

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

**Optimización en la remoción de turbidez mediante prueba de
jarras empleando Quitosano a partir de las escamas del
Trachurus Murphyi**

Trabajo de investigación para obtener el Grado Académico de
Bachiller en Ingeniería Ambiental

Por:
Daniela Rubio Dávila
Jorge Alberto Saravia Rodas

Asesor:
Ing. Orlando Alan Poma Porras

Lima, julio de 2020

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Ing. Orlando Alan Poma Porras, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: ***“optimización en la remoción de turbidez mediante prueba de jarras empleando quitosano a partir de las escamas del trachurus murphyi”*** constituye la memoria que presentan los estudiantes **Daniela Rubio Dávila y Jorge Alberto Saravia Rodas** para aspirar al Grado Académico de bachiller en Ingeniería Ambiental, cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Lima, a los 20 días de agosto del año 2020



Ing. Orlando Alan Poma Porras
Asesor

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a.....30..... día(s) del mes de.....julio.....del año ..2020... siendolas....18:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión campus Lima, bajo la dirección de la presidenta:
.....Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga....., el(la) secretario(a):

.....Mg. David Andres Sumire Qqunta..... y los demás miembros:

.....Ing. Josue Isac Carrillo Espinoza, Mg. Javier Raúl Condor Huamán.....

.....y el(la) asesor(a)Ing. Orlando Alan Poma Porras.....

.....con el propósito de administrar el acto académico de sustentación del trabajo de investigación titulado:..... Optimización en la remoción de turbidez mediante prueba de jarras empleando Quitosano a partir de las escamas del Trachurus Murphyi.....

.....de los (las) egresados (as): a) Daniela Rubio Davila.....

.....b) Jorge Alberto Saravia Rodas.....

.....conducente a la obtención del grado académico de Bachiller en

.....Ingeniería Ambiental.....

(Denominación del Grado Académico de Bachiller)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando.....a los... candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por.....los..... candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato/a (a): Daniela Rubio Davila.....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	16	B	Bueno	Muy Bueno

Candidato/a (b): Jorge Alberto Saravia Rodas.....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	16	B	Bueno	Muy Bueno

() Ver parte posterior*

Finalmente, el Presidente del jurado invitó.....a los..... candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente/a



Secretario/a

Asesor/a

Miembro

Miembro

Candidato/a (a)

Candidato/a (b)

Optimización en la remoción de turbidez mediante prueba de jarras empleando Quitosano a partir de las escamas del *Trachurus Murphyi*

OPTIMIZATION IN TURBIDITY REMOVAL BY JAR TEST USING CHITOSAN FROM THE SCALES OF *TRACHURUS MURPHYI*

SARAVIA RODAS JORGE ALBERTO¹, RUBIO DÁVILA DANIELA²

EP. Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión, Perú.

Resumen

El objetivo de esta investigación es destacar la importancia del efecto del Quitosano (coagulante natural) de las escamas del *Trachurus murphyi* para remover la turbidez de las aguas provenientes del río Rímac, localizado en Lima. Durante los meses de diciembre a marzo (época de lluvia) se registra una alta turbiedad en el río Rímac, alcanzando valores cercanos a los 46000 UNT. Para remover la turbidez del agua durante estos periodos, es necesario realizar el proceso de coagulación en una prueba de jarras, donde es necesario al uso de coagulantes químicos (AL₂ (SO₄)₃) que, según estudios ocasiona daños a la salud. Se ha demostrado que el uso del Quitosano de las escamas del pescado tiene gran eficiencia con respecto a la remoción de turbidez del agua. La remoción de turbidez empleando el Quitosano como coagulante natural demuestra que su efecto para remover partículas suspendidas es similar a los coagulantes químicos.

Palabras Clave: Remoción, turbidez, Quitosano, coagulación, prueba de jarras.

Abstract

The Rímac river is a source of water that supplies millions of people belonging to the city of Lima; it receives different pollutants daily that reduce the quality of its waters. The objective of this research is to highlight the importance of the effect of Chitosan (natural coagulant) of the scales of *Trachurus murphyi* to remove the turbidity of the waters coming from the Rímac river that is located in the city of Lima. During the months of December to March (rainy season) a high turbidity is registered in the Rímac river, reaching values close to 46000 UNT. To remove the turbidity of the water during these periods, it is necessary to carry out the coagulation process in a jar test, where it is necessary to use chemical coagulants (AL₂ (SO₄)₃) which, according to studies, causes health damage. The use of chitosan from fish scales has been shown to be highly efficient in removing turbidity from water. Turbidity removal using Chitosan as a natural coagulant shows that its effect to remove suspended particles is similar to chemical coagulants.

Keywords: Removal, turbidity, Chitosan, coagulation, test of jar.

*Corresponding autor

E-mail address: jorgesaravia@upeu.edu.pe¹, danielarubio@upeu.edu.pe²

1. Introducción

El agua es indispensable para la vida (Menocal y Caraballo, 2014). A pesar de ser abundante, solo una pequeña cantidad de esta agua es dulce, siendo la mayor parte agua salada (Vaca et al, 2014). Por consiguiente, existe una gran preocupación tanto en su disponibilidad como en su conservación y preservación (Romero et al, 2007). El consumo de agua libre de contaminantes es un problema actual que enfrenta la población (Tarqui et al, 2016). Uno de los parámetros más importantes en la calidad del agua de consumo es la turbidez, y su remoción es uno de los principales objetivos de su tratamiento (Rodríguez et al, 2018).

