

**Uso del quitosano obtenido a partir de quitina de *Hermetia illucens* Linnaeus.
(INSECTA:DIPTERA) para el tratamiento de aguas naturales sintéticas.**

Nicolás Augusto Londoño Morales
Diana Alejandra Mancipe Gómez

Directores:
Sebastian Isaac Pacheco
Giovanny Blandón

Autoría propia articulado a semilleros de investigación: GEECO - TASA

Universidad Católica de Manizales.

Manizales, 2021.

Índice	
Resumen.	3
Introducción.	3
Marco Teórico.	4
Mosca soldado negra (<i>Hermetia illucens</i>).	4
Usos de la mosca soldado negra.	5
Quitina.	6
Qitosano.	6
Usos del qitosano.	7
Qitosano como coagulante.	8
Características del qitosano como coagulante.	8
Antecedentes.	9
Pregunta de Investigación.	11
Objetivos.	11
Objetivo general.	11
Objetivos específicos.	11
Metodología.	11
Materiales y Métodos.	11
Métodos de extracción.	11
Obtención de quitina.	12
Recolección del material.	12
Preparación del material.	12
Desmineralización.	12
Desproteínización	12
Blanqueamiento.	13
Obtención de qitosano.	13
Desacetilación.	13
Evaluación del producto obtenido.	13
Evaluación del qitosano.	13
Prueba de Jarras.	14
Resultados.	14
Extracción.	14
Recolección y lavado de material.	14
Desmineralización:	15
Desproteínización:	15
Blanqueamiento.	15
Desacetilación.	15

Prueba potenciométrica de quitosano.	16
Prueba de Jarras.	18
Conclusiones.	19
Observaciones.	19
Cronograma.	21
Bibliografía	22
Anexos.	25
Lista de Imágenes	
Imagen 1. Mosca Soldado Negra	4
Imagen 2. Ciclo de vida de la Mosca Soldado Negra	5
Imagen 3. Estructura de la Quitina	6
Imagen 4. Estructura del quitosano	7
Lista de Gráficos	
Gráfico 1. Diagrama de flujo del proceso de extracción	15
Gráfico 2. Curva de titulación prueba potenciométrica del quitosano	15
Gráfico 3. Puntos de Inflexión	16

Resumen.

El quitosano ha sido estudiado como un coagulante natural alternativo a los coagulantes convencionales que dejan trazas metálicas en el agua que puede llegar a causar diversas enfermedades en el ser humano, este quitosano se obtiene al someter quitina a un proceso de desacetilación en el cual se busca cambiar la estructura principal dejando los grupos amino libres. El quitosano ha sido obtenido de diferentes especies, principalmente de crustáceos por su alto contenido de quitina y algunos insectos de la especie coleoptera, en este estudio la extracción y transformación se realizó a partir de una especie de díptero (*Hermetia illucens*), el cual puede brindar un servicio ambiental al consumir grandes cantidades de materia orgánica.

Se recolectaron los individuos de esta especie de díptero en la pulpa de café de una finca cafetera ubicada en Chinchiná, Caldas, Colombia, el material fue preparado y se sometió al proceso de extracción obteniendo quitosano con un rendimiento del 1,7% y con un grado de desacetilación del 88%, posteriormente con este quitosano se realizó una prueba de jarras para determinar su eficiencia como coagulante obteniendo una remoción del 84,78% con una dosis de 30 mg/L.

Introducción.

Los tratamientos de agua actuales se caracterizan por el uso de coagulantes inorgánicos, los cuales se distinguen por su alta efectividad a la hora de retirar turbidez pero también por dejar trazas en el agua que, al ser consumidas, pueden llegar a causar diversas enfermedades en el ser humano como por ejemplo alzheimer y cáncer de útero por la aplicación de sulfato de aluminio. Es por esto que se hace esencial buscar coagulantes alternativos orgánicos que no causen problemas adversos al ser humano.

El quitosano es un biopolímero obtenido a través de un tratamiento de desacetilación a la quitina (La cual es el segundo polisacárido más abundante en la tierra), este biopolímero tiene múltiples aplicaciones en diferentes industrias debido a la presencia de un grupo amino libre en su estructura que le brinda un especial interés a sus características, entre sus usos está el recubrimiento de medicamentos, producción de gasas, fertilizante, tratamiento de aguas, entre otros.

El quitosano ha demostrado ser un coagulante con una efectividad igual o mejor al sulfato de aluminio en la capacidad de retirar turbidez y color a las aguas tratadas, de no dejar trazas metálicas en las mismas y reducir la toxicidad de los lodos que se generan en el proceso además de ser orgánico y de fácil biodegradabilidad.

La mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) es un díptero que emplea el mimetismo para sobrevivir, imitando la apariencia y comportamiento de las avispas pero con la gran diferencia de no poseer aguijón, esta mosca en su etapa larval consume la materia orgánica

que tiene disponible en su medio de manera que en su etapa adulta no consume ningún alimento. Se ha demostrado que esta mosca, en sus diferentes etapas de vida, posee un porcentaje de quitina.

El objetivo de esta investigación es analizar la efectividad del quitosano obtenido a partir de la quitina de la mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) como coagulante en aguas naturales sintéticas.

Marco Teórico.

Mosca soldado negra (*Hermetia illucens*).

La mosca soldado negra o *Hermetia illucens* es una especie de díptero cosmopolita, encontrado principalmente en climas templados y con abundancia de materia orgánica en descomposición, esta mosca normalmente es confundida con diferentes especies de avispas debido a que esta emplea la técnica del mimetismo con el fin de defenderse de sus posibles depredadores. Esta mosca se diferencia de las avispas principalmente por la cantidad de alas (Las avispas poseen 4, mientras que la mosca soldado negra posee 2) y por la presencia de aguijón (La avispa posee mientras que la mosca soldado negra no), en el resto de sus características (colores, sonido de aleteo y tamaño) son muy similares.



