



FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO

ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL Y COMERCIO
EXTERIOR

TESIS

“OBTENCIÓN DE QUITOSANO A PARTIR DE
EXOESQUELETO DE LANGOSTINO BLANCO
(*Litopenaeus Vannamei*), PARA EL TRATAMIENTO
DE EFLUENTES INDUSTRIALES”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL Y COMERCIO EXTERIOR

Autor(es):

GARCÍA ZAVALA, Cesar Agustín

ASESOR

Ing. SIMPALO LOPEZ, Walter Bernardo

Perú - Pimentel 2017

“OBTENCIÓN DE QUITOSANO A PARTIR DE EXOESQUELETO DE LANGOSTINO
BLANCO (*Litopenaeus Vannamei*), PARA EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES
INDUSTRIALES”

GARCÍA ZAVALA, Cesar Agustín
AUTOR

Ing. SIMPALO LOPEZ, Walter Bernardo
ASESOR

Aprobado por:

Ms. CASTILLO MARTINEZ, Williams Esteward
PRESIDENTE DE JURADO

MSc. BUSTAMANTE SIGUEÑAS, Danny Adolfo
SECRETARIA DE JURADO

Ing. SIMPALO LOPEZ, Walter Bernardo
VOCAL DE JURADO

PIMENTEL – 2017

DEDICATORIA

A Dios

Principalmente a nuestro creador por habernos dado la vida y sabiduría para continuar con nuestros objetivos, por ser nuestro guía y llevarme siempre por el buen camino.

A mi familia,

A mis padres, por brindarme siempre su ayuda en todos los aspectos y las diversas etapas de mi formación, además cabe resaltar con énfasis, su apoyo y entrega total para verme un profesional exitoso.

A mis maestros

A todos los maestros que han pasado por el largo trayecto de mi educación, que siempre me brindaron sus conocimientos de forma abierta al igual que me dieron esas palabras de aliento que me impulsaron a seguir progresando, mis agradecimientos sinceros a ellos.

GARCÍA ZAVALA, Cesar Agustín
AUTOR

AGRADECIMIENTO

Al finalizar un trabajo tan arduo como el desarrollo de mi tesis para obtener TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL Y COMERCIO EXTERIOR es necesario que resaltemos la participación de personas e instituciones que han facilitado diversos medios para el logro de ello, por eso este espacio para expresarles mis agradecimientos sinceros.

A Dios

Por acompañarnos, guiarme en todo momento en el transcurso de mi formación universitaria y darnos fortaleza para seguir en pie aquellas situaciones de debilidad.

A nuestros padres

Por su apoyo y confianza en el trabajo y su capacidad para darme un empuje a ser cada día mejor, sus aportes ha sido invaluable, no solo en el desarrollo de mi proyecto, sino también en la formación como investigador , no cabe duda que su participación ha enriquecido mi trabajo realizado .

De igual manera agradecer a nuestros asesores Ing. Lourdes Esquivel Paredes, Ing. Walter Simpalo Lopez ya que siempre me brindaron los lineamientos y sugerencias para un avance correcto.

Al Técnico Junior Abanto, encargado de la planta piloto de la Universidad Señor de Sipan por brindarme su apoyo y su disposición para realizar mis análisis y procesos requeridos para mi tesis.

Son cuantiosas las personas que han formado parte de este proceso en mi formación como universitario, estoy infinitamente agradecido con todos.

GARCÍA ZAVALA, Cesar Agustín
AUTOR

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUCCIÓN	x
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Situación Problemática	1
1.2. Formulación del Problema	5
1.3. Justificación e Importancia de la Investigación	5
1.4. Objetivos de la Investigación	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	7
2.1. Antecedentes de estudios	7
2.2. Estado del arte	8
2.3. Base teórica científicas	9
2.4. Definición de la terminología	20
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	22
3.1. Tipo y Diseño de Investigación	22
3.2. Población y Muestra	22
3.3. Hipótesis	22
3.4. Variables	22
3.5. Operacionalización:	23
3.6. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos	24
3.7. Procedimiento para la recolección de datos	26
3.8. Análisis Estadístico e Interpretación de los datos	28
3.9. Principios éticos	29
3.10. Criterios de rigor científico	30
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	31
4.1. Proceso obtención de quitosano.	31
4.2. Proceso de tratamiento de agua residual, empleando quitosano	34
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	39
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	40
6.1. Conclusiones	40
6.2. Recomendaciones	40
REFERENCIAS:	41
ANEXOS	46

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Operacionalización de las variables para el proceso Obtención de quitosano.	33
Tabla 2. Tabla de operacionalizacion de las variables para el proceso rendimiento de remoción de color de agua residual.	34
Tabla 3. Matriz de experimentos en la obtención de quitosano	39
Tabla 4. Matriz de experimentos para el rendimiento de remoción de color con quitosano	39
Tabla 5. Matriz de resultados obtenido para la variable rendimiento de quitosano	41
Tabla 6. Análisis de Varianza para la variable dependiente rendimiento de quitosano	41
Tabla 7. Matriz de resultados obtenido para la variable rendimiento de remoción de color	44
Tabla 8. Análisis de Varianza para la variable dependiente rendimiento de remoción de color (%)	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Morfología de langostino blanco	19
Figura 2. Efecto de la temperatura en el rendimiento de quitosano	42
Figura 3. Efecto de la relación quitina/NaOH en el rendimiento de quitosano	43
Figura 4. Efecto la interacción Temperatura – Relación Quitina/NaOH en el rendimiento de quitosano	44
Figura 5. Efecto del pH en el rendimiento de remoción de color (%)	46
Figura 6. Efecto de la concentración de quitosano en el rendimiento de remoción de color (%)	47
Figura 7. Efecto la interacción pH – Concentración de quitosano (ml) en el rendimiento de remoción de color (%)	48

RESUMEN

En la presente investigación se obtuvo la quitina y el quitosano a partir del exoesqueleto de langostino Blanco (*Litopenaeus vannamei*), variando algunos parámetros respecto a los protocolos reportados en otros trabajos de investigación. El procedimiento propuesto para la extracción desde el exoesqueleto involucró procesos de desmineralización, desproteinización y desacetilación. El quitosano ha demostrado ser un buen coagulante durante el tratamiento de aguas residual. En el proceso de extracción de quitosano el rendimiento es mayor a temperatura de 75°C y una relación Quitina/NaOH de 1:5. El biopolímero obtenido se empleó para realizar la evaluación de coagulación de muestras de aguas contaminadas observando el rendimiento de remoción de color, obteniendo el máximo rendimiento a un pH de 7 y una concentración de quitosano de 60 ml de solución a una concentración de 1mg/100ml de solución.

Palabras clave:

Langostino blanco, exoesqueleto, desacetilación, quitosano, coagulante, agua residual

ABSTRACT

In this work chitin and chitosan exoskeleton White shrimp (*Penaeus vannamei*) they were extracted by varying some parameters concerning protocols reported in the literature. The proposed procedure for removal from the exoskeleton processes involved demineralization, deproteinization and deacetylation. Chitosan proved to be a good coagulant for the treatment of residual waters. In the extraction process performance of chitosan it is higher than a temperature of 75 °C and a chitin / NaOH ratio of 1: 5. The extracted chitosan was used to evaluate coagulation wastewater samples evaluating the performance of color removal, obtaining the maximum performance at a pH of 7 and a concentration of 60 ml of chitosan solution at a concentration of 1mg / 100ml solution.

Keywords:

White shrimp, exoskeleton, deacetylation, chitosan coagulant, wastewater

INTRODUCCIÓN

En el Perú la industria de langostino blanco (*Litopenaeus Vannamei*); solamente ha desarrollado la línea comercial de su carne, mientras que su exoesqueleto es desechado con lo cual se desaprovecha la posibilidad de utilizarlo como fuente de subproductos tales como proteínas, pigmentos, cenizas, calcio y en especial, un polisacárido llamado quitosano, objeto de esta investigación y que fue descubierto en 1859, mediante desacetilación térmica de la quitina presente en el exoesqueleto.

El quitosano lo obtenemos mediante el proceso de desacetilación de la quitina, siendo el principal componente de los exoesqueletos de diversos crustáceos: langosta, camarón y cangrejo. Considerando como el polímero de mayor abundancia detrás de la celulosa y su desacetilación ya sea por tratamiento con bases fuertes o por métodos microbiológicos proporciona quitosano, un polímero que tiene características aplicables en diversos sectores de actividad. Entre las diversas aplicaciones de quitosano destacan su uso en el campo de la medicina como un vehículo para la liberación controlada de fármacos y como un agente antimicrobiano. En el área del medio ambiente, el quitosano se ha explotado para la eliminación de metales traza de agua y efluentes industriales. Tiene propiedades que le permite unirse a algunos metales, con una afinidad mayor o menor y variable en función del pH.

En la industria alimentaria, el quitosano se puede utilizar como un espesante, un conservante y también como envases, entre otras aplicaciones.

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Situación Problemática

El langostino es un producto muy apreciado en diferentes mercados, asimismo muchos países se dedican a la exportación de este producto como: China, Argentina, Ecuador, etc. producto de esta actividad se acumulan desechos, “la generación de residuos perecederos del exoesqueleto constituye un problema de contaminación ambiental”. (Pájaro & Díaz. 2012). El exoesqueleto del langostino blanco presenta un gran potencial y no es aprovechado. Cota Y, (2015) aduce que las personas tienen un desconocimiento que el mencionado producto (exoesqueleto) de este organismo marino, del cual es posible obtener bioproductos importantes que pueden ser aplicados en el ámbito industrial.

El crecimiento acelerado de las industrias es cada vez más notable, y se da a nivel mundial, en todas partes del mundo, y las aguas utilizadas en el proceso productivo, luego pasan a ser aguas residuales industriales, las mismas que son desembocadas en un cauce hídrico, que puede ser un río, pero al final termina en el océano, o en una laguna dependiendo de la cuenca hidrográfica, convirtiéndose las aguas residuales son contaminantes del recurso hídrico afectando la calidad del agua, la flora y fauna que en ella habita, es importante recalcar que muchos países viven de dichos recursos como: china, Argentina, chile, Brasil, etc. Y es más preocupante que solo el “15% de las aguas residuales, reciban tratamiento a nivel mundial”. (Lobo. 2014. Pág. 5).

En Argentina, Lobo (2014). El crecimiento de la actividad industrial y la falta de previsión sobre la creación de pozas de tratamiento de aguas turbias, incrementó los problemas relacionados con los efluentes generados. Las industrias que generan efluentes líquidos con contenido de compuestos tóxicos son variadas, dentro de la cuenca se encuentran industrias petroleras, químicas y de galvanoplastia. Debido a su elevada toxicidad, los compuestos fenólicos son considerados como primordiales contaminantes según Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA). Debido al gran uso del fenol y sus derivados en muchas industrias, ya sea en dicho país así como en diversas partes del mundo los compuestos fenólicos están muy extendidos

en el ambiente. Desde Buenos Aires hasta la Plata se concentra la mayor actividad industrial del país, generando un fuerte impacto ambiental sobre el Río La Plata. Logrando identificar diferentes tipos de descargas directas y difusas sin previo tratamiento (efluentes cloacales, industriales, etc.) sobre éste río y sus numerosos afluentes. Esto afecta la calidad físico-química de sus aguas, comprometiendo la vida acuática y su calidad microbiológica.