El aumento demográfico exponencial, ha traído consigo un aumento en los niveles de consumo de agua potable (Lousada et al, 2019). Según la ONU, alrededor de 1.2 billones de personas no tienen acceso al agua potable, asimismo, existen lugares con disponibilidad de agua, pero que contienen niveles altos de contaminada, y estos son dañinos para la salud de las personas (Rodríguez et al, 2018).

El río Rímac abastece a millones de personas de la ciudad de Lima (Calla, 2010). Sin embargo, según (Mayza Zegarra, 2019) recibe diariamente diferentes contaminantes que reducen la calidad de sus aguas. Para obtener agua de calidad aceptable para el consumo humano es necesario la eliminación o reducción de estas impurezas mediante un tratamiento eficiente del agua en las plantas de potabilización (García y Marca, 2016). Todo proceso y operación de los sistemas de suministro de agua deben tener eficiencia y excelencia con respecto a la sostenibilidad, preocupaciones económicas y naturales (Lousada et al, 2019).

Los procesos de coagulación y floculación son esenciales y eficaces en el tratamiento de las aguas; a partir de estos procesos físicos y químicos, se obtiene la eliminación de la turbidez junto con otros parámetros de la calidad del agua (Olivero et al, 2017)

Contreras et al. (2015) nos mencionan que la Prueba de Jarras ("Jar Test") es una técnica muy usada a escala laboratorio para determinar la dosis óptima o mejor dosis de coagulantes para procesos de clarificación. En el proceso de coagulación – Floculación, la prueba de jarras sirve para determina si un efluente puede ser tratado de manera rentable y con la eficiencia deseada. (Jiménez, 2005).

El sulfato de aluminio es el coagulante con mayor uso en el tratamiento de aguas (Lorena y Garzón, 2015). No obstante, puede causar Alzheimer y otros inconvenientes como el alto costo de adquisición, cambios de pH y alcalinidad del agua, y alta producción de volúmenes de lodo que trae consigo un impacto ecotoxicológico y económico cuando se desecha en el medio ambiente (Quintero et al, 2016; Rodiño et al, 2015). Por tales motivos, se busca el uso de coagulantes que sean amigables con el ambiente, siendo los coagulantes naturales los más estudiados debido a que tienen muchos beneficios como la eliminación de turbidez orgánica e inorgánica, son mejores económicamente y menos contaminantes (Quintero et al, 2016; Rodiño et al, 2015).

Por lo mencionado, el quitosano (coagulante de origen natural), podría ser una mejor solución al tratar el agua para consumo humano, dado que no produce grandes sedimentos, no origina aluminio residual y es un material biodegradable compatible con el medioambiente (Rodríguez et al, 2015). El quitosano puede ser extraído de crustáceos y también de las escamas de pescado (Boarin y Graciano, 2016)

Las escamas de pescado como residuos generados son una fuente abundante de material. Por lo cual lo convierte en un óptimo objeto de estudio. En la literatura se encuentran reportes sobre el uso de Las escamas de pescado como coagulantes para el tratamiento de aguas residuales (Bravo, 2015).

2. Calidad del agua

Según Álvarez y Díaz (2005), la calidad del agua no es estática, siempre presenta continuos cambios. Estas varían dependiendo de las concentraciones de impurezas que contengan, que pueden ser orgánicas y/o inorgánicas. La calidad del agua para consumo humano es un factor que está asociado a diferentes enfermedades, sus características pueden prevenir o transmitir diferentes enfermedades, como por ejemplo: polio y parasitosis por protozoarios y helmintos, eda, hepatitis A y entre otras (Briñez et al., 2012; Guzmán et al., 2015).

Estos tipos de enfermedades de origen hídrico se transmiten principalmente por la calidad del agua y su continuidad del servicio. Según la OMS, 2,9 millones de personas mueren cada año por estas causas, de las cuales el 90% son menores de 5 años pertenecientes en su mayoría a países en vía de desarrollo (Briñez et al., 2012; Guzmán et al., 2015). En la tabla 1 se muestra los tipos de contaminantes que se encuentran presentes en el agua.

Tabla 1

Tipos de contaminantes presentes en el agua

Físicos	Químicos	Gaseosos	Biológicos
Color	Materia orgánica	Anhídrido Carbónico	Bacterias
Olor y sabor	Acidez /alcalinidad	Metano	Hongos
Grasas y aceites	pH	Ácido sulfhídrico	Protozoos
Espumas	Nitrógeno		Algas
Radiactividad	Fósforo		Animales
Temperatura	Salinidad		Plantas
Sólidos disueltos	Metales pesados		Virus
Sólidos en suspensión	Detergentes Compuestos tóxicos Pesticidas		

Fuente: (Chulluncuy, 2011)

3. Contaminación en el Río Rimac

El río Rímac es la principal fuente de agua que abastece a millones de personas pertenecientes a la ciudad de Lima (Calla, 2010). Su importancia deriva del rol fundamental que este cumple, ya que esta fuente de agua al ser tratado sirve para el consumo humano, y también para las actividades agrícolas de los pobladores (Mayza, 2019).