Imagen 1. Mosca Soldado Negra. Fuente: Javier Torrent.

Su ciclo de vida es de aproximadamente 6 semanas en condiciones propicias para su crecimiento, este ciclo comienza con la hembra adulta depositando entre 500 y 900 huevos dentro de masas de materia orgánica en descomposición los cuales eclosionan en aproximadamente 4 días, después entran en su etapa larval en la cual se alimentara de toda la materia orgánica posible y disponible en el medio, permanecen entre 13 y 18 días y será el único momento en el que se alimentara durante todo su ciclo de vida, después comenzará su etapa pre-pupal, en donde la larva comienza a formar la pupa o capullo para protegerse durante su metamorfosis a adulto, para este proceso se dirigirá a una zona más

seca y con vegetación, al llegar allí comenzará su etapa de pupa, en la cual inicia su metamorfosis que dura desde 10 días hasta incluso algunos meses para finalmente comenzar su etapa de adulto en la cual buscará únicamente reproducirse y comenzar el ciclo nuevamente, esta última tiene una duración de 5 a 8 días.



Imagen 2. Ciclo de vida de la Mosca Soldado Negra. **Fuente:** Vida Orgánica.

Esta mosca no es considerada una plaga debido a la gran cantidad de usos que posee dentro de diversos procesos productivos debido a su funcionalidad como especie consumidora de materia orgánica en descomposición.

Usos de la mosca soldado negra.

Esta mosca ha sido empleada en diversos contextos como se muestra a continuación:

- **Cenicafé:** En esta empresa se ha investigado y evaluado el potencial de esta mosca para la transformación de la pulpa de café y su desarrollo bajo condiciones controladas, obteniendo así el ciclo de vida completo de la mosca desarrollada en este medio. Todo esto con el fin de soportar futuras tecnologías que permitan la cría de esta mosca para alimento de diferentes animales y el uso de subproductos en fertilización de cultivos.
- **Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá:** En esta universidad la mosca se ha empleado en un programa alianza con el gobierno nacional llamado "Insectos para la paz", el cual tomó personas desmovilizadas de las F.A.R.C en Espacios territoriales de capacitación y reincorporación (ECTR) de la Institución Antonio Nariño ubicado en el Tolima, con el fin de reinsertarse a la sociedad brindándoles el

trabajo de criar a la Mosca Soldado Negra a manera de alimento alternativo para la industria piscícola.

- **Reducción de materia orgánica:** Las larvas de esta mosca son empleadas ampliamente alrededor del mundo como reductoras de materia orgánica en descomposición debido que se alimenta únicamente en esta etapa y consumirá toda la materia orgánica que tenga disponible. Un ejemplo de esto es su uso en la reducción de materia orgánica en el excremento de gansos en Carolina del Norte, Estados Unidos.

Quitina.

La quitina (β -(1,4)-2-acetamido-2-deoxi-D-glucosa) es un polímero, polisacárido estructural, parecido a la celulosa pero con diferencias en su composición en el grupo hidroxilo. Esta es blanca, dura, inelástica e insoluble en agua, es considerada una fuente de contaminación superficial en las áreas costeras debido a la presencia de la misma en los exoesqueletos de crustáceos como camarones, langostas, entre otros y debido a su abundancia alrededor del planeta, siendo superada únicamente por la celulosa.

La quitina tiene potencial biotecnológico debido a ser una sustancia no alergénica y biodegradable por lo que se ha empleado como fibras en la fabricación de tejidos y suturas quirúrgicas, ha funcionado como sustituto de embalajes plásticos y utilizada como aditivo en algunos alimentos con el fin de reducir la ingesta de calorías, este polímero puede ser extraído de diversas fuentes empleando técnicas de transformación y eliminación química. (Larez, 2006)

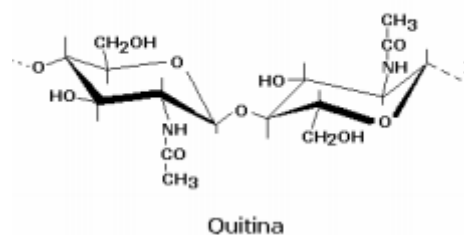


Imagen 3. Estructura de la quitina. Fuente: Larez, 2006

Quitosano.

El quitosano es un biopolímero obtenido a partir de la transformación de la quitina a través de un proceso químico llamado N-desacetilación. Es una amina primaria con monómero 2-amino-2-deoxi- β -D-glucosa, posee un comportamiento marcadamente básico por su grupo amino libre en su estructura, esta característica le proporciona un gran interés industrial, siendo utilizado en diferentes campos como la medicina, el tratamiento de aguas residuales, industria cosmética, entre otros y esto le brinda a este un gran valor comercial.

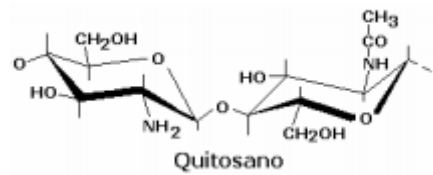


Imagen 4. Estructura del quitosano Fuente: Larez, 2006

Se ha demostrado que este polímero presenta características de ser biodegradable, biológicamente renovable, biocompatible, no-tóxico y biofuncional (Malafaya et al, 2007)

Usos del quitosano.