En Uruguay, Pérez, Niell, Collazo, Besil & Cesio (2012). La preocupación sobre la contaminación contemporánea se ha expandido recientemente de los contaminantes convencionales a los llamados “contaminantes emergentes” o “nuevos contaminantes”, que no están regulados y cuya presencia en el medioambiente no es necesariamente nueva aunque sus implicancias son aún desconocidas. Dentro de éstos se incluyen productos biológicamente activos tales como los fármacos y productos de cuidado personal, de uso doméstico o todos aquellos relacionados con la vida moderna.

En Salamanca, El Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Agua (CIDTA), realizaron una investigación con el fin de medir la calidad de las aguas, para el cuál tomaron como muestra 25 localidades de la provincia de Salamanca, donde el estudio constituyó en que los científicos recogían muestras de las aguas superficiales en los cauces de las aguas, tanto en localidades con presencia industrial y sin ella, y llegaron a la conclusión que en ciertos casos puntuales se nota la incidencia de industrias locales que provocan una contaminación anormalmente alta o la ausencia de sistemas de tratamientos de aguas residuales.

También la presencia de plantas industriales, también se encuentra en ascenso, asimismo los afluentes industriales, cabe mencionar que la principal vertiente en donde van a parar estas aguas residuales es en la vertiente del pacífico, que llegan a través de los distintos ríos de cada departamento cuyas afluentes van a parar a esta vertiente, también a cuenca del lago Titicaca se encuentra contaminada por aguas residuales y por último la cuenca Amazónica.

En Piura, Neyra (2015). Pidió sumarse a la cruzada contra la contaminación para salvar la bahía de Paita y mejorar las condiciones de vida de miles de familias. La autoridad lamentó que algunas empresas pesqueras continúen evacuando aguas

residuales y desechos sólidos al mar, violando las normas y leyes establecidas. Las 40 empresas que laboran en las zonas I, II y III de la zona industrial de Paita, solo cinco han cumplido con instalar sus plantas de tratamiento. Mientras el 80% evade su responsabilidad y se valga de argucias legales para evadir sus compromisos asumidos cuando se les autorizó sus operaciones. Frente a esta situación invocó a los empresarios infractores cumplir con sus obligaciones y no sigan contaminando la bahía.

Asimismo, Ruiz (2015). De la gerencia de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente de Piura. Las empresas industriales son los principales contaminantes del río Chira, pues sus afluentes industriales van a parar a servicio de alcantarillado que al final desemboca en el mencionado río.

En Trujillo, Bocanegra & de la Roca (2015), El distrito del Porvenir en su creciente desarrollo, por las empresas de calzado quienes procesan cerca de 20 Toneladas de curtumbre de cuero al mes, y por cada kilogramo de curtumbre se utiliza medio kilogramo de insumo químico, lo grave es que estas empresas no tratan sus aguas residuales y terminan en los ríos como el Moche, y en el mar. Obviamente, con las aguas de los ríos se riegan los alimentos vegetales y en el mar están los peces. Todos estos alimentos van a parar a los mercados de Trujillo y finalmente terminan en los ciudadanos que los consumen, con lo cual nos estamos contaminando con diversas enfermedades.

En Chimbote, Loayza (2015). La contaminación es uno de los problemas más fuertes que tiene la zona, debido a los efluentes de la industria pesquera, el derrame de hidrocarburos de más de 1,500 embarcaciones, el arrojado de las aguas residuales domésticas sin tratamiento, han elevado el riesgo sanitario en la población por medio del spray marino, por el consumo de peces y otros productos hidrobiológicos contaminados.

Otros agentes contaminantes y también de mayor peligro son los efluentes de los hospitales, clínicas, de los laboratorios biológicos, camal, mataderos de aves y el arrojado de productos farmacéuticos y químicos, los cuales incrementan más el riesgo sanitario..

El departamento de Tumbes también se desarrolla la actividad pesquera, y se

exporta el Langostino Blanco. La cual se evidencia que en el 2013 Tumbes sea considerado el número uno en comercialización de langostinos pues alcanzó su récord máximo de divisas en el año 2013, obteniéndose de la exportación un ingreso de 129 millones de dólares, los únicos exportadores son Piura y Tumbes. Tumbes cuenta con 74 empresas autorizadas en la actividad langostinera, las cuales se clasifican según el nivel de producciones en dos escalas. La primera es menor escala, las empresas producen entre dos y hasta cincuenta toneladas anuales en las pozas. La segunda es la de mayor escala, dónde la producción son mayores a cincuenta toneladas al año. Así mismo la provincia de Tumbes cuenta con seis zonas de acuicultura y el destino de los langostinos exportados por ambas regiones ha sido Estados Unidos, España y Rusia. (Diario Correo, 2014). Pero lamentablemente el desarrollo de esta actividad genera grandes cantidades de desechos ya sea cabeza, caparazones y otros desperdicios. Que al final también se convierte en efluentes industriales, es por eso que se debe adoptar una medida para aprovechar este desperdicio.

El diario el Correo (2013). Sobre el litoral de playas arenosas y de acantilados se ubica la Zona Industrial II de Paita, que alberga a 21 Establecimientos Industriales Pesqueros, según reporta el Ministerio de la Producción. Estas empresas desarrollan la manufactura química de la pesca industrial y semi-industrial. Esta actividad que se desarrolla en la franja litoral de la bahía de Paita, constituye una potencial fuente de contaminación del mar. A lo largo de dos kilómetros, se observan canales formados por el vertimiento de aguas residuales que van a dar directamente a la playa.

En otros casos, se ha improvisado rústicas instalaciones de tuberías por donde discurren las aguas, que no reciben ningún tipo de tratamiento, contaminando todo a su paso. Y más aún en Paita no se han instalado plantas de tratamiento de aguas residuales. Existen doce lagunas de oxidación para el uso urbano e industrial. En algunas plantas industriales se ha instalado sistemas de tratamiento, sin embargo, son básicamente para el agua de uso "doméstico", ya sea servicios higiénicos del personal y comedor de las instalaciones, pero no para los residuos propios de la actividad a la que se dedican estas empresas.

De seguir con esta problemática, los más afectados serían: Los recursos biológicos del Océano, y por ende la población es por tal motivo que se plantea el siguiente

problema.

1.2. Formulación del Problema

¿Cómo obtener el bioproducto quitosano a partir de exoesqueleto de langostino blanco (*Litopenaeus vannamei*), para su aplicación en el tratamiento de efluentes industriales?

1.3. Justificación e Importancia de la Investigación

La presente investigación es importante porque Tumbes es un departamento que produce en grandes cantidades el langostino blanco y además realizan la exportación de este producto y como resultado de este proceso quedan residuos que es la cascara del langostino que aún no es muy conocido en la ciudad, que al ser procesados se pueden obtener bioproductos como la quitina y el quitosano ambos cuentan con un valor comercial. Podría ser de gran utilidad para alargar la conservación de semillas, frutas y alimentos marinos, a través de una película que se puede fabricar por medio de esta sustancia. En el caso del tratamiento de aguas negras, el quitosano podría ayudar a separar los residuos contaminantes, como metales pesados o compuestos orgánicos del agua. Pero por motivos del estudio solo nos centraremos en el tratamiento de los efluentes industriales es por eso que esta investigación tiene relevancia práctica porque busca solucionar un problema relacionado con la contaminación de las aguas, suelo. Subsuelo por los afluentes industriales, asimismo por los residuos del proceso del langostino. Asimismo presenta relevancia metodológica ya que se aplicará un instrumento con la intención de conocer la contaminación o los afluentes industriales, como también la obtención del quitosano.

Es relevante económicamente ya que las empresas que se dedican a la producción y exportación del langostino blanco, pueden darle un valor agregado a sus residuos, transformándolo en quitosano asimismo también las empresas industriales que emiten estos efluentes industriales.

Y por último es relevante socialmente puesto que el principal beneficiario es la sociedad, las empresas cumplen y se involucran con la responsabilidad social y

ambiental, asumiendo con responsabilidad el impacto que ocasiona sus actividades industriales. También la presente investigación se centrará en la problemática de los efluentes industriales, buscando dar la solución con el mencionado bioproducto quitosano.

1.4. Objetivos de la Investigación

Objetivo general

Aprovechar el exoesqueleto de langostino blanco (*litopenaeus vannamei*), para obtener quitosano para el tratamiento de efluentes industriales – 2015.

Objetivos específicos

- Determinar el procedimiento para la obtención de quitosano
- Determinar el rendimiento del exoesqueleto en la obtención de quitosano
- Aplicar el quitosano en los efluentes industriales
- Determinar la cantidad de quitosano en los efluentes industriales.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudios

Morey & Quinde (2012). Obtención de quitosano y su aplicación en recubrimientos comestibles en mezclas con almidón. En Guayaquil, El objetivo fue obtener quitosano, lo cual se consiguió a partir del exoesqueleto de cangrejo, a través de un tratamiento químico que incluyó la desmineralización, desproteínización y deacetilación, se caracterizó en función de su grado de deacetilación y peso promedio molecular viscosimétrico. Para analizar el efecto de los recubrimientos sobre un alimento, las soluciones se aplicaron sobre fresas y se observó los cambios de estas durante el almacenamiento, la solución mostraron resultados para la preservación de la fruta.

Mora, Chávez, Araya & Starbird (2011) realizaron una investigación titulada. Elaboración de membranas de quitosano para la eliminación de metales pesados de aguas industriales. Costa Rica, el objetivo de su investigación fue obtener membranas a base de quitosano para la remoción total o parcial de metales pesados en aguas tales como cromo, Cadmio y cobre, la metodología constituyó en la preparación de la membrana en el laboratorio proceso que tarda entre tres a cuatro días, para la cual se hace una disolución de quitosano en ácido acético luego de obtener la membrana se incorpora en el equipo de filtración donde se bombea el agua contaminada, funcionando con un filtro o colador, obteniendo así agua libre de metales.

En el 2012, Carlos García-Aparicio, Isabel Quijada-Garrido y Leoncio Garrido, estudiaron la “Difusión de moléculas pequeñas en un gel de quitosano / agua determinado por espectroscopía de RMN localizada en protones”, donde en su resumen refieren que la espectroscopía de RMN localizada por protones (MRS) se ha aplicado para estudiar la difusión de tres moléculas pequeñas, cafeína, teofilina y caprolactama, en geles de quitosano con diferente concentración de agua. Esta técnica permite la monitorización no destructiva de la concentración difusa como una función del tiempo y ubicación. Los perfiles de concentración se compararon con curvas teóricas basadas en soluciones de difusión de Fick ecuación para el mejor ajuste, con las condiciones de contorno apropiadas. La concentración medida los perfiles muestran un buen acuerdo

con la ley Fickian. Valores de los coeficientes de difusión D que van de $6.1 \cdot 10^{-6}$ a $3.4 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ dependiendo de la concentración de quitosano y del tipo de molécula difusora fueron determinados. Además, las mediciones de los coeficientes de difusión en condiciones de equilibrio con los métodos de RMN de gradiente de campo pulsado de protón respaldaron el comportamiento de Fickian observado y mostraron valores de D en excelente acuerdo con los determinados por protones MRS. Todos estos hechos demuestran que el protón MRS es un método apropiado para investigar el proceso de difusión en sistemas complejos, como el polímero geles.