Sin embargo, según Mayza (2019) recibe diariamente diferentes contaminantes que reducen la

calidad de sus aguas. Estas aguas son principalmente contaminadas por vertimientos de aguas servidas domésticas, industriales, agrícolas y mineras, también por la inadecuada disposición de los residuos sólidos.

Chunculluy (2011) nos indica que el agua cuenta con un ciclo que le permite regenerarse, sin embargo, cuando la contaminación aumenta excesivamente ya no tiene la capacidad suficiente para regenerarla o limpiarla, por tal motivo, se requieren otros procesos para desinfectarla y que sea apta para consumo humano.

4. Turbiedad en el Río Rímac

El agua puede tomar una apariencia turbia a causa de partículas suspendidas y disueltas tanto de gases como de líquidos y sólidos que pueden ser orgánicos o inorgánicos. Para saber la cantidad de turbiedad del agua se suele usar un turbidímetro del tipo nefelométrico que se basa en el efecto de Tyndall (Cabrera et al., 2009).

Según Aguilar (2002) la turbiedad, responsable del color del agua, es causado en su mayoría por las partículas muy pequeñas, que se conocen como partículas coloidales. Estas partículas están presentes en el agua por tiempo continuo y debido a su tamaño pueden atravesar un medio filtrante muy fino.

Según INEI (2018), el nivel de turbiedad registrada en el Río Rimac durante el mes de marzo del 2018, muestra una disminución en los valores máximos (92,2%), promedio (93,6%), y mínimo (95,4%) comparados con el similar mes del año anterior. El gráfico 1 nos muestra los niveles de turbiedad del río Rimac en los años 2016-2018 durante el mes de marzo.

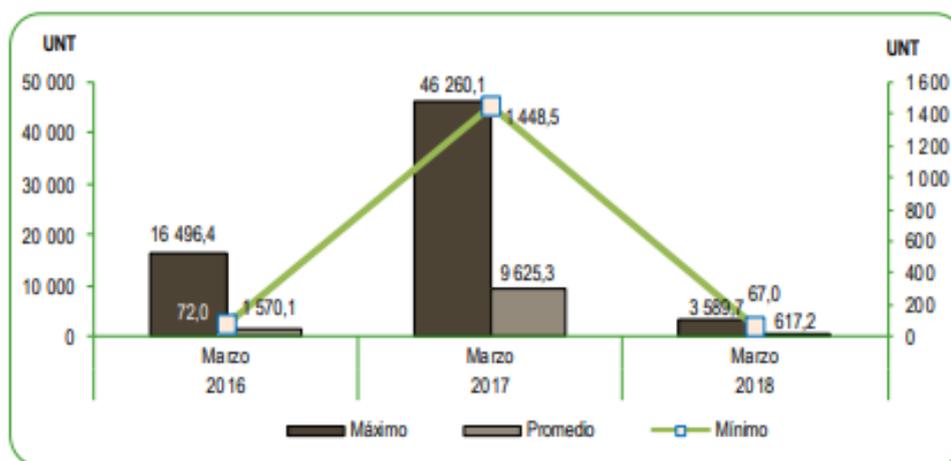


Gráfico 1. Niveles de turbiedad en el Río Rimac en el mes de Marzo 2016-2018

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática

5. Principales procesos empleados en el tratamiento de agua para consumo humano

Según Chulluncuy (2011) en una planta de tratamiento de agua se emplea diferentes procesos para la obtención de agua apta para el consumo humano, entre estos procesos tenemos las siguientes: 1) Cribado, 2) Coagulación-Floculación, 3) Sedimentación, 4) Filtración y 5) Desinfección.

Entre todos los procesos mencionados, el proceso de coagulación-Floculación es

considerado el más relevante, puesto que de este proceso dependerá la eficiencia de los demás procesos (Chulluncuy, 2011). Por lo tanto, es importante que este proceso se optimice y controle para lograr un desempeño confiable del tratamiento (Betancur et al., 2012).

6. Prueba de jarras

La prueba de jarras es un equipo que tiene como fin determinar la dosis óptima de químicos y otros parámetros simulando el proceso de coagulación y floculación que se realiza normalmente en una planta de tratamiento de agua potable (Olivero et al, 2017; Lorenzo, 2006)).

De todos los métodos que se utilizan para la determinación de muchas variables físicas y químicas; la prueba de jarras es la más utilizada ya que estudios elaborados nos revelan que los demás métodos de ensayos muchas veces presentan problemas dentro de sus fases de pruebas. Entre todos los variables que ayudan a determinar esta la selección de pH, gradiente y tiempo de mezcla rápida y lenta; además de la eficiencia de remoción entre otras (Andía, 2000). En la figura 1 se muestra el equipo de prueba de Jarras.



Figura 1. Prueba de Jarras

Fuente: (Perez y López, 2017)

6.1. Mezcla rápida

Andía (2000) nos menciona que la mezcla rápida tiene por objetivo suministrar la energía suficiente para dispersar todo el coagulante que se encuentra dentro del volumen de agua. Básicamente, consiste en inyectar en la prueba de jarras la dosis óptima del producto químico elegido para remover la turbiedad del agua dentro de la zona de alta turbulencia, si la inyección del coagulante se realiza de manera inadecuada, entonces el proceso de coagulación se realiza incorrecta, por ende la remoción de turbidez se ve afectada.