El quitosano se emplea en diferentes campos:

- **Medicina:** Se ha empleado en la fabricación de gasas y algodón, como contenedor de sangre, para controlar colesterol, en la inhibición de tumores y placa dental, para la cicatrización de heridas, como piel artificial, como tratamiento para enfermedades óseas, en la fabricación de lentes de contacto, para membranas de diálisis y como anticoagulante. También se utiliza como tratamiento de las osteoartritis, como acelerador en el saneamiento de heridas y en la producción de cremas bactericidas para el tratamiento de quemaduras. Además se han adelantado estudios para su uso como hidrogel para la liberación inteligente de fármacos.
- **Implantes ortopédicos:** Se ha evaluado su uso en el recubrimiento de metales empleados para implantes ortopédicos para evitar su degradación y corrosión cuando son empleados en implantes óseos.
- **Cosmético:** Se ha empleado en la fabricación de cápsulas para adelgazar, como aditivo bactericida en jabones, shampoos, cremas de afeitar, pasta dental y como agente hidratante para la piel.
- **Agricultura:** Se ha empleado como recubrimiento de semillas para su conservación en el almacenamiento, como sistemas liberadores de fertilizantes y como fungicidas y bactericidas para la protección de plántulas.
- **Tratamiento de aguas:** Se ha empleado como coagulante y floculante, absorbe proteínas, compuestos orgánicos y metales pesados y ha sido usado como removedor de colorantes.
- **Alimentos:** Se emplea como agente espesante en algunos alimentos para consumo humano, como estabilizante, espumante, ligante, emulsificante, quelante y humectante. Se emplea para la fabricación y texturización de proteínas solubles y como coadyuvante en la extensión de vida de encurtidos.
- **Plásticos:** Se emplea como material de empaque biodegradable.
- **Biosensores:** Se ha aplicado principalmente como soporte para la inmovilización de enzimas sensibles a sustratos específicos, utilizado como: Sensor para glucosa en sangre humana, sensor para detección de fenoles en aguas residuales y sensores basados en inmovilización de nanopartículas.

Quitosano como coagulante.

El quitosano posee la capacidad de coagular sustancias coloidales debido a la presencia de grupos amino dentro de su estructura. Además tiene la capacidad de aumentar la acción de coagulantes inorgánicos convencionales.

Se ha empleado como tratamiento de aguas residuales de alta turbidez y alcalinidad funcionando como floculante para la remoción de partículas coloidales sólidas y aceites, y para la captura de metales pesados y pesticidas en soluciones acuosas (Larez, 2006), también ha sido utilizado en aguas residuales industriales provenientes de la industria avícola, láctea, de alimentos y cárnica.

Se probó su efectividad en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la producción del petróleo, para la cual se demostró obtener una alta efectividad a la hora de remover turbidez, color, demanda química de oxígeno (DQO) e hidrocarburos, así mismo se probó en el tratamiento de aguas provenientes de la industria avícola demostrando resultados similares a los reportados en aguas de producción de petróleo.

Características del quitosano como coagulante.

El quitosano funciona como coagulante efectivo en rangos superiores a los 5.25 pH, su dosis óptima es de aproximadamente 36 mg/L, posee la capacidad de remover metales pesados, remueve entre el 70 y 90% de turbidez dependiendo de la pureza y grado de desacetilación del quitosano, disminuye el color aparente, puede remover entre el 60 y 70% de hidrocarburos presentes en el agua y dependiendo del tipo de agua residual tiene la capacidad de remover entre el 55 y 70% de DBO.

Su efecto de coagulación se da gracias a su alta densidad de cargas catiónicas, largas cadenas poliméricas, puentes agregados, su capacidad de precipitación y su capacidad de quelación, a pesar de esto posee una serie de desventajas como su rango de pH, al adicionar demasiado puede generar un desequilibrio coloidal y algunos aspectos como la fuente de origen del quitosano, su heterogeneidad, su grado de desacetilación pueden causar cambios en las condiciones fisicoquímicas del agua a tratar (Ramirez & Giraldo, S.F)

La solubilidad del quitosano es un parámetro de difícil control que puede afectar el proceso de remoción de impurezas del agua. Es insoluble en agua, por esto debe ser preparado en ácidos orgánicos como ácido acético, ácido fórmico y en la gran mayoría de ácidos inorgánicos, en estos medios se protonan los grupos amino libres del quitosano convirtiéndolo en un polímero catiónico soluble con alta densidad de carga, esto facilita las interacciones electrostáticas entre las cadenas del polímero y diversos contaminantes de carga negativa como los aniones metálicos, colorantes y algunos compuestos orgánicos (Ramirez & Giraldo, S.F)

Antecedentes.

Investigadores de La Habana presentaron la optimización del proceso de obtención de quitosano, derivada de quitina de langosta (*Panulirus Argus*), por desacetilación termoalcalina heterogénea, aplicando un diseño experimental factorial. Se elaboraron tres lotes a escala piloto e industrial, demostrando la factibilidad y consistencia del proceso tecnológico. La calidad del material obtenido fue evaluada utilizando las técnicas de espectroscopía infrarroja, difracción de rayos-X, análisis térmico diferencial, microscopía electrónica de barrido, absorción atómica y valoración potenciométrica. Se comprobó que el biopolímero obtenido cumple con los requerimientos como excipiente farmacéutico. (De la Paz et al, 2013)

El quitosano ha atraído una atención considerable en materia de investigación para la aplicación como recubrimiento en imágenes de resonancia magnética (MRI), ya que el quitosano es un polisacárido lineal natural y tiene amplios grupos funcionales reactivos que pueden servir como agentes de imagen para los nuevos nanomateriales como las del óxido de hierro debido a sus propiedades intrínsecas superparamagnéticas y biodegradables, las propiedades de los recubrimientos superficiales, entre los cuales se destaca el quitosano el cual se deriva de conchas de crustáceos principalmente, debido a los atributos del quitosano se está volviendo más deseable debido a sus atributos para aplicaciones de imágenes y tratamientos del cáncer. (Arami et al, 2011)