2.2. Estado del Arte

Hasta la fecha, los agentes de floculación orgánicos sintéticos (por ejemplo, poliacrilamida y / o cloruro de polialuminio coagulante) se usan para el tratamiento de aguas residuales debido a sus propiedades económicas y simples de manejo. Los agentes de floculación inorgánica comunes son el alumbre en combinación con el óxido de calcio. Durante los últimos años, los polisacáridos modificados químicamente como la celulosa, el quitosano y el almidón han atraído enorme atención debido a sus numerosas ventajas, por ejemplo, la biocompatibilidad, la diversidad en la masa molar o la densidad de carga. Después de la celulosa, la quitina es el recurso orgánico natural más abundante en el mundo. Es el principal constituyente del exoesqueleto de cangrejos, gambas e insectos. Debido al proceso de desacetilación, se obtiene el producto disponible comercialmente, el quitosano. En comparación con los polímeros sintéticos, el quitosano tiene múltiples ventajas debido a sus propiedades, tales como la aceptabilidad ambiental, la ausencia de corrosión, que hacen que este polímero sea fácilmente manejable. El quitosano tiene ventajas como no tóxico, ecológico, biodegradable, no cáustico y, por lo tanto, fácil y seguro de manejar. Los quitosanos comercialmente disponibles deben tratarse con ácidos como el ácido acético diluido para solubilizarlo.

Este paso adicional puede evitarse utilizando quitosano soluble en agua reacetilado. Los quitosanos reacetilados son conocidos en la literatura, pero no se investigaron en el comportamiento de floculación. En esta publicación, hemos investigado un quitosano reacetilado hacia sus propiedades de floculación. En la industria, se debe considerar una alta fluctuación de la composición del agua residual.

Una ventana de floculación amplia podría compensar este problema. Sin embargo, los quitosanos convencionales tienen ventanas de floculación relativamente estrechas. El quitosano ha sido objeto de investigación en bastantes artículos, y ha sido modificado para aumentar su eficacia, lo que ha dado lugar a numerosas patentes. La modificación del quitosano es simple debido a la presencia de grupos amino hidroxilo y alifático en la estructura. La adición de grupos catiónicos (por ejemplo, grupos amino cuaternarios) conduce a una buena propiedad de unión para compuestos inorgánicos. El quitosano con grupos amino cuaternarios es un polielectrolito fuerte que también es soluble en medios neutros y básicos. La reacción es bien conocida por el quitosano y es una forma eficiente de aumentar la densidad de carga positiva.

Para eliminar el problema de que el quitosano no es soluble a valores de $\text{pH} > 6.5$, se han aplicado varios otros métodos de modificación (por ejemplo, carboximetilación, sulfatación e hidroxilación) para mejorar las propiedades de la aplicación final. Hasta ahora, los métodos de modificación se limitan a la mejora de la variación en la masa molar o la solubilidad en agua. Los agentes de floculación biodegradables y ecológicos atraen enorme atención en todo el mundo debido a sus prometedoras propiedades. El objetivo de este trabajo fue comparar el rendimiento de floculación de un quitosano reacetilado soluble en agua con un quitosano comercial. La arcilla se usó como sustrato modelo. Las velocidades de floculación de las dispersiones de caolín se midieron en función de la concentración añadida de polielectrolito. Adicionalmente, se investigó la eficacia de la floculación del quitosano comercial para las dispersiones de arcilla preparadas en agua filtrada a través de una ventaja Milli-Q, agua corriente, 10^{-3} N KCl o tampón Tris.

2.3. Bases teórica científicas

2.3.1. Generalidades del quitosano

El quitosano fue suministrado por Aziende Chimica e Farmaceutica (ACEF) Spa Fiorenzuola D'Arda (Piacenza), Italia. El quitosano se obtuvo por desacetilación de quitina de las conchas de animales marinos, con un grado mínimo de desacetilación del 90.0% (especificación del fabricante). La caprolactama ($\text{C}_6\text{H}_{11}\text{NO}$, $M_w = 113.15 \text{ g mol}^{-1}$) suministrada por Fluka (Steinheim, Alemania), con pureza P98%,

cafeína (C₈H₁₀N₄O₂, Mw = 194.19 g mol⁻¹) y teofilina anhidra (C₇H₈N₄O₂, Mw = 180.16 g mol⁻¹) se obtuvieron de Aldrich (Steinheim, Alemania) y ambos con pureza P99%. Estos compuestos se seleccionaron como sustancias modelo, ya que son relativamente solubles; se usan en la industria farmacéutica (cafeína y teofilina) y exhiben una buena señal de ¹H RMN. El ácido acético glacial era de Aldrich con una pureza de P99,7%. El agua utilizada fue Milli.Q de la instalación de purificación de agua (Millipore Milli-U10).

a. Aplicación del quitosano

Las aplicaciones del quitosano son muy amplias, existiendo sectores en los que su utilización es habitual y conocida, y otros constituyen actualmente una interesante vía de investigación. La aplicación de estos biopolímeros Según Marmol, Z.; Roncón, Araujo, Aiello, Chandler. & Gutiérrez (2011):

Industria de alimentos y bebidas

Tienen uso como aditivos en los alimentos (espesantes, gelificantes y emulsificantes), como recubrimientos protectores, como clarificadores en industrias de bebida (agua, vino, zumo de manzana y zanahoria) sin afectar el color, en cuanto a los recubrimientos comestibles, las películas de quitosano son resistentes, duraderas y flexibles, con propiedades mecánicas similares a polímeros comerciales de fuerza media, protege a los alimentos frente a microorganismos como bacterias, levaduras y hongos.

Tratamiento de aguas

Es una de las áreas de mayor importancia ya que el quitosano es un material ambientalmente amigable. El quitosano puede potabilizar el agua, y coagular aguas residuales muy turbias de alta alcalinidad; sin embargo son pocas las investigaciones desarrolladas sobre su efectividad en aguas residuales.

En la agricultura

Son utilizados como bioestimulantes del control de plagas y en la protección de semillas y frutos Asimismo también pueden ser usados en los siguientes sectores (Universidad Autónoma Metropolitana. 2011)

En la industria cosmética

Al utilizar ácidos orgánicos el quitosano es un hidocoloide catiónico que facilita la interacción con las capas de la piel. Lárez (2006). También menciona otras aplicaciones de este polímero en este campo que son tres: Fabricación de cápsulas para adelgazar denominada atrapagrasas; Aditivo de bactericidas en jabones, Champues, cremas de afeitarse, cremas para la piel, pasta dental, etc. Agente hidratante para la piel, puesto que su gel puede suministrar agua y evitar la resequeidad

En el campo biomédicas

Se utiliza en la ingeniería de tejidos, vendajes, cicatrizantes de heridas, tratamiento para quemaduras, oftalmología, sistema de liberación de fármacos. Por otro lado Lárez (2006). Menciona que entre los usos más sencillos de este producto son: Producción de medicamentos bactericidas como agente cicatrizante.

b. Obtención de quitosano

Según Lalileo. (2010). Se puede utilizar el método directo, es decir si necesidad de obtener primero la quitina, para el cual recomienda los siguientes pasos:

– Recepción de materia prima: Consiste en obtener los caparazones del langostino Blanco de las principales empresas pesqueras de Tumbes. Los langostino no deben tener restos del langostino, es decir patas, colas y residuos de carne, con el fin de eliminar la mayor cantidad d proteína que puede interferir en el proceso.

– Secado: Consiste en secar el exoesqueleto en estufas para eliminar la humedad para facilitar el proceso, en un tiempo de 5 horas, a una

temperatura 90°C. Para luego proceder al molido.

– Desmineralización: Cuando se obtiene el material triturado, deben ser colocados en una solución de ácidos: HCl 2 N en una relación 1:2(W/W) a temperatura ambiente por 72 horas, con el fin de eliminar la mayor cantidad de minerales que se encuentren en el caparazón del crustáceo.

– Lavado: En este se busca eliminar el sobrenadante y precipitado se lava con abundante agua hasta obtener un PH cercano de 7.

– Desproteización: El precipitado anterior se lleva a una solución NaOH al 50% a 100°C. Con una relación 1:2 (W/W).durante 2 a 4 horas y con el agente reductor (NaBH₄). A una concentración de 0.83 g/L.

– Lavado: Lavar para descartar el sobrenadante, lavar profusamente el sólido hasta obtener un pH. 7

– Secado: El sólido obtenido se coloca en bandejas de aluminio y se seca en estufas a 50°C por 6 horas.

2.3.2. Langostino blanco (*Penaeus vannamei*)

Según la FAO (2008), en el Perú se cultiva la especie (*Litopenaeus vannamei*), conocida como langostino blanco; aunque en el pasado también se cultivó, en menor medida, la especie *L. Stylirostris* , o langostino azul. Estas especies se distribuyen en las costas occidentales de América (Océano Pacífico), desde México hasta el norte del Perú (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. FAO).

Dicha especie es producida principalmente en América, destacando Ecuador, México, Brasil, Colombia y Venezuela como importantes productores. El cultivo del langostino se ha intensificado debido principalmente, al aumento de la demanda mundial. La industria langostinera en el Perú está establecida principalmente

en Tumbes, donde las características ambientales son las óptimas para el desarrollo de la especie. El Perú exporta fundamentalmente colas de langostinos, congelados, con o sin caparazón, cuyos precios en el mercado externo son en promedio mayores a los de los langostinos enteros, siendo EEUU el principal demandante. (MINCETUR. 2005)

a. Morfología del langostino blanco (*Litopenaeus vannamei*).

Mero (2010). Son crustáceos macruros (abdomen alargado) de hábitos nocturnos y carnívoros. Posee un cuerpo alargado y cilíndrico, aplanado en los lados más ancho en la parte superior su cuerpo está dividido en tres partes: cefalotórax, abdomen y cola, con cabeza y ojos salientes de gran tamaño. Que a continuación se mencionan:

Pleópodos

Las patas abdominales o pleópodos están especializadas para la natación. Son birrámeas y constan de un protopodito basal que lleva un expodito lateral y un endopodito medio.

Cefalotórax

Los ojos son pedunculados y móviles. El pedúnculo ocular, más o menos largo, consta de dos o tres articulaciones y el globo ocular es terminal. El cefalotórax es portador de un rostro dentado en forma de quilla. Generalmente las extremidades son delgadas.

Abdomen

Abdomen adaptado a la natación, aplastado lateralmente y muy desarrollado.

Cola

Los urópodos equivalen a los pleópodos del sexto segmento abdominal. Cada uno se compone de un protopodito triangular y de dos ramas, expopodito y endopodito.

Pereiópodos

Los apéndices torácicos reptantes o pereiópodos son patas típicas, formadas por siete segmentos. Los dos primeros (coxa y basis) constituyen el protopodito; los cinco siguientes (isquio, mero, carpo, propodio y dácilo) forman el endopodito.