6.2. Mezcla lenta

Andía (2000) expresa que el objetivo de la mezcla lenta es que mediante un ligero movimiento proveniente de una energía mecánica logre que las partículas coloidales se pueden unir entre, es importante que dentro del volumen de agua exista diferentes velocidades pero que estas no sean muy fuertes, porque los flóculos no deben romperse; también se debe considerar un tiempo óptimo que permita que el proceso de floculación se desarrolle adecuadamente.

7. Coagulación

Según Lorenzo (2006) los coloides presentes en el agua son en su mayoría de carga negativa, son

estables ya que se da una repulsión electrostática entre las partículas invisibles. La repulsión que se menciona sobrepasa las fuerzas de atracción de Van der Waals, por tal razón no se unen entre sí formando flóculos y por lo no descienden por gravedad.

Andía (2000) Nos dice que la coagulación se conoce como un proceso en el cual el objetivo primordial es desestabilizar las partículas coloidales, y esto se obtiene al neutralizar las fuerzas que hace mantenerlos separados. La figura 2 nos muestra la representación de la estabilidad de los coloides presentes en el agua, cuando se adiciona un coagulante.

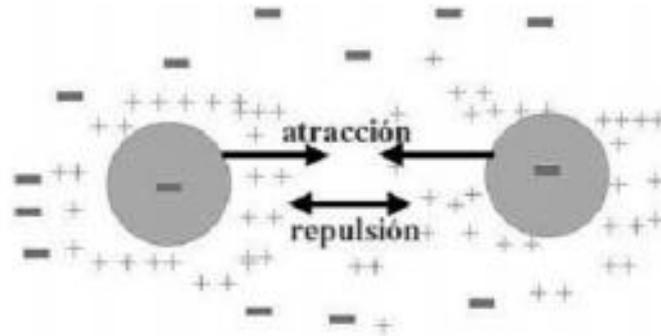


Figura 2. Representación de la estabilidad de los coloides presentes en el agua, cuando se adiciona un coagulante

Fuente: (Lorenzo, 2006).

En este proceso se neutraliza la carga eléctrica del coloide anulando las fuerzas electrostáticas repulsivas, esta neutralización puede darse al aplicarse al agua determinados coagulantes que tienen las propiedades de neutralizar las cargas eléctricas negativas que se encuentran en el agua juntamente con las partículas coloidales (Lorenzo, 2006).

Para este proceso es necesario la adición de coagulantes químicos y tener una dosis óptima de esta, asimismo, es importante que para el momento de su aplicación cuente con una energía adecuada de mezclado Andía (2000).

8. Sustancias usadas como coagulantes

Para la eliminación de las partículas coloidales presentes en el agua se usan principalmente agentes convencionales basados en sales metálicas como el sulfato de aluminio, también se suelen usar polímeros como coadyuvantes de coagulación que pueden ser naturales o sintéticos (Solís et al., 2012).

Según Olivero et al., (2017); Sandoval y Laines (2013), en la actualidad el coagulante más utilizado en diferentes países es el $Al_2(SO_4)_3$ (Sulfato de aluminio), el Alumbre ($18H_2O$) y el cloruro de aluminio ($AlCl_3$), ya que son muy eficiente en la remoción de turbidez; sin embargo, el uso de este coagulante químico tiene ciertas desventajas, como altos costos de adquisición, genera grandes volúmenes de lodo en comparación con otros coagulantes naturales que también pueden remover la turbidez presentes en el agua, pueden ser adquiridos a un menor precio, y sobre todo no tiene impactos hacia el ambiente (Yin, 2010).

Para cada tipo de coagulante se debe realizar la determinación de dosis óptima, concentración óptima y pH óptimo de coagulación, y se sopesa eficiencia versus costo de la sustancia química y de las instalaciones necesarias para su manipulación y dosificación, para seleccionar el coagulante más apropiado (Solís et al., 2012).

9. Dosis óptima del coagulante

Para Domínguez (2010) la desestabilización entre partículas que observamos en el cuerpo de agua son dependientes del tipo de dosis de coagulante; debido a que una de las propiedades de hallar la dosis óptima es que ayuda a reducir las fuerzas de enlace que tiene los distintos sólidos suspendidos y pasan a aglutinarse en masas llamadas flocúlos que luego pasan a precipitarse por su propio peso.

10. Concentración óptima del coagulante

Existen muchas concentraciones a la hora de realizar los experimentos y se pretende hallar en este caso la que mejor ayude a la hora de hacer la remoción. Esta determinación de la remoción se obtiene mediante las velocidades de la mezcla rápida y futuramente nos ayudaran también a mejorar la eficiencia de nuestra PTAR. La concentración óptima del coagulante se obtiene después de haber realizado las pruebas y se selecciona la que más efectos produce (De Vargas, 2009).

