rango de 70° - 90 °C Durante un tiempo de 3 Horas. Posteriormente se filtra para separar la fase acuosa de la sólida.



*Figura 9.*Extracción del mucilago

Caracterización del Mucilago

Las muestras obtenidas después de la extracción se caracterizan mediante un multímetro para obtener los resultados obtenidos.



*Figura 10.*Caracterización del Mucilago

Obtención del coagulante

a) Centrifugado

En esta fase después de obtener el coagulante se pasa a centrifugación durante un tiempo de 20 minutos, con una velocidad de 3000 rpm; esto más que todo para disminuir el porcentaje de alcohol a emplear.



Figura 11. Centrifugación de las muestras

b) Secado

El mucilago obtenido pasará por una estufa a una temperatura de 60°C durante un tiempo de 2 a 4 horas; así mismo la muestra extraída será molida hasta obtener el coagulante en polvo deseado.

Proceso de clarificación

En este proceso, se aplicó el coagulante empleado en relación con el agua obtenida del canal de regadío a la altura del puente de Huaura, seguidamente se extrajo 7 litros del agua a tratar, para ser estudiada y analizada en el laboratorio de la facultad de Ingeniería Química de UNJFSC.

Se empleó 40; 80 Y 120 mg de coagulantes respectivamente por cada 500 ml de agua durante un tiempo 20 minutos aproximadamente, con una agitación constante, seguidamente se emplearon a calcular los parámetros fisicoquímicos del agua ya tratada.

Análisis y resultados

Los resultados obtenidos se sintetizaron en tablas que posteriormente en el capítulo 4 podrá apreciar.



Figura 12. Medición del pH en el regadío de Huaura



Figura 13. Medición de la turbidez del agua del regadío de Huaura

Anexo II: Datos estadísticos calculados

Datos calculados para el porcentaje de humedad en relación de agua: penca

Tabla 10. Cuadro de Porcentaje de Humedad de cada muestra obtenida

	Relación 1:1	Relación 1:2	Relación 1:3
Muestra 1	64.34	69.58	58.45
Muestra 2	64.14	69.63	58.56
Muestra 3	66.54	67.42	59.65
Muestra 4	66.56	65.55	61.68
Muestra 5	65.89	70.64	54.99
Muestra 6	65.78	72.54	59.38
Promedio	65.5416667	69.2266667	58.785

Fuente: Elaboración propia

Desviación estándar o porcentaje de error de cada muestra respecto a cada relación

Tabla 11. Desviación estándar de cada muestra respecto a la relación 1:1 en función a la Humedad

Relacion 1:1	(muestra1-media)	(muestra1-media) ^2
64.34	-1.201666667	1.444002778
64.14	-1.401666667	1.964669444
66.54	0.998333333	0.996669444
66.56	1.018333333	1.037002778
65.89	0.348333333	0.121336111
65.78	0.238333333	0.056802778
	Sumatoria =	5.620483333
	Desviacion =	0.967857026

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Desviación estándar de cada muestra respecto a la relación 1:2 en función a la Humedad

Relacion 1:2	(muestra1-media)	(muestra1-media) ^2
---------------------	------------------	---------------------

69.58	0.353333333	0.124844444
69.63	0.403333333	0.162677778
67.42	-1.806666667	3.264044444
65.55	-3.676666667	13.51787778
70.64	1.413333333	1.997511111
72.54	3.313333333	10.97817778
	Sumatoria =	30.04513333
	Desviacion =	2.237749365

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Desviación estándar de cada muestra respecto a la relación 1:3 en función a las Humedad

Relacion 1:3	(muestra1-media)	(muestra1-media) ^2
58.45	-0.335	0.112225
58.56	-0.225	0.050625
59.65	0.865	0.748225
61.68	2.895	8.381025
54.99	-3.795	14.402025
59.38	0.595	0.354025
	Sumatoria =	24.04815
	Desviacion =	2.002005245

Fuente: Elaboración propia

Datos calculados para el porcentaje de Cenizas en relación de agua: penca

Tabla 14. Cuadro de Porcentaje de Cenizas de cada muestra obtenida

	Relacion 1:1	Relacion 1:2	Relacion 1:3
Muestra 1	2.5	1.87	2.26
Muestra 2	2.39	1.97	2.27
Muestra 3	2.67	1.98	2.24
Muestra 4	2.63	1.95	2.19
Muestra 5	2.53	1.99	2.21
Muestra 6	2.53	2.13	2.19
Promedio	2.54166667	1.98166667	2.22666667

Fuente: Elaboración propia

Desviación estándar o porcentaje de error de cada muestra respecto a cada relación