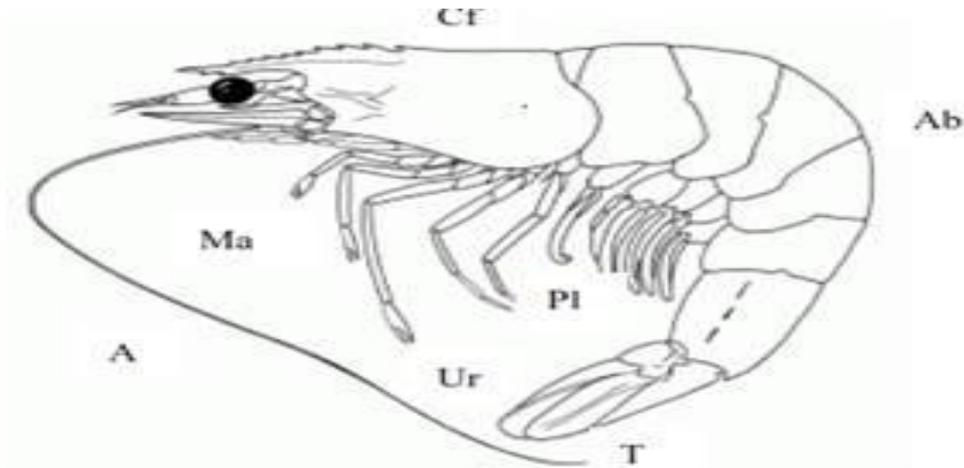


Figura 2.

Morfología de langostino blanco

Fuente: http://www.cometadigital.com/educativos/crustaceos/version_html/paneles/camaron/panel_cam_morfologia.html

b. Ficha Técnica

Nombre científico: *Litopenaeus vannamei*

Nombre Común: Langostino Blanco, camarón blanco

Distribución geográfica: Desde el extremo norte del Golfo de California (México) hasta Tumbes (Perú).

Localización de la pesquería en el Perú: Tumbes y Piura

Desembarque y artes de pesca: “trasmallo y “arraste doble”
(FAO, 2005)

Para motivos de la investigación nos centraremos en el exoesqueleto del crustáceo, la que constituyen el desecho de la industria de procesamiento de langostino blanco, que no se comercializa, exporta y consume. Asimismo según la FAO. El exoesqueleto y las patas del langostino blanco, representa 85% del volumen del crustáceo.

2.3.3. Tratamiento de Efluentes Industriales

a. Efluentes residuales

“Son aguas residuales vertidas desde locales utilizados para efectuar cualquier actividad comercial o industrial que no sean aguas residuales domésticas, ni aguas de en corriente pluvial.” (Gómez, 2010)

Estos efluentes industriales vertidos al medio ambiente provocan impacto sobre este en función de su naturaleza. (Rodríguez, Fernández, Bermúdez & Morris. 2003)

Cabe mencionar que los compuestos orgánicos e inorgánicos que se encuentran en las aguas residuales proceden de instalaciones industriales diversas, las mismas que contienen con frecuencia sustancias que no se eliminan por un tratamiento convencional, y muchos compuestos orgánicos e inorgánicos que se han identificado en las aguas residuales son objeto de regulación entre las que se encuentran son:

- Compuestos generados en el medio acuático.
- Hidrocarburos persistentes y sustancias orgánicas tóxicas persistentes y bioacumulables.
- Cianuros
- Sustancias y preparados cuyas propiedades cancerígenas o mutagénicas puede afectar a la reproducción en el medio acuático.
- Biocidas y productos fitosanitarios

Los orígenes de la contaminación del agua en la mayoría de estos giros industriales pueden describirse en un sentido amplio como cualquier acción o proceso que utilice agua, y debido a este uso degrade su calidad. Esta degradación puede ser pequeña, por sola adición de calor o puede ser muy compleja y producir contaminación importante con productos químicos, materias primas o productos terminados.

Asimismo los contaminantes más comunes de las descargas industriales son las siguientes:

- Agentes químicos para enfriamiento
- Purga de lodos acumulados en torres de enfriamiento
- Lavado de materias prima
- Compuestos químicos usados en lavado de equipo
- Desechos de materia orgánica generados durante el proceso de industrialización
- Metales pesados que se generan en algunos procesos de transformación.

Para el tratamiento de estos vertidos existen tres opciones de control, el primero es el control dentro de la planta misma en donde se generan las aguas residuales, la segunda es controlar los efluentes tratándolos previamente antes de descargar en el sistema de depuración urbana; una tercera y última es la depuración por completo en la planta para luego ser reutilizadas o vertidas en cuerpos de agua directamente.

b. Planta de tratamiento

También llamadas depuradoras, son instalaciones intermedias construídas entre una industria o una ciudad y un ambiente acuático receptor. Su función específica consiste en tratar y transformar efluentes fabriles y /o urbanos químicamente complejos en sustancias simples que puedan ser captadas por las plantas verdes fotosintetizadoras, o bien retener elementos tóxicos para el ambiente. Existen tratamientos físicos, químicos o biológicos y, entre estos últimos, los de tipo aeróbico y anaeróbico. La construcción de esas intalaciones depende de numerosos factores, como la naturaleza del efluente a tratar, la composición y concentración de cada compuesto y elemento que se pretende depurar o del tipo de subproducto no deseado originado en el proceso industrial en cuestión. (Wais, I. 2010)

El proceso de coagulación-floculación mediante adición de quitosano se utiliza actualmente en la mitad de los caos de tratamiento de aguas

residuales en Japón, y en diversas proporciones, en algunos otros países asiáticos, sin embargo, en América del Norte, su uso es prácticamente inexistente. Además el quitosano aparece como una alternativa viable para la eliminación de la materia suspendida debido a su impacto a la salud humana y a los ecosistemas a largo plazo para la salud. (Nieto & Orellano, 2011, Pág. 46).

c. Tratamiento por coagulación

Son reacciones químicas y cambios físicos, originados por adición de un coagulante que desestabiliza las partículas suspendidas mediante la reducción de las fuerzas de separación entre ellas; el coagulante se adhiere a las paredes de las partículas, neutralizando las cargas eléctricas y originando que las fuerzas de Van Der Walls y de lugar a la formación de flóculos. Este proceso de coagulación se inicia apenas el coagulante entre en contacto con el agua, y dura unas fracciones de segundo formar flóculos, Para lograr este proceso se utilizan sustancias químicas u orgánicas conocidas como coagulantes, los cuales tienen la capacidad de disminuir la doble capa de iones alrededor de los coloides. (Nieto & Orellano, 2011).

Coagulantes de origen natural

Han llegado a demostrar rendimiento de coagulación similar a los de origen sintético; sus interesantes características como bio-degradabilidad, compatibilidad ambiental, inocuidad, diversidad, eficiencia, entre otras, las vuelvan una alternativa versátil desde el punto de vista ambiental.

Dentro de este grupo tenemos:

- Semillas de plantas
- Floculantes minerales (Silice activada)
- Almidones
- Alginatos
- Polisacáridos naturales (Celulosa, gomas, quitosano, etc)

Y más aún estos tipos de coagulantes han sido utilizados mucho antes de que aparezcan los coagulantes sintéticos. (Nieto & Orellana, 2011)

Factores que influyen en la coagulación

Andia (2000). Es necesario tener en cuenta los siguientes factores con la finalidad de optimizar el proceso de coagulación:

- pH.
- Turbiedad.
- Sales disueltas.
- Temperatura del agua.
- Tipo de coagulante utilizado.
- Condiciones de Mezcla.
- Sistemas de aplicación de los coagulantes.
- Tipos de mezcla y el color.

Clasificación de Mezclas

Según Andia (2000), los mezcladores pueden ser:

- M. Mecánicos
- M. Hidráulicos.
- M. en línea.

Etapas de la coagulación

El proceso de coagulación consiste en tres etapas según Nieto & Orellana (2011):

- Desestabilización de la estructura molecular; en ocasiones es preciso modificar el pH para facilitar el proceso de coagulación.
- Formación de flóculos del coagulante, con carga opuesta al de

las partículas contaminantes.

- Adsorción de estos contaminantes, por los flóculos del coagulante.

Tratamiento por floculación

Es el proceso que sigue a la coagulación (Andia, 2000. Pág. 33), que consiste en un proceso de agitación suave y continua del agua coagulada, con el propósito de coagular las partículas más pequeñas en flóculos de mayor tamaño y mayor peso capaces de ser removidos fácilmente mediante sedimentación o filtración; la velocidad y el tiempo influyen significativamente en el desarrollo de este proceso si la velocidad es rápida y por tiempos muy prolongados, los flóculos pueden romperse y desestabilizarse, permitiendo que se liberen y haciendo más difícil que se vuelven a unir dichas partículas (Nieto & Orellana, 2011. Pág. 70)

Proceso físico para facilitar la remoción de sólidos suspendidos partículas pequeñas empalman con colisiones para formar flocs Necesitan una mezcla suave y lenta por largo tiempo (15 – 30 minutos)

Sistemas de floculación

Nieto & Orellana (2011) Los sistemas de floculación utilizados para efectuar la floculación son esencialmente de dos tipos:

Sistemas hidráulicos: El flujo del agua está influenciado por la gravedad y mecanismos como barreras, tabiques cámara de floculación conectadas entre serie. Este tipo de sistemas son más utilizados en plantas de tratamiento de agua de pequeña magnitud debido a su bajo costo.

Sistemas mecánicos: En estos sistemas la gradiente de velocidad requerido es proporcionado por la agitación lenta que realizan los dispositivos como paletas o rastrillo, lo cuales son accionados por un motor.

Prueba de jarras: La prueba de jarras es un procedimiento común

de laboratorio para determinar las condiciones óptimas de funcionamiento para el agua o el tratamiento de aguas residuales. Este método permite realizar ajustes en el pH, las variaciones en la dosis de coagulante o polímero, alternando velocidades de mezclado, o la prueba de coagulante o diferentes tipos de polímeros, a pequeña escala con el fin de predecir el funcionamiento de una operación a gran escala de tratamiento. Una prueba de jarras simula los procesos de coagulación y floculación que fomentan la eliminación de los coloides en suspensión y materia orgánica que puede conducir a problemas de turbidez, olor y sabor. (Andia, 2000). La prueba de jarras es uno de los principales instrumentos de trabajo en las plantas de tratamiento de agua del mundo (Orozco & Maldonado, 1979)

2.4. Definición de la terminología

A continuación se realiza la descripción de los términos que facilitarán el entendimiento del tema a investigar.

2.4.1. Quitina

El segundo biopolímero más abundante en la naturaleza después La celulosa es quitina, un polisacárido natural que forma la base para las tegumentos duros exteriores de crustáceos, insectos y algunos otros invertebrados y aparece también en las células de hongos y mohos. (Lárez, C.; 2006).

2.4.2. Quitosano

La N-desacetilación parcial de quitina conduce a quitosano, un copolímero de β - (1-4) -linked 2-acetamido-2-deoxy-D-glucopyranose y 2-amino-2-desoxi-D-glucopiranososa. Este copolímero es actualmente de gran interés para biomédica aplicaciones porque es biodegradable, biocompatible, no tóxico y su estructura química permite modificaciones específicas al diseño polímeros para aplicaciones seleccionadas. (Salazar, M; Valderrama, A., 2013).