11. Floculación

Andía (2000) nos menciona que la floculación es el proceso que se da después del proceso de coagulación. La floculación consiste en que la masa proveniente del proceso de coagulación sea agitada a través de la mezcla lenta para lograr que los flocúlos recién formados se aglomeren y de esta forma estos puedan aumentar el tamaño y peso necesarios para que posteriormente estos puedan caer por gravedad en el proceso de sedimentación.

12. Factores que intervienen en el proceso de coagulación - floculación

12.1. Influencia de la temperatura del agua

Las distintas temperaturas en el agua influyen también en el proceso de coagulación debido a que producen ciertas corrientes de densidad haciendo que se produzcan un nivel lento de coagulación y por consiguiente afecta también la sedimentación del flocúlo. Debido a estas razones es considerado un parámetro influyente (Andía, 2000).

12.2. Influencia del pH

Según Lorena y Garzón (2015), el pH tiene un gran efecto respecto al tiempo de floculación utilizando un porcentaje similar de dosis. Debido a que una de las razones de este factor es la propiedad de agilizar el tiempo fue tomado como parámetro que no puede pasar desapercibido. Mediante equipos de laboratorio se llegó a medir el pH para las distintas pruebas de jarras.

12.3. Turbiedad

La turbiedad influye con respecto a la dosis de coagulante que se debe de suministrar, ya que si la turbiedad aumenta, entonces es necesario que la dosis de coagulante también aumente, pero en menor cantidad. Cuando la turbiedad es muy alta, el uso de dosis de coagulante es contradictorio, no se usa en gran cantidad, sino en pequeñas cantidades, ya que existe mayor probabilidad que las partículas coloidales choquen entre si (Domínguez, 2010).

13. Propiedades del quitosano

El Quitosano es un biopolímero que se obtiene a partir de la quitina, ésta se encuentra principalmente en los crustáceos y también en las escamas de pescado. Se ha demostrado que tiene un alto peso molecular (Bravo, 2015). Una de las propiedades clave del quitosano es el de ser una molécula catiónica, lo que lo hace tener la capacidad de actuar como floculante, humectante y quelante.

Notablemente y debido al grupo amino que lo compone, también atrapa metales pesados tales como insecticidas y policlorados. Comercialmente el uso del quitosano ha abarcado diferentes industrias: médica, farmacéutica, biotecnológica, cosmetóloga, alimentaria y agrícola (Bravo, 2015).

La figura 3 nos muestra la estructura química que tiene el quitosano.

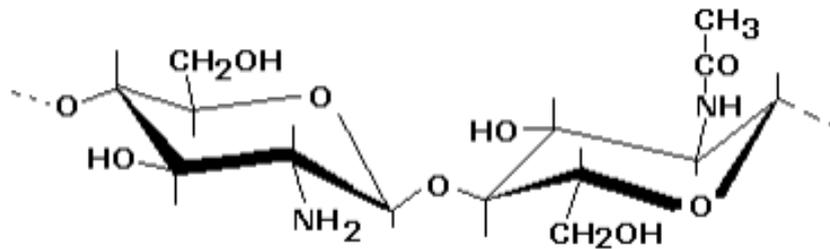


Figura 3. Estructura química del quitosano

Fuente: (Cusihuamán, 2017)

14. Quitosano en las escamas del pescado

Las fuentes naturales como el agua nos producen distintos elementos, y uno de ellos son los biopolímeros encontrados muchas veces en los crustáceos; además de ello podemos encontrarlos en las escamas de los peces del río (Boarin y Graciano, 2016).

Las escamas del pescado tienen muchas propiedades y una de ellas se utiliza como coagulantes que ayudan en los procesos de tratamiento de aguas. Las proteínas de este elemento hacen que su valor sea aún más elevado y es poseedor de una propiedad que nos permite eliminar grandes cantidades de iones metálicos (Bravo, 2015).

15. Aplicación del quitosano en tratamiento de aguas

Es una de las áreas más importantes debido a que el Quitosano es una sustancia que no tiene impactos negativos en el ambiente. Los usos más relevantes en la actualidad de este biomaterial, y en algunos de sus derivados, son los siguientes:

- Coagulante usado para el tratamiento de aguas residuales.
- Floculante para remoción de partículas.
- Usado para capturar metales pesados y pesticidas en soluciones acuosas.

En un estudio realizado por Álava (2015), se extrajo el quitosano a partir de exoesqueleto de la cola del camarón para usarlo como biocoagulante a una agua contaminada con residuos hidrocarbúricos. El quitosano se aplicó en un test de jarras. Mediante un diseño estadístico se vio un efecto significativo para cada uno de los factores estudiados, que son: tipo de quitosano, pH inicial, y método de agitación; y se usó como variable de respuesta el porcentaje de remoción de turbiedad del agua. Los resultados con respecto a la remoción de turbidez fueron el 98.19%. En la figura 4 se puede observar la turbidez final del trabajo realizado en función del parón de tratamiento.