En otra investigación, se elaboran películas de quitosano, el cual este se obtiene de los desechos de una industria cangrejera, el quitosano debe pasar por varios pasos como los son; la desproteínización de las conchas, la desmineralización, la despigmentación o decoloración, la desacetilación de la quitina, y posteriormente la purificación del quitosano, después de estos pasos se obtuvo un papel de quitosano en un espectro correspondiente a los grupos amino y acetamido. (Chavéz et al, 2012)

Se investiga la síntesis de nanopartículas de quitosano, para el encapsulamiento de colorantes naturales alimentarios, farmacéuticos y cosméticos, esto se debe a la inestabilidad que presentan estos, frente a factores externos como temperatura, pH y luz. En este proyecto se sintetizó quitosano a partir de quitina del exoesqueleto de camarón y se compararon los métodos de adsorción e incorporación, utilizando los tipos de quitosano (extraído y comercial), para determinar la eficiencia de la encapsulación del colorante. (Suárez et al, 2019)

El propósito del estudio fue evaluar la actividad antibacteriana in vitro de las nanopartículas de quitosano y las nanopartículas cargadas de cobre contra diversos microorganismos, estas partículas de quitosano se prepararon en base a la gelificación iónica del mismo con aniones tripolifosfato. Los iones de cobre fueron adsorbidos en las nanopartículas de quitosano principalmente por resinas de intercambio iónico para formar nanopartículas cargadas de cobre. Los resultados obtenidos muestran que las nanopartículas de quitosano y las nanopartículas cargadas de cobre podrían inhibir el crecimiento de varias bacterias probadas. (Qi et al, 2004)

En este trabajo, se usó el quitosano como bio macromolécula con actividad antibacteriana contra un amplio espectro de bacterias, usando aceites esenciales de cal y tomillo se encapsularon en nanopartículas de quitosano, por el método de nanoprecipitación, la cual fue exitosa, como resultado obtuvieron que la actividad antibacteriana de las nanopartículas de quitosano y las de quitosano añadidas con aceite esencial de tomillo, ambos presentaron un efecto inhibitor significativo sobre el crecimiento de *pectobacterium carotovorum*. (Sotelo B et al, 2015)

Se realizó la extracción de quitina a partir del micelio de *Aspergillus niger*, el polímero se caracterizó mediante espectroscopia de infrarrojo, resonancia magnética nuclear y análisis elemental. El quitosano obtenido se empleó para evaluar la coagulación y floculación de materia orgánica de muestras de agua del Río Melendez, con buenos resultados como ayudante de floculación del coagulante primario de manera considerable. (Balanta, et al 2010)

Se evaluó la eficiencia del quitosano como coagulante en el tratamiento de aguas asociadas a la producción de petróleo mediano (APPM). En donde se realizaron pruebas a escala de laboratorio de coagulación, floculación y sedimentación con tiempos de 1 minuto (Mezcla rápida), 20 minutos (Mezcla lenta) y 30 minutos de sedimentación. Encontrando que el quitosano fue eficiente para la remoción de hidrocarburos, presentándose como una alternativa para remover los mismos de las APPM. (Rodriguez, et al. 2012)

Investigadores chinos evaluaron la eficiencia del quitosano obtenido a partir de pupas de moscas domésticas en la inhibición de 6 tipos de bacterias, donde se demostró su efectividad antibacterial en rangos de pH bajos. El quitosano logra atravesar las paredes celulares y de esta manera afectar la bacteria. (Jing et al, 2006)

Se obtuvo quitosano a partir de pupas y cuerpos de abejas melíferas, además del quitosano se obtuvo una serie de proteínas a partir de los líquidos obtenidos en el proceso de extracción, obteniendo así unos compuestos en base de melanina con el fin de reducir los gastos de la extracción de quitosano a gran escala. (Nemtsev et al, 2003)

En Venezuela se investigó el uso del quitosano obtenido de una especie de camarón para el tratamiento de agua para el consumo humano en aguas de baja turbidez obteniendo que el quitosano requiere de dosis más bajas que el sulfato de aluminio para tratar el agua con una efectividad de remoción del 98 y 99% obteniendo valores de alcalinidad y color aceptables según la normativa venezolana. (Fuentes, 2008)

Se extrajo quitina a partir de diferentes individuos de las especies coleoptera y orthoptera donde se obtuvieron porcentajes de extracción de 9 a 12%. Se realizaron diversas pruebas para analizar la pureza y presencia de la quitina y análisis de la viabilidad de estas especies como una fuente alternativa. (Kabalak, 2020)

Problema.

En los tratamientos de aguas residuales convencionales se emplean sales inorgánicas como coagulantes debido a la alta eficiencia dentro de este proceso y el bajo costo que estas representan. Estas sales dejan en el agua trazas metálicas las cuales pueden llegar a causar diversas enfermedades a quienes la consuman, por ejemplo, el sulfato de aluminio, el cual es uno de los coagulantes más empleados, al consumir sus trazas puede causar alzheimer, cancer de utero y problemas renales.

Pregunta de Investigación.

¿Qué eficiencia presentará el quitosano obtenido a partir de la mosca soldado negra (*H. illucens*) como coagulante alternativo para tratar aguas naturales sintéticas?

Objetivos.

Objetivo general.

Tratar aguas naturales sintéticas utilizando quitosano obtenido a partir de quitina de la especie de mosca *Hermetia illucens*.

Objetivos específicos.