2.4.3. Floculante

Es un conglomerado de partículas sólidas que se genera a través de los procesos de coagulación y floculación. El floculante está constituido en primer lugar por los sólidos que se separan del agua, así como también por los sólidos que aporta el coagulante. (Gil, 2014)

2.4.4. Floculación

La floculación se define como el proceso de unir partículas coaguladas y desestabilizadas para formar mayores masas o flóculos, para posibilitar su separación por sedimentación, flotación y/o filtración. (Remedios, A; et al 2013)

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y Diseño de Investigación

El tipo de investigación es experimental, que consiste en establecer causa y efecto del estudio a través de la cual se manipula las variables que ejercen control sobre el fenómeno en proceso de obtención de quitosano y su aplicación en el tratamiento de efluentes de la industria procesadora de langostino blanco.

3.2. Población y Muestra

La población estuvo compuesta por langostino blanco cultivada en las langostineras de Tumbes. La muestra estará conformada por 10Kg de exoesqueleto de langostino blanco y muestras de efluentes de la industria procesadora de langostino blanco.

3.3. Hipótesis

Con la obtención del quitosano a partir del exoesqueleto de los langostinos será posible tratar los efluentes de la industria procesadora de langostino blanco.

3.4. Variables

Variable independiente

Para la Obtención de quitosano.

- *Relación quitina/NaOH 45%*
- *Temperatura*

Para su aplicación en el tratamiento de efluentes

- *pH*
- *Concentración de quitosano*

Variable dependiente

Para la Obtención de quitosano.

– *Rendimiento (p/p)*

Para su aplicación en el tratamiento de efluentes

– *Rendimiento de remoción de color.* Dicha variable corresponde a la capacidad que tiene el quitosano como agente que captura sustancias, decolorando los efluentes el cual se usó como un indicador de su efectividad como agente floculante.

3.5. Operacionalización:

A continuación se detalla la Operacionalización de las variables, en la tabla 3.1 se detallan las variables que afectan el rendimiento de obtención de quitosano y en la tabla 3.2 se detallan las variables que afectan el rendimiento de remoción de color del agua residual evaluada.

Tabla 1.

Operacionalización de las variables para el proceso Obtención de quitosano.

<i>VARIABLES INDEPENDIENTES</i>	Dimensiones	Indicadores	Técnicas e instrumentos de recolección de datos
Relación quitina/NaOH 45%	<i>1:10 – 1:5</i>	<i>peso/Volumen</i>	<i>Método Volumétrico</i>
Temperatura	<i>75 – 90</i>	<i>°C</i>	<i>Termómetro</i>
<i>VARIABLES DEPENDIENTE</i>	Dimensiones	Indicadores	Técnicas e instrumentos de recolección de datos
Rendimiento		<i>% (p/p)</i>	<i>Método gravimétrico</i>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.

Tabla de operacionalización de las variables para el proceso rendimiento de remoción de color de agua residual

<i>VARIABLES INDEPENDIENTES</i>	Dimensiones	Indicadores	Técnicas e instrumentos de recolección de datos
pH	5 – 7	[H+]	<i>Método potenciométrico</i>
Concentración de quitosano	30 – 60	mg quitosano/ mL _{solución}	<i>Método Volumétrico</i>
<i>VARIABLES DEPENDIENTE</i>	Dimensiones	Indicadores	Técnicas e instrumentos de recolección de datos
Rendimiento de remoción de color		<i>Absorbancia</i>	<i>Método espectrofotométrico</i>

Fuente: Elaboración propia

3.6. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

Entre los métodos a utilizados en la investigación experimental tenemos:

3.6.1. Método directo para la obtención del quitosano

Consistió en el proceso de experimentación que se utilizó para obtener el quitosano a partir del exoesqueleto de langostino blanco.

3.6.2. Prueba de jarras

Prueba que consistió en realizar el proceso de prueba de jarras para determinar la cantidad optima de quitosano a utilizar para el tratamiento de los efluentes industriales, es una prueba que se llevó a cabo en laboratorio, y es muy empleada para establecer las cantidad optima a utilizar en una planta de tratamiento de aguas residuales.

Se colocó en cada uno de los vasos 1 L del agua a ensayar (previamente agitada para suspender las partículas fácilmente sedimentables); se puso en marcha el agitador a la velocidad establecida de 50 rpm y, luego, se añadió en forma sucesiva a los distintos vasos cantidades crecientes de la solución de quitosano, una vez adicionado toda la solución de quitosano se dejó durante el tiempo de 30 minutos en el equipo de

floculación para luego realizar la lectura de absorbancia.

3.6.3. Técnicas

Entre las técnicas que se utilizaron encontramos:

La observación científica sistemática. Es una técnica que consistió en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis. La observación es un elemento fundamental de todo proceso investigativo; en ella se apoya el investigador para obtener el mayor número de datos. Observar científicamente significa observar con un objetivo claro, definido y preciso: el investigador sabe qué es lo que desea observar y para qué quiere hacerlo, técnica que ayudará a observar todos los procesos que se utilicen en la investigación. Que además se apoyará en fichas y cuadros establecidos. Y siguiendo una secuencia (Sistémica)

3.6.4. Instrumentos

Fichas. Consistió en registrar los datos que se van obteniendo en los instrumentos llamados fichas, las cuales, debidamente elaboradas y ordenadas contienen la mayor parte de la información que se recopila en una investigación por lo cual constituye un valioso auxiliar en esa tarea, al ahorra mucho tiempo, espacio y dinero. (Ferrer, 2010)

Instrumentos a utilizar en los procesos

- Agitador magnético
- Reactivos
- Agua Destilada
- Termómetro
- Estufa
- Vasos de ensayo
- pH metro
- Espectrofotómetro UV-Vis marca Unico.
- Centrifuga Universal.

- Balanza Digital
- Papel filtro
- Erlenmeyer de 100ml
- Pipeta de 10ml
- Vasos de precipitación de 250 ml

3.7. Procedimiento para la recolección de datos

Para la recolección de datos se realizarán los siguientes procedimientos:

3.7.1. Procedimiento para Obtención del quitosano

Se trabajó con exoesqueleto de langostino blanco. Las muestras se lavaron con abundante agua y se procedió a la eliminación de la parte proteica, para luego pasar al proceso de secado en estufa a 60°C por 72 horas y pulverizado, esto con el objetivo de que al tener un diámetro demasiado pequeño, pueda tener mayor área de contacto para trabajarla.

Desproteización: Consistió en tratar el abdomen del exoesqueleto del langostino blanco con una solución al 0,5% de NaOH a temperatura de 60 °C por 2 horas, con el fin de disolver la proteína. Los caparazones se sometieron a cocción con el hidróxido de sodio en una relación 1:10 (g/mL) por 2 hora a 50 °C.

Se filtró al vacío y se trabajó con el sólido precipitado.

Se preparó una solución de hidróxido de sodio al 3% g/mL.

Luego el sólido precipitado se trató con la solución de hidróxido de sodio en una relación 1:10 (g/mL) por 1 hora a 60 °C.

Se descartó el líquido sobrenadante y luego se lavó hasta pH neutro.

Se filtró.

Desmineralización: El principal componente inorgánico de los exoesqueletos de los crustáceos es el CaCO₃ y MgCO₃ el cual se pudo eliminar empleando soluciones diluidas de HCl a temperatura ambiente. El sólido remanente obtenido, se desmineralizó con 400 mL de HCl a 0,5 M a temperatura ambiente por 60

minutos. Se lavó hasta pH neutro. Luego se filtró y se descartó el líquido obtenido.

Desacetilación de la quitina: La reacción se realizó en fase heterogénea empleando una solución concentrada de NaOH al 45% a temperaturas altas.

La evaluación del quitosano se trabajó con dos diferentes relaciones entre quitina/NaOH (w/v) y temperatura. Con el fin de separar la mayor cantidad de grupos acetilo de la cadena polimérica, comose detalla a continuación:

- Las relaciones de quitina/NaOH para la obtención del quitosano son de 1:10 y 1:5, con 45% de NaOH.
- El tiempo que se utilizó para la desacetilación de la quitina fue de 1,5 horas.
- Las temperaturas que se utilizaron para la desacetilación de la quitina fueron de 75 °C y 90 °C.
- Se filtró y posteriormente el producto se lavó con agua hasta pH neutro.
- Se filtró hasta obtener el sólido.
- Se secó a 75 °C durante 24 horas.

3.7.2. Procedimiento para la aplicación del quitosano obtenido como agente floculante.

- Se obtuvo las muestras de un efluente de la una industria de procesamiento de langostino blanco de la ciudad de Tumbes.
- Previamente a la prueba de jarras, el potencial de hidrógeno de cada muestra fue ajustada a 3 valores distintos de pH.
 - pH: 5
 - pH: 6
 - pH: 7
- Preparación de la solución de quitosano: Debido que el quitosano es insoluble en agua, se utilizó ácido acético al 4%, por cada 100ml del ácido se disolverá 100mg de quitosano, el cual se obtendrá una concentración de 1mg de quitosano por cada ml de solución, para el

diseño se utilizarán 2 concentraciones de solución de quitosano: 30ml y 60ml

- Se ajustó el pH, de cada muestra mediante titulación por goteo, para el cual se utilizará ácido clorhídrico (HCl) concentrado hasta obtener un pH=5 y en las muestras con pH=7 no será necesario ajustar el pH, debido que el valor inicial es un parámetro neutro.
- Luego se procedió a agregar la muestra de solución de quitosano
- Y se procedio a colocar en el agitador magnético.
- Culminado el proceso de coagulación se removió los flóculos, utilizando papel filtro.
- Posteriormente se tomó una muestra de cada vaso, a partir del cual se determinó las lecturas de absorbancia en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 540nm.

3.8. Análisis Estadístico e Interpretación de los datos

Los datos para la investigación se obtendrán mediante las técnicas señaladas y del proceso de la experimentación fue interpretado mediante la utilización del Excel 2010 y el programa estadístico Desing Expert V7 lo que permitió ordenarlos, tabularlos y mostrar en cuadros y gráficos con sus respectivas interpretaciones. Para la obtención de quitosano se empleó un diseño factorial 2^2 con 2 réplicas. En Tabla 3.3 se presenta la matriz de experimentos realizados. Para evaluar el efecto del quitosano en aguas turbias residuales se aplicó un diseño factorial 2^2 con 2 réplicas. En la tabla 3.4 se presenta la matriz de experimentos realizados.

Tabla 3.**Matriz de experimentos en la obtención de quitosano**

Std	Corrida	Temperatura	Quitina/NaOH (g/mL)
1	1	75	1:05
6	2	90	1:05
4	3	75	1:10
3	4	75	1:10
7	5	90	1:10
5	6	90	1:05
2	7	75	1:05
8	8	90	1:10

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.**Matriz de experimentos para el rendimiento de remoción de color con quitosano**

Std	Corrida	pH	Concentración de quitosano (ml)
6	1	5	60
1	2	5	30
2	3	5	30
4	4	7	30
5	5	5	60
3	6	7	30
7	7	7	60
8	8	7	60

Fuente: Elaboración propia

3.9. Principios éticos

El investigador se responsabilizará de almacenar y cuidar los documento y mantenerlo hasta que la información este procesada y registrada en el informe final.

Los datos serán recolectados tal y como nos indican los experimentos del

estudio, y tal como se observa sin manipular la información.