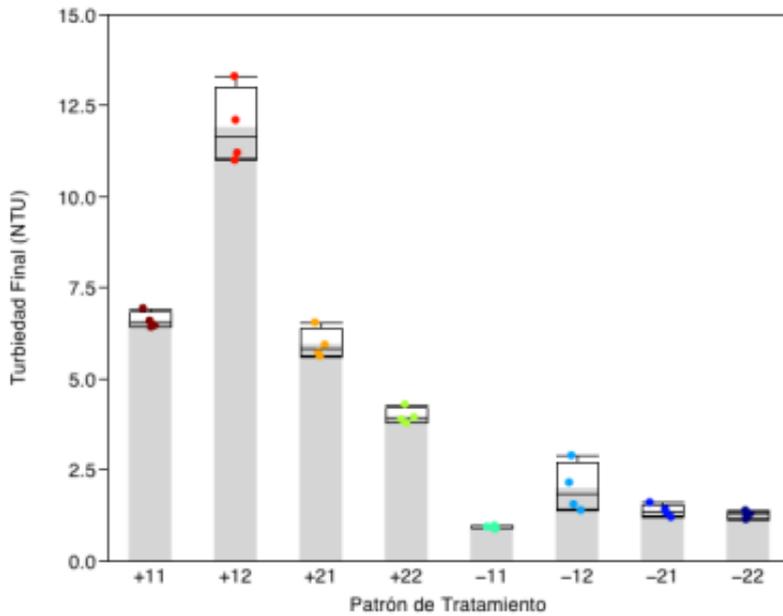


Figura 4 *Turbidez final en función del patrón de tratamiento*

Fuente: (Álava, 2015)

En otro estudio realizado por Rodríguez y Gallego (2019), se usó el quitosano como coagulante natural para la clarificación de efluentes piscícolas mediante la tecnología biofloc (BFT) y el sistema de recirculación acuícola (RAS). Los ensayos se realizaron mediante el método de jar-test, en el cual se suministrará el quitosano en diferentes dosis de 3, 6, 9, 12 y 15 mg/L.

Posteriormente, se hizo el análisis estadístico del efecto de las dosis de quitosano con respecto a la eliminación de la turbidez, sólidos suspendidos totales (SST) y sólidos suspendidos volátiles (SSV) del agua. Como resultados obtuvieron que el quitosano con una dosis de 9 mg/L logró remover el 88% de la turbidez, llegando a valores de 3.9 NTU (con error < 0.05). La figura 5 muestra los resultados del efecto de la dosificación del quitosano en la eliminación de turbiedad.

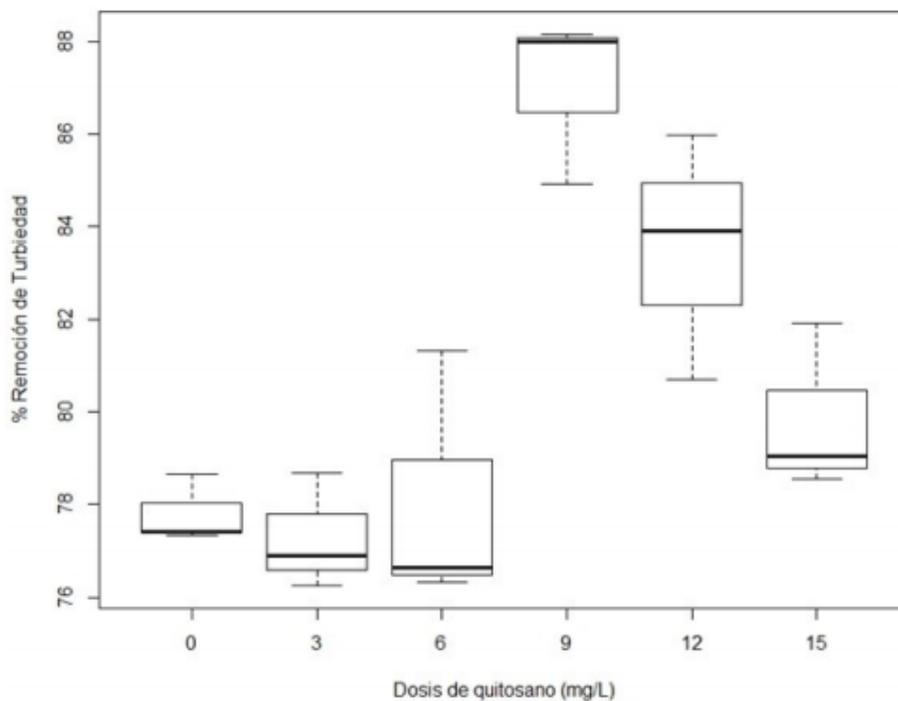


Figura 5. *Efecto de la dosificación del quitosano en la eliminación de turbiedad*

Rodríguez y Gallego (2019) Concluyeron que, el quitosano en concentraciones óptimas es una buena opción en la remoción de turbiedad del agua en forma general, ya que el uso de quitosano permite la unión de esas partículas y su posterior sedimentación. Cuando la dosis del quitosano es 9 mg/L, se llega a remover el 87% de la turbiedad, alcanzando una turbiedad de 3,9 NTU en el efluente tratado.

Conclusiones

Las propiedades beneficiosas del Quitosano presentes en crustáceos o escamas de pescados para la clarificación de aguas, es una alternativa de solución para eliminar la contaminación del agua sin la necesidad de tener que usar otros elementos químicos que puedan ser perjudiciales para nuestra salud y el ambiente, se deben tomar medidas eficaces para frenar la contaminación ambiental.