1. Llevar a cabo una revisión del estado del arte de la extracción de quitina a partir de las especies de mosca *Hermetia illucens* y del uso del quitosano en el tratamiento fisicoquímico de aguas residuales.
2. Desarrollar un método de extracción y transformación de quitina a quitosano de la especie de mosca *Hermetia illucens* a escala de laboratorio.
3. Ejecutar un modelo de tratabilidad del quitosano en una matriz de agua residual sintética por medio de prueba de jarras.

Metodología.

Para desarrollar este proyecto, se definió una metodología de 3 fases:

- Realizar una búsqueda bibliográfica de la extracción de quitina empleando operadores booleanos en diferentes bases de datos científicos.
- Obtener la mosca a través de diferentes métodos como la donación o recolección de individuos en campo y a partir de estos realizar el proceso de extracción de quitina y posterior transformación en quitosano.
- Realizar pruebas de jarras con muestras de agua natural sintética empleando el quitosano obtenido.

Materiales y Métodos.

Métodos de extracción.

Se realizó la búsqueda de diferentes métodos de extracción de quitina y transformación de quitosano a partir de diversas especies de insectos y crustáceos en bases de datos científicas como SciELO, Science Direct y Google Scholar (Anexo 1.) a partir de las cuales se pudo observar que el proceso de extracción posee normalmente 4 etapas: Desmineralización, Desproteínización, Blanqueamiento y Desacetilación.

Para desarrollar este método se realizaron diversas pruebas de extracción a partir de diferentes especies de coleópteros con el fin de sentar bases de la realización del proceso, analizar particularidades y probar diferentes aspectos de los métodos analizados para hallar el que mejor se ajuste a las condiciones de laboratorio de la Universidad Católica de Manizales.

Obtención de quitina.

Recolección del material.

Las pupas e individuos de la mosca fueron recolectados en campo en una finca cafetera ubicada en la vía Marsella-Chinchiná cercana a la fundación Manuel Mejía. Las larvas e individuos estaban ubicados dentro de la pulpa del café que allí recolectan, mientras que las pupas estaban ubicadas alrededor de esta pulpa.

Preparación del material.

El material obtenido fue cortado y lavado tenazmente con agua destilada hasta que esta saliera del proceso clara y con un pH neutro, esto con el fin de retirar restos de pulpa de café y materiales que pudieran afectar a los procesos siguientes. Posteriormente el material se ubicó en una bandeja de esmalte y fue sometido a secado en una incubadora a 70°C por aproximadamente 16 horas. Pasado este tiempo el material se sometió a molienda para reducir el tamaño de partícula.

Desmineralización.

El proceso de desmineralización se realizó añadiendo la muestra en una solución de HCl con una concentración de 2N empleando una relación de 1:10 sólido:líquido a temperatura ambiente por 2 horas con agitación constante empleando para esto una placa de calentamiento magnética de la marca "Nuova Stir Plate", posteriormente se realiza lavado con agua destilada a 60°C, hasta que esta salga clara y el pH sea neutro y después se secó en una incubadora a 40 °C por aproximadamente 16 horas.

Desproteínización

Este procedimiento se realizó sometiendo la muestra a calentamiento a una temperatura de 95 °C por 2 horas en una solución de NaOH al 4.5%, en una relación de 1:10 sólido:líquido, con agitación constante para reducir las burbujas que se producen, para esto se empleó un balón aforado de 1L y una placa de calentamiento magnético “Nuova Stir Plate”, posteriormente se realizó lavado con agua destilada a 60°C hasta que el agua salga clara y el pH sea neutro, finalmente se sometió a secado en incubadora.

Blanqueamiento.

El blanqueamiento fue realizado empleando blanqueador comercial sin fragancia (NaClO) con una concentración de 5.25% con agitación constante durante 1 hora a temperatura ambiente, posteriormente se realizó lavado y secado.

Obtención de quitosano.

Desacetilación.

El proceso de desacetilación se realizó empleando NaOH comercial (Soda Cáustica) en una solución al 50% a 100°C durante una hora con una relación de sólido:líquido de 1:10 , el producto fue aislado y se repite el proceso un total de 3 veces para después realizar lavado con abundante agua destilada hasta alcanzar pH neutro y agua clara, posteriormente se realizó lavado y secado en incubadora.

Este proceso se realizó de manera heterogénea, por este motivo se repitió varias veces por cortos periodos de tiempo buscando atacar las cadenas que reducían su longitud a causa de la temperatura. Este proceso también puede ser realizado de manera homogénea sometiendo a la quitina a suspensión en la solución alcalina en un ambiente frío y refrigerado o a temperatura ambiente, en ambos casos durante largos periodos de tiempo.

Evaluación del producto obtenido.

Evaluación del quitosano.

Para rectificar que el producto final obtenido después del proceso de extracción sea quitosano se empleó el método de valoración potenciométrica definido por Boussignac (1968), en el cual se toma un peso determinado de la muestra de quitosano obtenida y se disuelve en 25 mL de HCl al 0,3 M, posteriormente se realiza el proceso de titulación empleando NaOH al 0,1 M, esta titulación se realiza anotando los valores de pH obtenidos cada 0,5 mL de solución agregada. La adición de esta base debe realizarse de forma lenta y con agitación constante para evitar que el quitosano se precipite y afecte el proceso.

A través de este método se evalúa el porcentaje de desacetilación del producto, el cual se basa en la presencia de grupos amino (NH₂) libres, para esto se emplea la fórmula

$$\%NH_2 = \frac{16.1(Y-X)}{w} * F$$

Donde %NH₂ es el porcentaje de grupos amino desacetilizados, 16.1 es un factor asociado al tipo de proteína, X es el punto de inflexión menor, Y es el punto de inflexión mayor, w es el peso de la muestra utilizado en gramos y F es la molaridad de la solución de NaOH.