3.10. Criterios de rigor científico

Con el fin de determinar la influencia de la estructura química y la solubilidad en agua sobre la difusión molecular en geles de quitosano, se estudió el comportamiento de difusión de varias moléculas con diferente estructura y solubilidad. Cabe señalar que la permeabilidad, la velocidad de liberación y la difusión de las moléculas están muy influenciadas por el tipo de molécula liberada y por el contenido de agua de los geles. Por lo tanto, las moléculas pequeñas se difunden rápidamente, mientras que las más grandes se verían impedidas por la matriz del gel.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. Proceso de obtención de quitosano.

En la tabla 4.1 se presenta los resultados obtenidos para la variable rendimiento según la matriz experimental planteada.

Tabla 5.

Matriz de resultados obtenido para la variable rendimiento de quitosano

STD	Corrida	Temp. °C	Quitina/NaOH (g/mL)	Crisol (g)	Crisol + quitosano (g)	Peso Final	Quitosano (g)	Rendimiento %
1	1	75	1:05	24,24	39,97	27,44	3,20	69,78
6	2	90	1:05	24,99	38,12	28,64	3,65	60,75
4	3	75	1:10	23,01	34,13	26,20	3,18	51,90
3	4	75	1:10	40,46	52,23	43,57	3,11	53,03
7	5	90	1:10	24,67	33,54	27,15	2,48	41,38
5	6	90	1:05	24,67	38,75	28,36	3,69	71,05
2	7	75	1:05	24,99	38,26	29,09	4,10	68,35
8	8	90	1:10	26,20	31,19	29,11	2,91	62,03

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.2 se presenta el análisis de varianza para la variable dependiente rendimiento en el cual se puede observar que la temperatura (A) y la interacción AB son estadísticamente significativos al 95% de confiabilidad, ya que sus p-valores son menores a 0.05.

En la figura 4.1 se presenta el efecto de temperatura en el rendimiento de quitosano, y como se puede observar al incrementar la temperatura el rendimiento disminuye.

Tabla 6.

Análisis de Varianza para la variable dependiente rendimiento de quitosano

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	cuadros medios	valor F	p-valor
Modelo	474.375	3	158.125	2.23104056	0.2269
A-Temperatura	465.125	1	465.125	6.56261023	0.0425
B-Quitina/NaOH	6.125	1	6.125	0.08641975	0.7834
AB	3.125	1	3.125	0.04409171	0.008439
Pure Error	283.5	4	70.875		
Cor Total	757.875	7			
R2	0.82				

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.2 se presenta el efecto de relación quitina/NaOH en el rendimiento de quitosano, y como se puede observar no afecta en el rendimiento ya que se obtiene rendimientos casi similares.

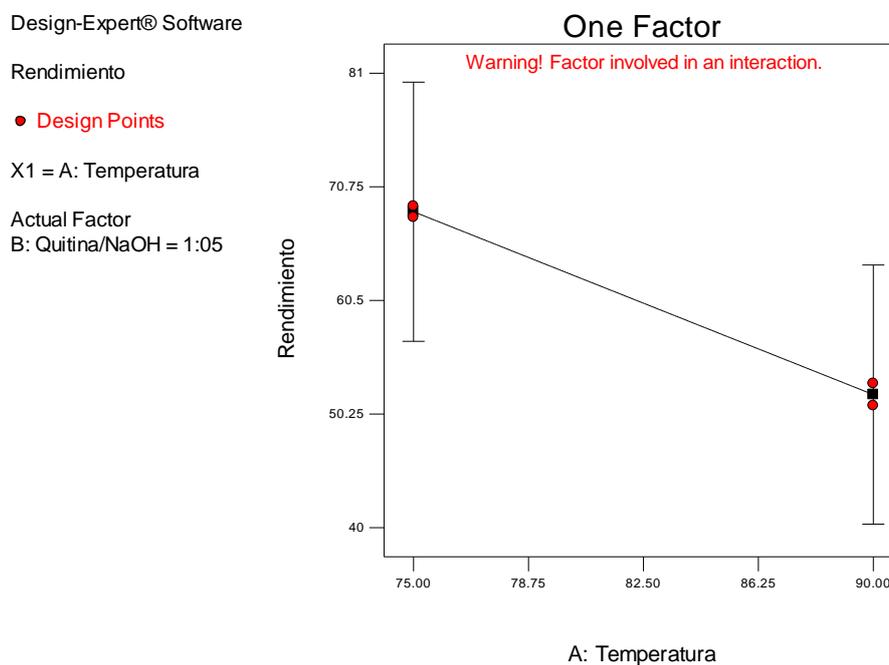


Figura 2.

Efecto de la temperatura en el rendimiento de quitosano

Fuente: Elaboración propia

Design-Expert® Software

Rendimiento

X1 = B: Quitina/NaOH

Actual Factor

A: Temperatura = 82.50

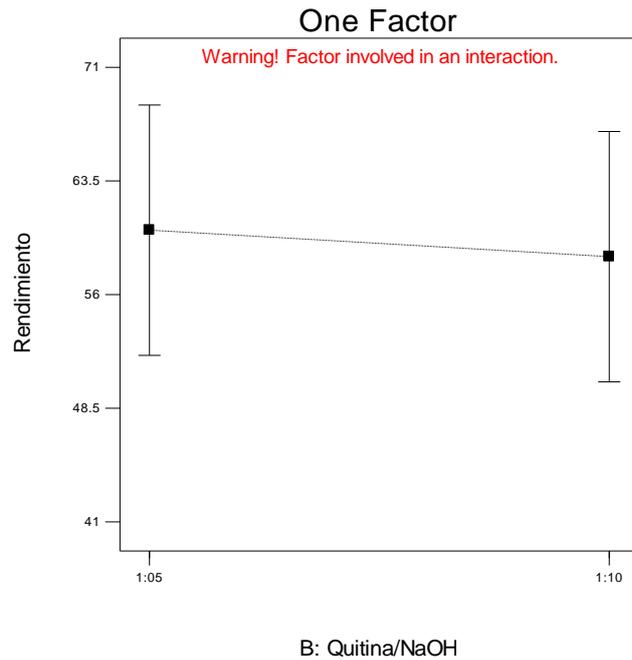


Figura 3.

Efecto de la relación quitina/NaOH en el rendimiento de quitosano

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.3 se presenta el efecto la interacción Temperatura-relación quitina/NaOH en el rendimiento de quitosano, a una temperatura de 75°C el rendimiento aumenta cuando trabajamos a una relación quitina/NaOH 1:05. Y para una temperatura de 90 el rendimiento disminuye y se obtiene valores muy similares para las relaciones quitina/NaOH evaluadas.

Design-Expert® Software

Rendimiento

● Design Points

■ B1 1:05

▲ B2 1:10

X1 = A: Temperatura

X2 = B: Quitina/NaOH

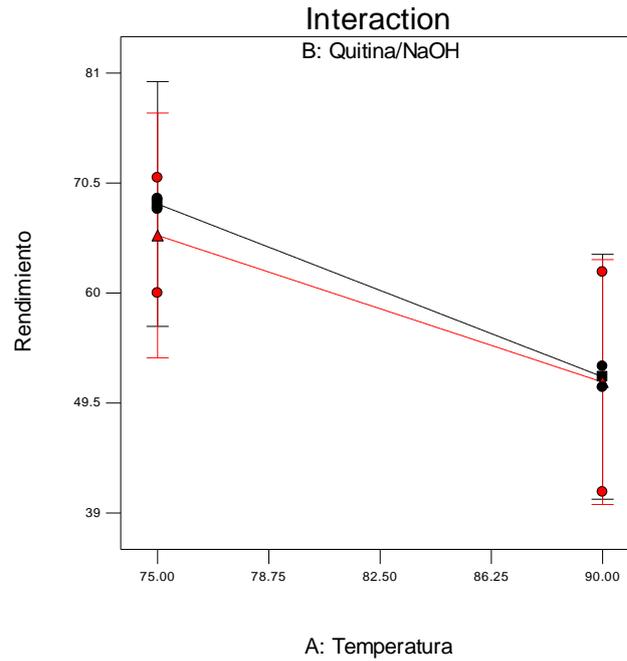


Figura 4.

Efecto la interacción Temperatura – Relación Quitina/NaOH en el rendimiento de quitosano

Fuente: Elaboración propia

4.2. Proceso de tratamiento de agua residual (proveniente de empresas pesqueras) empleando quitosano

En la tabla 4.3 se presenta los resultados obtenidos para la variable rendimiento de remoción de color (%) según la matriz experimental planteada.

En la tabla 4.4 se presenta el análisis de varianza para la variable dependiente rendimiento de remoción de color, en el cual se puede observar que el pH (A), Concentración de quitosano (B) y la interacción AB son estadísticamente significativos al 95% de confiabilidad, ya que sus p-valores son menores a 0.05.

Tabla 7.**Matriz de resultados obtenido para la variable rendimiento de remoción de color**

Std	Corrida	pH	Concentración de quitosano (g/ml)	Muestra Inicial (Absorbancia)	Lectura de Absorbancia después del tratamiento (Absorbancia)	Rendimiento de remoción de color (%)
1	3	5	30	0.169	0.074	56.21
2	6	7	30	0.169	0.03	82.25
3	1	5	60	0.169	0.061	63.91
4	4	7	30	0.169	0.032	81.07
5	5	5	60	0.169	0.063	62.72
6	2	5	30	0.169	0.074	56.21
7	7	7	60	0.169	0.025	85.21
8	8	7	60	0.169	0.026	84.62

Tabla 8.**Análisis de Varianza para la variable dependiente rendimiento de remoción de color (%)**

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	cuadros medios	valor F	p-valor
Model	1167.9273	3	389.3091	986.6542482	< 0.0001
A-pH	1106.85125	1	1106.85125	2805.173288	< 0.0001
B-Concentración de quitosano	53.6648	1	53.6648	136.0065894	0.0003
AB	7.41125	1	7.41125	18.78286764	0.0123
Pure Error	1.5783	4	0.394575		
Cor Total	1169.5056	7			
R2	0.9987				

En la Figura 5 se presenta el efecto del pH en el rendimiento de remoción de color (%), y como se puede observar al incrementar el pH el rendimiento de remoción de color aumenta.

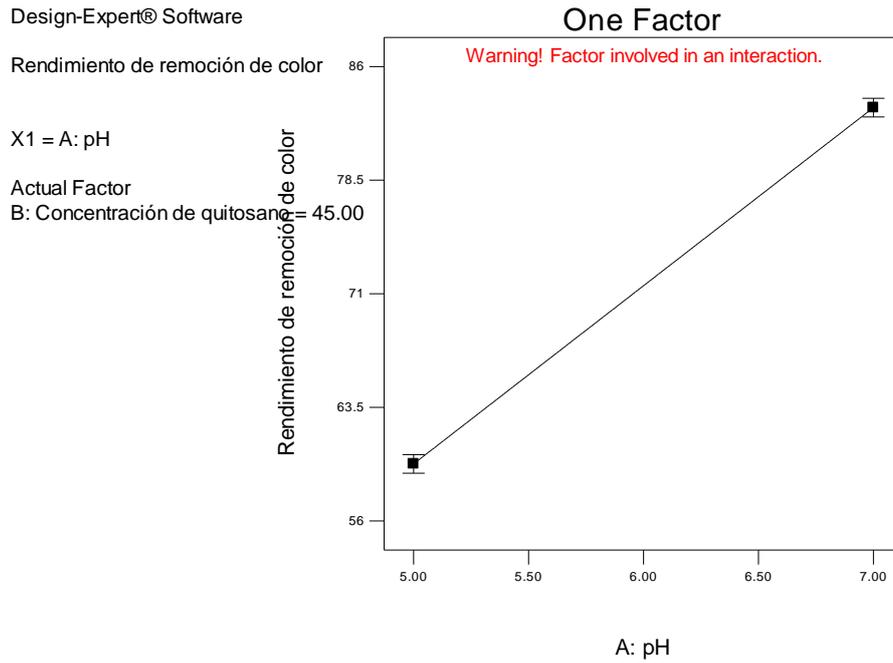


Figura 5.