El aporte del Quitosano como coagulante natural demuestra que su efecto en la remoción de partículas suspendidas son similares a los coagulantes químicos, además de ello, son adquiridas a un menor precio, no generan grandes volúmenes de lodo a comparación de los coagulantes químicos, por ende son mucho más ecoamigables con el medio ambiente.

Recomendaciones

Se recomienda investigar más en otras fuentes bibliográficas sobre otras posibles opciones de coagulantes para el uso de tratamiento de agua potable. El enfoque de la investigación deber ser sobre todo en residuos orgánicos que por el momento no están siendo reaprovechadas y que podrían reemplazar a los coagulantes químicos usados actualmente.

Referencias

- Álava, J. M. (2015). Aplicación de quitosano como biocoagulante en aguas residuales contaminadas con hidrocarburos. *Enfoque UTE*, 6(3), 52 - 64. Obtenido de <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/enfoqueute/v6n3/1390-6542-enfoqueute-6-03-00052.pdf>
- Álvarez Blanco, O., & Díaz Rodríguez, E. (2005). CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA RED BANO. *Revista Cubana de Química*, XVII(3), 117. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=443543687040>
- Andía Cardenas, Y. (2000). Tratamiento de agua: Coagulación Floculación. Obtenido de <http://www.ingenieroambiental.com/4014/andia.pdf>.
- Betancur C., B., Jiménez G., D., & G. Linarez, B. (2012). POTENCIAL ZETA (z) COMO CRITERIO DE OPTIMIZACIÓN DE DOSIFICACIÓN DE COAGULANTE EN PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE. *DYNA*(175), 166-172. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v79n175/v79n175a20.pdf>
- Boarin Alcalde, L., & Graciano Fonseca, G. (2016). Proceso Alcalino Para La Extracción de Quitina Y Producción de Quitosano a Partir de Escamas de Tilapia Del Nilo (*Oreochromis Niloticus*). *atin American Journal of Aquatic Research*, 44(4), 683-88.
- Briñez A, K., Guarnizo G., J., & Arias V., S. (2012). Calidad del agua para consumo humano en el departamento del Tolima. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 30(2), 175-182. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=12023918006>
- Calla Llontop, H. J. (2010). *Calidad del agua en la cuenca del Río Rímac - Sector de San Mateo, afectado por las actividades mineras*. Lima. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56900917/calla_lh.pdf?1530417623=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DUNIVERSIDAD_NACIONAL_MAYOR_DE_SAN_MARCOS.pdf&Expires=1593311016&Signature=G3RwR6EDV6-DST182~JINlwjtz3UqKrXXZidQTwY7iwMDOGvufqAxM-8yG
- Chassoul Acosta, M., & Rodríguez Arias, C. (2018). Contaminación Y Disminución Del Embalse El Laguito, Costa Rica, Por Aguas Urbanas: Encuesta Y Físico-Química. *UNED Research Journal*, 10(2), 409-15.
- Chulluncuy Camacho, N. (2011). Tratamiento de agua para consumo humano. *Ingeniería Industrial*(29), 153-170.

Chunculluy, N. (2011). Tratamiento de Agua Para Consumo Humano. *Ingeniería Industrial*,

- 29(29), 153-70. Obtenido de http://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/viewFile/232/208
- Contreras, K., Mendoza, Y., Salcedo, G., Olivero, R., & Mendoza, G. (2015). El Nopal (*Opuntia Ficus-Indica*) Como Coagulante Natural Complementario En La Clarificación de Agua. *10(1)*, 40-50.
- Domínguez Amoroch, M. (2010). *Optimización de la coagulación-Floculación en la plata de tratamiento de agua potable de la sede recreacional campo alegre - Cajasan*. Bucaramanga. Obtenido de https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/848/digital_19174.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- García Moscoso, M., & Marca Sinchi, M. (2016). valuación de La Eficiencia Del Proceso de Potabilización de Agua de La planta "Patamarca-San Andrés.
- Guzmán, B., Nava, G., & Díaz, P. (2015). La calidad del agua para consumo humano y su asociación con la morbimortalidad en Colombia. *Biomédica*, *35(2)*, 177-190. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84340725018>
- INEI. (2018). *Estadísticas Ambientales*. Lima. Obtenido de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/informe-tecnico-n04_estadisticas-ambientales-mar2018.pdf
- Lorena, C., & Barajas, G. (2015). Determinacion de Dosis Óptima de Sulfato de Aluminio. (2).
- Lorenzo Acosta, Y. (2006). Estado del arte del tratamiento de aguas por coagulación-floculación. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de azúcar*, *XL(2)*, 1-9. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223120664002.pdf>
- Lousada, S., Da Silva, P., Castanho, R., & Naranjo, J. (2019). Modelación de Sistemas de Abastecimiento de Agua. *Journal of Chemical Information and Modeling*, *53(9)*, 1689-99.
- Mayza Zegarra, G. (2019). *Calidad de agua del Río Rimac sector Chicla, provincia de Harochiri, departamento de Lima*. Lima. Obtenido de <http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/3607/MAYCA%20ZEGARRA%20GIAN-CARLOS%20GUILLERMO%20-%20TITULO%20PROFESIONAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Menocal Heredia, L., & Caraballo Sanchez, Y. (2014). Importancia de La Vigilancia Sanitaria de Los Parásitos En La Calidad Del Agua, Según Su Uso. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiologia*, *52(2)*, 197-209.
- Mónica Alejandra, B. G. (2015). Coagulantes Y Floculantes Naturales Usados En La Reducción De Turbidez, Sólidos Suspendidos, Colorantes Y Metales Pesados En Coagulantes Y Floculantes Naturales Usados En La Reducción De Turbidez, Solidos Suspendidos, Colorantes Y Metales Pesados. 117. Obtenido de <http://repositorio.udistrital.edu.co/bitstream/11349/5609/1/BravoGallardoMonicaAlejandra2017.pdf>.
- Morales, E. e. (2019). Evaluation of Climatic Seasonal Influence on the Quality of Water for Human Consumption in a San José (Costa Rica) Supply System, 2017-2018. *Revista Costarricense de Salud Pública*, *28(1)*, 48-58.
- Olivero, R., Vergara, A., Fellizola, L., & Villegas, G. (2017). Evaluación de Una Mezcla Para Coagulantes Naturales, O Puntia Ficus En Clarificación de Aguas Y Moring a Oleífera. *Producción + Limpia*, *12(1)*, 63-71.
- OMS. (2006). Guías Para La Calidad Del Agua Potable. Apéndice. Vol. 1: Recomendaciones. *World Health Organization*, 1-408.
- Perez Huachaca, W., & López Gonzales, J. (2017). Aplicación de un diseño factorial 24 en la remoción de turbiedad del Rio Rímac mediante la coagulación y floculación usando goma de tara. *Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, *3(1)*, 18-28. doi:<http://dx.doi.org/10.17162/rictd.v1i1.895>
- Quintero Jaramillo, J., Walter Murillo, A., & Cerón Salazar, I. (2016). Use of Thermal Water as a Natural Coagulant for Domestic Wastewater Sustainable Treatment Uso de Agua Termal Como Coagulante Natural Para El Tratamiento de Uso de Água Termal Como Coagulante Natural Para O Tratamiento de Água Residual Doméstica. *evista Facultad de Ingeniería*, *26(44)*, 35-45.