Para obtener los puntos de inflexión se requiere realizar la gráfica de pH vs Volumen y a está calcular la primera derivada con el fin de observar con mayor claridad estos puntos necesarios para verificar los resultados.

Después de aplicar la fórmula correspondiente se analizan según el porcentaje de desacetilación obtenido, en donde: De 0 a 50% se obtuvo Quitina y resultados mayores a 50% (>50%) es Quitosano.

Prueba de Jarras.

Para realizar la prueba de Jarras con el material obtenido se propone emplear la metodología empleada por Caldera (2014), dentro de la cual se emplean aguas naturales sintéticas, estas fueron preparadas empleando arcilla y agua tomada directamente del grifo mezcladas hasta alcanzar una turbidez de 200 NTU, para lo cual emplearon 26 g de arcilla y se le adiciono agua hasta completar 100 mL.

Para preparar el coagulante se emplean 600 mg de Quitosano y se disolvieron en 100 mL de ácido acético obteniendo el coagulante a una concentración de 0,6% m/v como solución madre a partir de la cual se obtienen las concentraciones de 12, 15, 18, 21 y 24 mg/L.

En la prueba de jarras se llenan los vasos de precipitado a 1 L, tomando uno de los vasos como control, posteriormente se agrega el coagulante en diferentes dosis a cada uno de los vasos y se realizó la mezcla rápida a 100 rpm durante 1 minuto, luego se realizó la mezcla lenta a 30 rpm durante 20 minutos para finalizar con 30 minutos de sedimentación.

Cabe resaltar que la dosis óptima de quitosano depende del tipo de agua a tratar, por ejemplo para aguas contaminadas con hidrocarburos se requirió una dosis de aproximadamente 36 mg/L, mientras que para aguas de alta turbidez se requirió una dosis de 24 mg/L y para aguas provenientes de la producción de petróleo se empleó una dosis más alta de 48 mg/L

Resultados y discusión.

Extracción de quitina

Los procesos realizados en el laboratorio arrojaron los siguientes resultados:

Recolección y lavado de material.

Después de la recolección de los individuos, estos fueron lavados hasta eliminar todos los residuos de la pulpa del café empleando para esto agua destilada, posteriormente se realizó secado en incubadora a 70°C por 16 horas para después realizar la molienda de los individuos, empleando el molino facilitado por CALER, hasta un tamaño de partícula aceptable de algunos milímetros. Después de recuperar el material del molino se pesó, obteniendo 23,41 g de polvo de Mosca Soldado Negra.

Desmineralización:

Tomando el peso obtenido en el proceso anterior y siguiendo las indicaciones de relación Sólido:Líquido, se emplearon 240 mL de solución al 2N de HCl, a esta se le agregó la totalidad del polvo de Mosca, y se sometió a agitación constante durante 2 horas. Al finalizar se realizó lavado empleando abundante agua destilada a 60°C hasta pH neutro, se filtró empleando filtros de café marca "Stilocafe #8", posteriormente se recuperó el material y se sometió a secado a 40°C por 24h. Después del secado se pesó la muestra obteniendo 11,44 g.

Desproteínización:

Siguiendo la relación Sólido:Líquido, se emplearon 120 mL de NaOH al 4,5%, se mezcló con la muestra y se sometió a calentamiento a 95°C por 2 horas con agitación constante. Durante este proceso se debe realizar en momentos determinados agitación de todo el contenedor con el fin de romper las burbujas que se generan dado que estas comienzan a subir hasta el punto de rebosar el contenedor con partículas de la muestra. Pasado el tiempo establecido se realiza lavado con agua destilada a 60°C para eliminar las proteínas restantes y obtener pH neutro, se recuperó el material empleando filtros de café y se sometió a secado a 40°C por 24h, después se peso obteniendo en total 2,26 g de muestra.

Blanqueamiento.

Los 2,26 g de muestra fueron sometidos a blanqueamiento con el fin de eliminar los pigmentos y lípidos restantes, para lo cual se empleó NaClO al 5,25% (Blanqueador comercial sin fragancia) con agitación durante 1 hora a temperatura ambiente, se lavó con agua destilada a 60°C hasta alcanzar pH neutro y el agua saliera completamente clara, se secó durante 24h a 40°C. Después de secar se pesó obteniendo 1,15 g de, teóricamente, quitina.

Desacetilación.

Se tomaron los 1,15 g de muestra de quitina y se sometieron al proceso de desacetilación empleando NaOH al 50% usando un poco más de volumen de la relación establecida anteriormente (1:10), un total de 75 mL con el fin de poder realizar correctamente la agitación. Se sometió a temperaturas de 100°C durante 1 hora de las cuales se empleó media hora de agitación y media hora sin agitación, esto con el fin de asegurar que el proceso se llevará a cabo con más uniformidad. Después de esto el producto se aisló por medio de filtración y se repite el proceso de desacetilación 2 veces más.

Después de realizar este proceso un total de 3 veces se realiza la técnica de lavado con agua destilada a 60°C, este procedimiento debe ser realizado con cuidado debido a la violenta reacción del NaOH caliente al entrar en contacto con el agua. Se realiza el lavado hasta alcanzar el pH neutro y finalmente se somete a secado durante 3 días a 40 °C. Después de secado se pesa obteniendo 0,4 g de quitosano.