Efecto del pH en el rendimiento de remoción de color (%)

En la figura 6 se presenta el efecto de la concentración en el rendimiento de remoción de color (%), se puede observar que el rendimiento incrementa conforme aumentamos la concentración, pero este incremento es mucho menor en comparación con el pH.

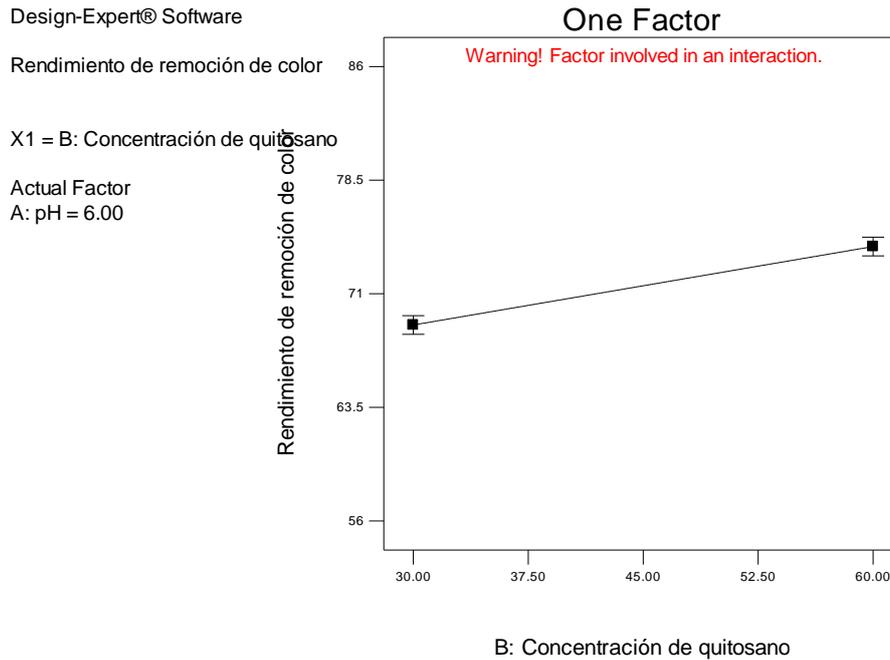


Figura 6.

Efecto de la concentración de quitosano en el rendimiento de remoción de color (%)

En la figura 7 se presenta el efecto de la interacción pH-Concentración de quitosano (mL) en el rendimiento de remoción de color (%), como se puede observar conforme incrementamos el pH, mayor es el rendimiento, para las diferentes concentraciones de quitosano. Para un pH de 5 el efecto de la concentración es mayor, en comparación para un pH de 7 el efecto de la concentración es menor.

Design-Expert® Software

Rendimiento de remoción de color

● Design Points

■ B- 30.000

▲ B+ 60.000

X1 = A: pH

X2 = B: Concentración de quitosano

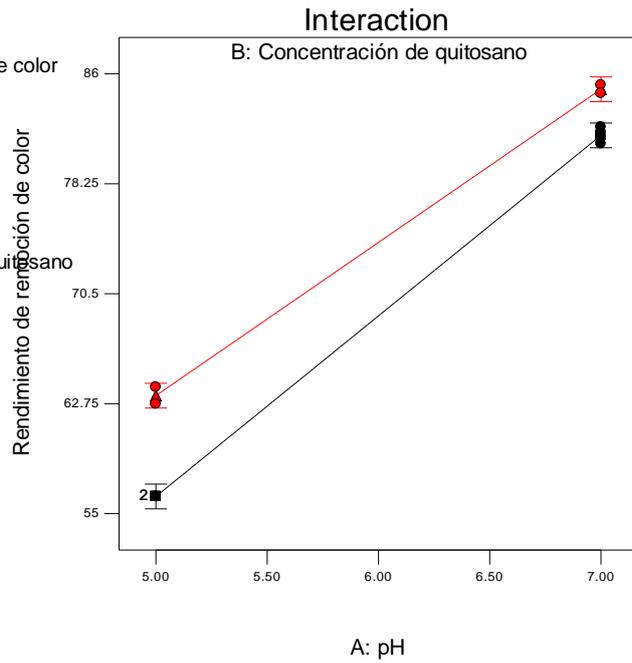


Figura 7.

Efecto la interacción pH – Concentración de quitosano (ml) en el rendimiento de remoción de color (%)

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

El proceso químico de obtención de quitina es bien conocido e implica el tratamiento de los residuos de langostino con ácido y álcali. En estos pasos se puede recuperar otros productos importantes, tales como el carbonato de calcio, proteínas y pigmentos forman parte de la constitución de la cáscara de los langostinos. De acuerdo con la literatura los langostinos tienen un promedio de 10% a 20% de quitina (Weska et al., 2005) y el tratamiento pueden recuperar más del 90% del polímero.

El método utilizado para la obtención de quitosano se utiliza industrialmente, donde la desacetilación de la quitina en solución acuosa se hace con hidróxido de sodio. Es de destacar que la metodología de desacetilación debe ser llevada a cabo bajo condiciones controladas con el fin de garantizar un producto con características deseables.

Entre los factores que pueden comprometer el tipo de quitosano son: a) temperatura y tiempo de reacción; b) la concentración de la solución alcalina y la adición de un diluyente (alcoholes y cetonas de cadena corta, por ejemplo); c) razón quitina / alcalino; d) tamaño de las partículas de quitina; e) la atmósfera de reacción f) la presencia de agentes que previenen la despolimerización (GOOSEN, 1997; NO, H, Meyers, S. 1997). Según Rodríguez (2003), el método más comúnmente GOOSEN, 1997 se emplea la preparación que implica la desacetilación de la quitina quitosano con NaOH 40% a 120 ° C durante aproximadamente 3 horas. Para producir 1 kg de quitosano con un grado de desacetilación del 70% se necesitan HCl (37%) 6,3 kg, 1,8 kg de NaOH y sobre 1.400 L de agua.

Se menciona que un aumento en la dosificación del coagulante, genera resultados positivos en la capacidad de remoción de los contaminantes; lo cual ha quedado corroborado con los resultados obtenidos en la presente investigación. (Orozco W, et al. 1979)

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Con el método químico empleado para la extracción de quitosano se concluye que aumentando la temperatura el rendimiento de quitosano disminuye.
- El rendimiento máximo de quitosano se obtiene a temperatura de 75 °C y una relación quitina/NaOH de 1:05.
- La máxima remoción de color del agua residual se obtuvo para un volumen de quitosano de 60 ml (1g de quitosano/100ml solución) y un pH de 7.
- Los ensayos de coagulación demostraron que el aumento en el pH de floculación influye positivamente en el rendimiento de remoción de color de aguas residuales.

6.2. Recomendaciones

- Evaluar otro método para la desacetilación de la quitina como es el método enzimático.
- Evaluar el proceso de floculación con quitosano con otros tipos de aguas residuales como la industria de harina de pescado o la de curtiembre.
- Promover nuevas investigaciones aplicando entorno quitosano por la abundancia de materia prima para su producción.

REFERENCIAS:

- Andia, Y. (2000). *Tratamiento de agua coagulación y floculación*. Disponible en: <http://www.frm.utn.edu.ar/archivos/civil/Sanitaria/Coagulaci%C3%B3n%20y%20Floculaci%C3%B3n%20del%20Agua%20Potable.pdf>
- Araya, A. (2010). *Influencia de Algunos Ácidos Orgánicos Sobre las Propiedades Físico Químicas de Películas de Quitosano Obtenidas a Partir de Desechos de Cangrejo*. Ecuador. Pontifica Universidad católica de ecuador. Disponible en: <http://learningobjects2006.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/47>
- Bocanegra, C. & de la Roca, V. (2015). *Curtiembres procesan 20 toneladas de cuero al mes con insumos tóxicos*. [Diario virtual]. Disponible en: <http://www.larepublica.pe/06-04-2015/curtiembres-procesan-20-toneladas-de-cuero-al-mes-con-insumos-toxicos>
- Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Agua (CIDTA). (2015). *Mapa de calidad de las aguas residuales de la provincia de Salamanca*. Disponible en: <http://www.dicyt.com/noticias/mapa-de-calidad-de-las-aguas-residuales-de-la-provincia-de-salamanca>.
- Córdova, H.; Vargas, R.; cesare, M.; Flores, L. & Visitación, L. (2014). *Tratamiento de las aguas residuales del proceso de curtido tradicional y alternativo que utiliza acomplejantes de cromo*. Rev. Soc. Quím. Perú vol.80 no.3 Lima jul./set. 2014. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2014000300005&lang=pt
- Cota, Y. (2015). *Obtienen bioproductos a partir de la cáscara de langosta roja*. Investigadores de la UABCS trabajan en la transformación de los residuos. México. [Boletín de prensa]. La paz. Disponible en: <http://peninsulardigital.com/bcs-2/obtienen-bioproductos-partir-de-la-cascara-de-langosta-roja/165156>
- Diario Correo (2014). *Tumbes en primer lugar de exportación de langostinos*. Disponible en: <http://diariocorreo.pe/ciudad/Tumbes-en-primer-lugar-de-exportacion-de-lan-42535/>,
- Diario el Correo (2013). *Industrias arrojan aguas residuales al mar de Grau*. [Diario virtual]. Disponible en: <http://diariocorreo.pe/ciudad/industrias-arrojan-aguas>

residuales-al-mar-d-87870/

- Duran, M. (2014). *Química verde en acción*. Disponible en: <http://www.vanguardia.com.mx/quimicaverdeenaccion-2066299.html>
- FAO (2008). *Perfil del mercado y competitividad exportadora del langostino*. Disponible en: http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_peru/es
- Garcés, M. (2013). *Inmovilización enzimática de lipasa mediante el agente quitosano obtenido del exoesqueleto de cangrejo Cancer setosus*. [Tesis de pregrado]. Repositorio Virtual de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Gomez, L. (2010) *Buenas prácticas y gestión de aguas vertidos y suelos, en la ejecución de una obra*. Disponible en: http://www.csi-csif.es/andalucia/modules/mod_ense/revista/pdf/Numero_27/OLGA_M_GOMEZ_1.pdf
- Goosen, M. F. A. (1997). *Applications of Chitin and Chitosan*, Technomic Publishing Company, Pennsylvania, U.S.A., 336p,
- Lalaleo, L. (2010). *La obtención de quitosano se la realizó a partir de caparazones de camarón (Penaeus vannamei) procedentes de marisquerías y centros de acopio de la ciudad de Ambato*. Universidad Técnica de Ambato. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/1093>
- Lárez, C. (2006). *Quitina y quitosano: materiales del pasado para el presente y el futuro*. Disponible en: <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/18309>
- Loayza, R. (2015). *“La Perla del Pacífico” convertido hoy en una cloaca*. [Diario Virtual]. Disponible en: <http://www.larepublica.pe/20-03-2015/la-perla-del-pacifico-convertido-hoy-en-una-cloaca>
- Lobo, C. (2014). *Tratamiento biológico de aguas residuales industriales*. [TESIS DOCTORAL]. Universidad nacional de la Plata. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10915/35493>.
- Madrigal, S. (2013). *Transforman los desechos de camarón en un producto con diversas aplicaciones*. Disponible en: http://noticiasdelaciencia.com/not/6767/transforman_los_desechos_de_camaro_n_en_un_producto_con_diversas_aplicaciones/
- Marín, S. (2012) *Movimiento browniano*. Disponible en: <https://jorshua.files.wordpress.com/2012/06/movimiento-browniano.pdf>
- Marmol, Z.; Roncón, M.; Araujo, K., Aiello, C.; Chandler, C. & Gutiérrez, E. (2011). *Quitina y quitosano polímeros amigables. Una revisión de sus aplicaciones*