Picturatus Murphyi, Chirichigno Y Vélez 1998), CON ÉNFASIS EN ZOONOSIS PARASITARIA.

- Quispe Auqui, J. (2017). Bioadsorción Con Escamas de Pescado Para La Remoción de Plomo En Aguas Fortificadas Del Río San Juan-Pasco, 2017. 1-98.
- Rodiño Arguello, J., Feria Diaz, J., Paternina Uribe, R., & Marrugo Negrete, J. (2015). Sinú River Raw Water Treatment by Natural Coagulants. *Revista Facultad de Ingeniería*, 2015(76), 90-98.
- Rodríguez Jiménez, D., & Gallego Suarez, D. (2019). Evaluación del quitosano como coagulante para el tratamiento de efluentes piscícolas. *Revista Colombiana de Biotecnología*, XXI(1), 6-17. doi:10.15446/rev.colomb.biote.v21n1.73340
- Rodríguez Santos, J., Doménica Ortiz, A., Rodríguez Baquerizo, E., & Santos Baquerizo, E. (2018). Diseño de Un Filtro Potabilizador Ecológico Para Comunidades Rurales, Utilizando La Moringa Oleifera. *Revista Lasallista de Investigación*, 15(2), 6-17.
- Rodríguez, J. e. (2015). Uso de Un Polímero Natural (Quitosano) Como Coagulante Durante El Tratamiento de Agua Para Consumo Use of a Natural Polymer (Chitosan) as a Coagulant during Water Treatment for Consumption. *Ingeniare*, 19(19), 25-32.
- Romero, C. e. (2007). Síntesis de Un Polímero Inorgánico de Aluminio Y Su Uso Para Clarificación de Agua Synthesis of an Aluminum Inorganic Polymer and Its Use for Water Clarification. *Revista de Ingeniería UC*, 14(3), 16-23.
- Sandoval Arreola, M., & Laines Canepa, J. (2013). Moringa oleifera una alternativa para sustituir coagulantes metálicos en el tratamiento de aguas superficiales. *Ingeniería*, 17(2), 93-101. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/467/46730913001.pdf>
- Solís, R., Laines, J., & Hernandez, J. (2012). MEZCLAS CON POTENCIAL COAGULANTE PARA CLARIFICAR AGUAS SUPERFICIALES. *Revista internacional de contaminación ambiental*. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992012000300005&lng=es&nrm=iso&tlng=en
- Tarqui Mamani, C. e. (2016). Calidad Bacteriológica Del Agua Para Consumo En Tres Regiones Del Perú. *Revista de Salud Publica*, 18(6), 904-12.
- Vaca Mier, M. e. (2014). APLICACIÓN DEL NOPAL (Opuntia Ficus Indica) COMO COAGULANTE PRIMARIO DE AGUAS RESIDUALES. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: investigación, desarrollo y práctica*, 7(3), 210.
- Xiomara, C., Fleites, M., & Contreras, A. (2009). Estudio Del Proceso De Coagulación-Floculación De Aguas Residuales De La Empresa Textil 'Desembarco Del Granma' a Escala De Laboratorio. *Tecnología Química*, XXIX(3), 64-73.