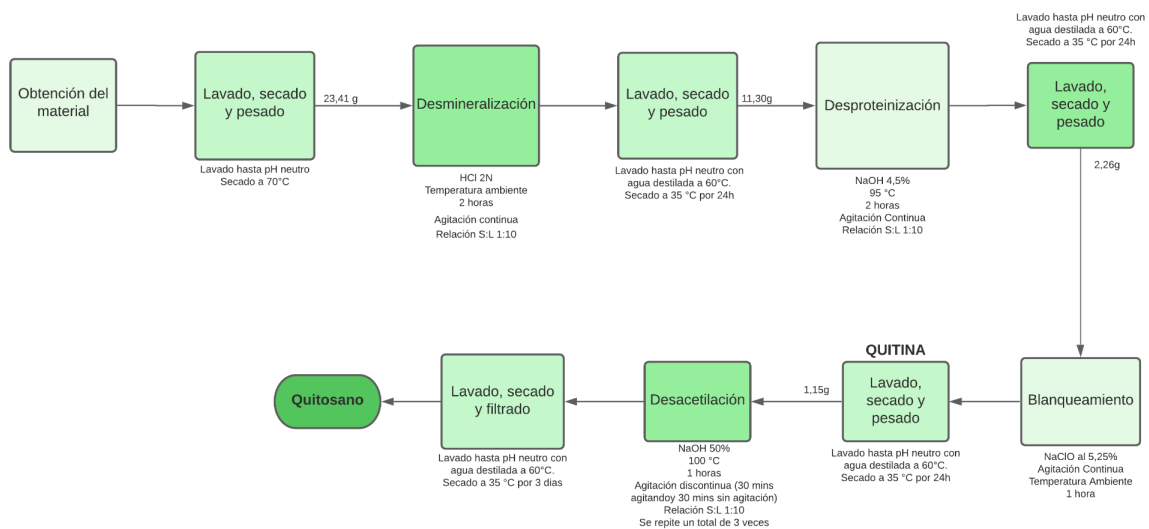


Gráfico 1. Diagrama de flujo del proceso de extracción.

Prueba potenciométrica de quitosano.

Se realizó la prueba de Boussignac empleando 0,1 g de muestra disuelto en 25 mL de HCl a una concentración de 0,3M, se realizó la titulación empleando NaOH 0,1M añadiendo lentamente y midiendo pH constantemente tomando datos cada 0,5 mL de NaOH usado, dando como resultado la siguiente gráfica de pH vs Volumen de NaOH usado:

Curva de titulación

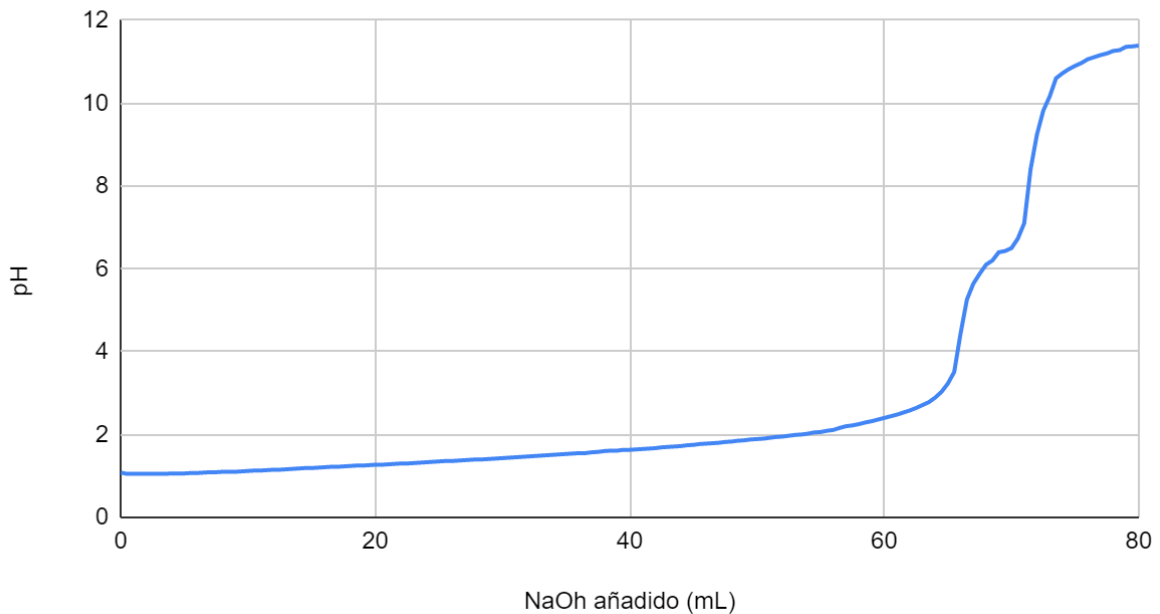


Gráfico 2. Curva de titulación prueba potenciométrica del quitosano.

Para hallar los puntos de inflexión de manera más fácil se realiza el gráfico de $\Delta\text{pH}/\Delta\text{V}$ vs el volumen de NaOH añadido, adquiriendo así los valores de los puntos de inflexión. Para hallar los valores de $\Delta\text{pH}/\Delta\text{V}$ es necesario calcular la primera derivada del pH y del volumen de NaOH añadido y dividir los resultados de cada punto.