- Mero, F. (2010). *Análisis de parámetros físicos y químicos en la maduración en cautiverio de camarones*. Disponible en: repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/26000/1034/1/T-ULEAM-06-0031
- MINCETUR (2005). *Perfil del Mercado y Competitividad exportadora del Langostino*. Disponible en: <http://www.mincetur.gob.pe/comercio/otros/penx/pdfs/Langostino.pdf>
- Moore, G. K.; Roberts, G. A. F. (1980) Determination of degree of N-acetylation of chitosan International Journal Biology Macromolecules, v. 2, p. 115- 116.
- Mora, j.; Chavez, L.; Araya, M. & starbird, R. (2011). *Elaboración de membranas de quitosano para la eliminación de metales pesados de aguas industriales*. Costa Rica. Centro de investigación en protección Ambiental (CIPA). Disponible en: http://tecdigital.tec.ac.cr/servicios/ojs/index.php/investiga_tec/article/viewFile/778/699
- Morey, A. & Quinde, A. (2012). *Obtención de quitosano y su aplicación en recubrimientos comestibles en mezclas con almidón*. Universidad de Guayaquil.
- Motito, J.; Rosseaux, O. & Toro, D. (2014) *Estudio de las aguas industriales y residuales en la UEB Central Azucarero "Paquito Rosales"*. RTQ vol.34 no.3 Santiago de Cuba sep.-dic. 2014. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852014000300001&lang=pt
- Navarro, A.; Manrique, A.; Iparraguirre, Diaz, C.; Jacinto, C.; Cuizano, N. & Llanos, B. (2010) *Síntesis y caracterización de quitosano cuaternario nativo y reticulado en polvo para su aplicación en la adsorción de aniones metálicos*. Rev. Soc. Quím. Perú v.76 n.4 Lima oct./dic. 2010. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2010000400002&lang=pt
- Neyra, A. (2015). *Conminan a empresarios a no contaminar la bahía de Paita*. [Diario Virtual]. Disponible en: <http://www.larepublica.pe/13-04-2015/conminan-a-empresarios-a-no-contaminar-la-bahia-de-paita>
- Nieto, C. & Orellana, V. (2011). *Aplicación del quitosano como promotor de floculación para disminuir la carga contaminante*. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1510/16/UPS-CT002068.pdf>
- No, H. K.; Meyers, S. P. (1997) Preparation of Chitin and Chitosan. In: Chitin

- Handbook, R. A. A. MUZZARELLI ; M. G. PETERS (eds.), European Chitin Society, p.475..
- Orozco, W. & Maldonado, L. (1979). *Ayudantes de Floculación*, Universidad de Cuenca, Cuenca.
- Pájaro, Y & Díaz, F. (2012). *Remoción de cromo hexavalente de aguas contaminadas usando quitosano obtenido de exoesqueleto de camarón*. Rev. Colomb. Quim. vol.41 no.2 Bogotá May/Aug. 2012. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28042012000200008
- Pérez, A.; Niell, S.; Collazo, M.; Besil, N. & Cesio, V. (2012). *Evaluación preliminar de la ocurrencia de contaminantes emergentes en aguas residuales de Montevideo, Uruguay*. [Conferencia]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10915/26665>.
- Rodrigues, C. A. (2003) .Aproveitamento da casca do camarão: Quitina e polímeros derivados. I Workshop Brasileiro em Aproveitamento de. Sub-Produtos do Pescado. Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI,
- Rodríguez, S.; Fernández, M. Bermúdez, R & Morris, H. (2003). *Tratamiento de efluentes industriales coloreados con Pleurotus spp*. Rev. Ibroam Micol 2003.; 20: 164 – 168.
- Ruiz, R. (2015). *Piura: proponen a industriales una planta común para aguas residuales*. [Diario Virtual]. Disponible en: http://www.rpp.com.pe/2015-02-20-piura-proponen-a-industriales-una-planta-comun-para-aguas-residuales-noticia_771309.html
- Salazar, M. & Valderrama, A. (2013). *Preparación y caracterización de pelúlas de quitosano despolimerizado y reticulado con tripolifosfato de sodio*. Rev. Soc. Química Perú. 79(3) 2013.
- Spinelli, M. (2008) *Efluentes*. Disponible en: <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/Efluentes.htm>
- Universidad Autónoma Metropolitana. (2011). *Producción de quitina y quitosano. Nuevo proceso biotecnológico para la obtención de quitina y quitosano*.
- Wais, I. (2010). *Planta de tratamiento*. Disponible en: <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/PlantadeTrat.htm>
- Weska, R. F.; Moura, J. M.; Rizzi, J.; Pinto, L. A. A. (2005) Obtenção de quitosana a partir de resíduos da indústria pesqueira, VI Congresso Brasileiro de

- Majeti, N.V., Kumar, R. (2000). A review of chitin and chitosan applications. *Reactive and Functional Polymers*, 46(1):1-27.
- Chenite, A., Chaput, C., Wang, D., Combes, C., Buschmann, M. D., Hoemann, C. D., Leroux, J. C., Atkinson, B., Binette, F., Selmani, A. (2000). Novel injectable neutral solutions of chitosan form biodegradable gels in situ. *Biomaterials*, 21(21), 2155-2161.
- Lloyd, L. (1998). Carbohydrate polymers as wound management aids. *Carbohydrate Polymers*, 37(3), 315-322.
- Majeti, N.V., Kumar, R. (2000). A review of chitin and chitosan applications. *Reactive and Functional Polymers*, 46(1):1-27.
- Berger, J., Reist, M., Mayer, J. M., Felt, O., Peppas, N. A., & Gurny, R. (2004). Structure and interactions in covalently and ionically crosslinked chitosan hydrogels for biomedical applications. *European journal of pharmaceutics and biopharmaceutics official journal of Arbeitsgemeinschaft fur Pharmazeutische Verfahrenstechnik eV*, 57(1), 19-34.
- Chatelet, C., Damour, O., & Domard, A. (2001). Influence of the degree of acetylation on some biological properties of chitosan films. *Biomaterials*, 22(3), 261-268.
- Salazar, M; Valderrama, A. (2013). Preparación y caracterización de películas de quitosano despolimerizado y reticulado con tripolifosfato de sodio. *Rev. Soc. Quím. Perú*, Lima, v. 79, n. 3, jul. . Disponible en <http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2013000300002&lng=es&nrm=iso>. accedido en 31 oct. 2016.
- Lárez, C.; (2006). Quitina y quitosano: materiales del pasado para el presente y el futuro. *Avances en Química*, . 15-21.
- Remedios, A; García, E; Linares, A. (2013). Evaluación de floculantes en pulpas de carbonato de níquel del proceso CARON. *Tecnología Química*, 33(1), 41-45. Recuperado en 31 de octubre de 2016, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852013000100005&lng=es&tlng=es.

**ANEXO 01
PROCESO DE EXTRACCIÓN DE QUITOSANO**

MATERIA PRIMA



SECADO



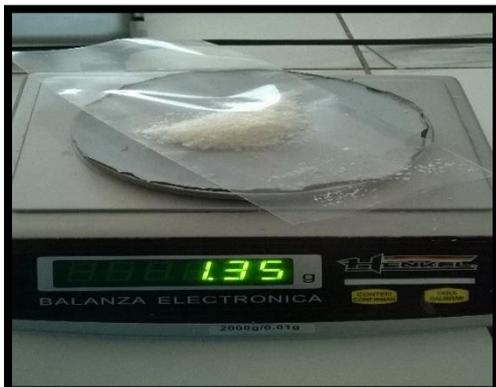
MOLIENDA



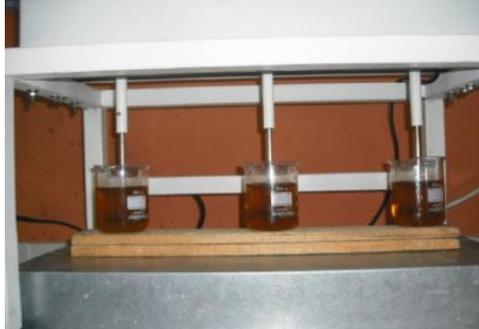
EXTRACCIÓN DE QUITOSANO



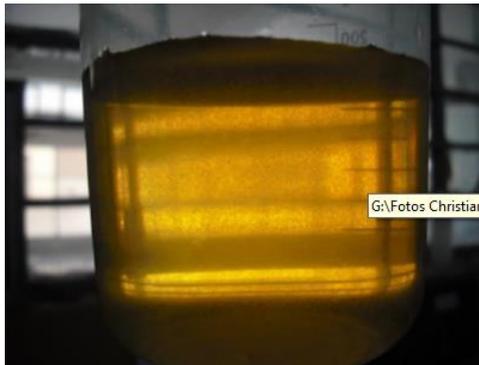
MUESTRA DE QUITOSANO OBTENIDOS



ANEXO 02
PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL



Técnica de prueba de jarras realizado a las muestras de agua residual junto con el coagulante



Floculos en suspensión formados por acción coagulante del quitosano



Filtración de las muestras para eliminar los floculos formados luego de la prueba de jarras,

ANEXO 03
RESULTADOS OBTENIDOS DESPUÉS DEL TRATAMIENTO DE AGUA
RESIDUAL

Std	Corrida	pH	Concentración de quitosano (ml)	Muestra Inicial (Absorbancia) A_i	Lectura de Absorbancia después del tratamiento (Absorbancia) A_f	Variación de absorbancia ($A_i - A_f$)	Rendimiento de remoción de color (%) ($(A_i - A_f) / A_i$)
1	3	5	30	0.169	0.074	0.095	56.21301775
2	6	7	30	0.169	0.03	0.139	82.24852071
3	1	5	60	0.169	0.061	0.108	63.90532544
4	4	7	30	0.169	0.032	0.137	81.06508876
5	5	5	60	0.169	0.063	0.106	62.72189349
6	2	5	30	0.169	0.074	0.095	56.21301775
7	7	7	60	0.169	0.025	0.144	85.20710059
8	8	7	60	0.169	0.026	0.143	84.61538462