Tabla 15. Desviación estándar de cada muestra respecto a la relación 1:1 en función a las Cenizas

Relacion 1:1	(muestra1-media)	(muestra1-media) ^2
2.5	-0.041666667	0.001736111
2.39	-0.151666667	0.023002778
2.67	0.128333333	0.016469444
2.63	0.088333333	0.007802778
2.53	-0.011666667	0.000136111
2.53	-0.011666667	0.000136111
	Sumatoria =	0.049283333
	Desviacion =	0.090630507

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Desviación estándar de cada muestra respecto a la relación 1:2 en función a las Cenizas

Relacion 1:2	(muestra1-media)	(muestra1-media) ^2
1.87	-0.111666667	0.012469444
1.97	-0.011666667	0.000136111
1.98	-0.001666667	2.77778E-06
1.95	-0.031666667	0.001002778
1.99	0.008333333	6.94444E-05
2.13	0.148333333	0.022002778
	Sumatoria =	0.035683333
	Desviacion =	0.077118235

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Desviación estándar de cada muestra respecto a la relación 1:3 en función a las Cenizas

Relacion 1:3	(muestra1-media)	(muestra1-media) ^2
2.26	0.033333333	0.001111111
2.27	0.043333333	0.001877778
2.24	0.013333333	0.000177778
2.19	-0.036666667	0.001344444
2.21	-0.016666667	0.000277778
2.19	-0.036666667	0.001344444
	Sumatoria =	0.006133333
	Desviacion =	0.03197221

Fuente: Elaboración propia

Datos calculados para el porcentaje de Proteínas en relación de agua: penca

Tabla 18. Cuadro de Porcentaje de Proteínas de cada muestra obtenida

	Relacion 1:1	Relacion 1:2	Relacion 1:3
Muestra 1	1.58	1.23	1.62
Muestra 2	1.59	1.26	1.63
Muestra 3	1.52	1.29	1.52
Muestra 4	1.49	1.15	1.71
Muestra 5	1.59	1.28	1.59
Muestra 6	1.6	1.23	1.65
Promedio	1.56166667	1.24	1.62

Fuente: Elaboración propia

Desviación estándar o porcentaje de error de cada muestra respecto a cada relación

Tabla 19. Desviación estándar de cada muestra respecto a la relación 1:1 en función a las Proteínas

Relacion 1:1	(muestra1-media)	(muestra1-media) ^2
1.58	0.018333333	0.000336111
1.59	0.028333333	0.000802778
1.52	-0.041666667	0.001736111
1.49	-0.071666667	0.005136111
1.59	0.028333333	0.000802778
1.6	0.038333333	0.001469444
	Sumatoria =	0.010283333
	Desviacion =	0.041399141

Fuente: Elaboración propia

Datos calculados para el porcentaje de Grasas en relación de agua: penca

Tabla 20. Cuadro de Porcentaje de Grasas de cada muestra obtenida

	Relacion 1:1	Relacion 1:2	Relacion 1:3
Muestra 1	0.05	0.09	0.09
Muestra 2	0.06	0.07	0.07
Muestra 3	0.05	0.11	0.08
Muestra 4	0.06	0.08	0.08
Muestra 5	0.06	0.08	0.08
Muestra 6	0.07	0.09	0.07
Promedio	0.05833333	0.08666667	0.07833333

Desviación estándar o porcentaje de error de cada muestra respecto a cada relación

Tabla 21. Desviación estándar de cada muestra respecto a la relación 1:1 en función de las grasas

Relacion 1:1	(muestra1-media)	(muestra1-media) ^2
0.05	-0.008333333	6.94444E-05
0.06	0.001666667	2.77778E-06
0.05	-0.008333333	6.94444E-05
0.06	0.001666667	2.77778E-06
0.06	0.001666667	2.77778E-06
0.07	0.011666667	0.000136111
	Sumatoria =	0.000283333
	Desviacion =	0.006871843

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22 . Desviación estándar de cada muestra respecto a la relación 1:2 en función de las grasas

Relacion 1:2	(muestra1-media)	(muestra1-media) ^2
0.09	0.003333333	1.11111E-05
0.07	-0.016666667	0.000277778
0.11	0.023333333	0.000544444
0.08	-0.006666667	4.44444E-05
0.08	-0.006666667	4.44444E-05
0.09	0.003333333	1.11111E-05
	Sumatoria =	0.000933333
	Desviacion =	0.012472191

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23 . Desviación estándar de cada muestra respecto a la relación 1:3 en función de las grasas

Relacion 1:3	(muestra1-media)	(muestra1-media) ^2
0.09	0.011666667	0.000136111
0.07	-0.008333333	6.94444E-05
0.08	0.001666667	2.77778E-06
0.08	0.001666667	2.77778E-06
0.08	0.001666667	2.77778E-06
0.07	-0.008333333	6.94444E-05
	Sumatoria =	0.000283333
	Desviacion =	0.006871843

Fuente: Elaboración propia

Datos calculados para el porcentaje de Carbohidratos en relación de agua: penca

Tabla 24 . Cuadro de Porcentaje de Carbohidratos de cada muestra obtenida

	Relacion 1:1	Relacion 1:2	Relacion 1:3
Muestra 1	28.34	27.23	37.26
Muestra 2	28.58	29.89	37.23
Muestra 3	32.38	29.43	37.45
Muestra 4	30.51	27.25	37.43
Muestra 5	31.11	25.99	37.29
Muestra 6	30.13	24.94	37.02
Promedio	30.175	27.455	37.28

Fuente: Elaboración propia

Desviación estándar o porcentaje de error de cada muestra respecto a cada relación

Tabla 25 . Desviación estándar de cada muestra respecto a la relación 1:1 en función a los carbohidratos

Relacion 1:1	(muestra1-media)	(muestra1-media) ^2
28.34	-1.835	3.367225
28.58	-1.595	2.544025
32.38	2.205	4.862025
30.51	0.335	0.112225
31.11	0.935	0.874225
30.13	-0.045	0.002025
	Sumatoria =	11.76175
	Desviacion =	1.400104163

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26 . Desviación estándar de cada muestra respecto a la relación 1:2 en función a los carbohidratos

Relacion 1:2	(muestra1-media)	(muestra1-media) ^2
27.23	-0.225	0.050625
29.89	2.435	5.929225
29.43	1.975	3.900625
27.25	-0.205	0.042025
25.99	-1.465	2.146225
24.94	-2.515	6.325225
	Sumatoria =	18.39395
	Desviacion =	1.750902148

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27 . Desviación estándar de cada muestra respecto a la relación 1:3 en función a los carbohidratos

Relacion 1:3	(muestra1-media)	(muestra1-media) ^2
37.26	-0.02	0.0004
37.23	-0.05	0.0025
37.45	0.17	0.0289
37.43	0.15	0.0225
37.29	0.01	1E-04
37.02	-0.26	0.0676
	Sumatoria =	0.122
	Desviacion =	0.142594998

Fuente: Elaboración propia

Datos calculados para la densidad en relación de agua: penca

Tabla 28. Cuadro de densidad de cada muestra obtenida

	Relacion 1:1	Relacion 1:2	Relacion 1:3
Muestra 1	1.24	1.36	1.1
Muestra 2	1.25	1.29	1.15
Muestra 3	1.29	1.31	1.17
Muestra 4	1.24	1.28	1.25
Muestra 5	1.22	1.32	1.24
Muestra 6	1.26	1.35	1.23
Promedio	1.25	1.31833333	1.19

Fuente: Elaboración propia

Desviación estándar o porcentaje de error de cada muestra respecto a cada relación

Tabla 29. Desviación estándar de cada muestra respecto a la relación 1:1 en función a los carbohidratos

Relacion 1:1	(muestra1-media)	(muestra1-media) ^2
1.24	-0.01	0.0001
1.25	0	0
1.29	0.04	0.0016
1.24	-0.01	0.0001
1.22	-0.03	0.0009
1.26	0.01	0.0001
	Sumatoria =	0.0028
	Desviacion =	0.021602469

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30. Desviación estándar de cada muestra respecto a la relación 1:2 en función a los carbohidratos

Relacion 1:2	(muestra1-media)	(muestra1-media)^2
1.36	0.041666667	0.001736111
1.29	-0.028333333	0.000802778
1.31	-0.008333333	6.94444E-05
1.28	-0.038333333	0.001469444
1.32	0.001666667	2.77778E-06
1.35	0.031666667	0.001002778
	Sumatoria =	0.005083333
	Desviacion =	0.029107082

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31 . Desviación estándar de cada muestra respecto a la relación 1:3 en función a los carbohidratos

Relacion 1:3	(muestra1-media)	(muestra1-media)^2
1.1	-0.09	0.0081
1.15	-0.04	0.0016
1.17	-0.02	0.0004
1.25	0.06	0.0036
1.24	0.05	0.0025
1.23	0.04	0.0016
	Sumatoria =	0.0178
	Desviacion =	0.054467115

Fuente: Elaboración propia