Puntos de Inflexión

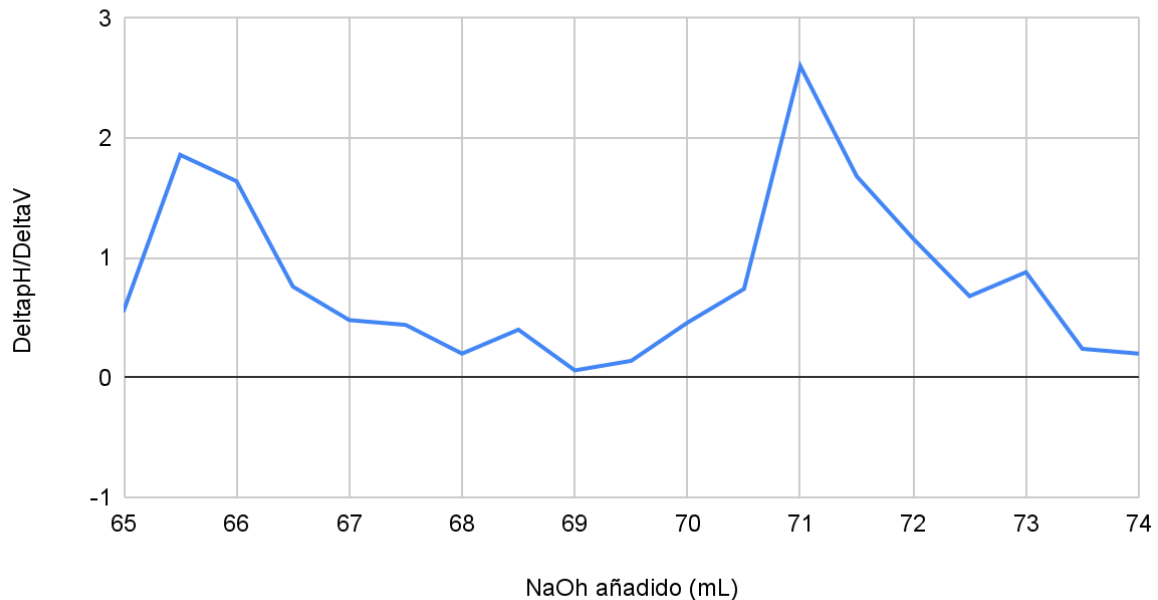


Gráfico 3. Puntos de inflexión.

Podemos observar en la *Gráfica 3.* que los puntos de inflexión son 65.5 y 71, siendo el menor y el mayor respectivamente, estos valores se emplean en la ecuación de Boussignac de la siguiente manera:

$$\%NH_2 = \frac{16.1(71-65,5)}{0,1} * 0,1 = 88,55\%$$

Este valor es superior al 50%, lo cual nos demuestra que se obtuvo quitosano con un porcentaje de desacetilación del 88,55%

Nota: Los datos de pH obtenidos según el volumen de NaOH añadido, las derivadas de estos y las gráficas se encuentran disponibles en el *Anexo 2.*

Prueba de Jarras.

La prueba de jarras se realizó empleando agua sintética natural, la cual se preparó empleando 50 g de arcilla en 4L, a esta agua se le realizó mediciones iniciales obteniendo la tabla 1.

Muestra	pH	Turbiedad	Conductividad
Agua Natural Sintética	7.03	200 NTU	115,4 μ S/cm

Tabla 1. Propiedades del agua natural sintética

La solución madre se realizó modificando la metodología propuesta respetando las proporciones con el fin de obtener la solución madre a la misma concentración, por lo cual se utilizaron 180 mg de quitosano en 30 mL de ácido acético (vinagre), obteniendo la solución a una concentración de 0,6% m/v, a partir de esta obtuvieron concentraciones de 24 mg/L, 30 mg/L y 36 mg/L y empleando las velocidades de mezcla rápida, mezcla lenta y sedimentación propuestas por Caldera (2014).

Después de realizar este procedimiento se obtuvieron muestras con las siguientes propiedades:

Concentración	Turbidez	pH	Conductividad
Blanco	57.99 NTU	6.91	111,8 μ S/cm
24 mg/L	46.85 NTU	4.42	137,3 μ S/cm
30 mg/L	30.44 NTU	5.33	136,5 μ S/cm
36 mg/L	35.79 NTU	4.81	143,5 μ S/cm

Tabla 2. Propiedades después de la prueba de jarras

Podemos observar que la dosis óptima fue empleando los 30 mg/L obteniendo la mayor remoción de turbidez, en los 3 casos en los que se aplicó coagulante se aumentó la conductividad levemente y el pH también disminuyó debido al uso de ácido acético concentrado al 5%.

Con la dosis óptima se presenta una remoción de turbidez del 84,78%, mientras que con las dosis de 24 mg/L y 36 mg/L se observa una remoción del 76,57% y del 82,1% respectivamente. En la muestra control se observó después del proceso realizado una disminución de turbidez del 71%

Conclusiones.

Se lograron obtener biopolímeros de quitosano con características y comportamientos similares a los reportados en la literatura consultada.

La prueba potenciométrica de Boussignac demostró la existencia de grupos desacetilados en la estructura del polímero obteniendo un porcentaje de desacetilación del 88,55%, este porcentaje supera los rangos establecidos en la literatura, los cuales indican que al obtener una muestra con un grado de desacetilación mayor al 50% demuestra la presencia de grupos amino lo que explica la obtención del quitosano y, además, se obtiene un porcentaje de desacetilación similar al reportado en los biopolímeros de quitosano comerciales.

El proceso de extracción de quitosano a partir de la mosca tuvo un rendimiento del 1,7% (Peso inicial= 23,41 g, Peso final= 0,4g)

Al obtener quitosano se realizó la prueba de jarras con el mismo, obteniendo una remoción del 84,78% con una dosis de coagulante de quitosano de 30 mg/L, en esta misma dosis hubo cambios en la conductividad y pH obteniendo al final una conductividad de 136,5 μ S/cm y un pH de 5.33, la conductividad aumentó y el pH disminuyó.

Recomendaciones.

El proceso de extracción puede presentar mejoras empleando pequeños cambios en la metodología, especialmente en el proceso de filtrado, lavado y recuperado de material, como por ejemplo, aplicar procesos de centrifugado en el recuperado de material antes de la filtración con el fin de eliminar los excesos de agua, así mismo la recuperación del material en el filtro puede ser más efectiva aplicando un lavado con agua destilada al mismo.

Durante el proceso de extracción se evidenció que cuando la muestra se sometía a los protocolos de lavado existían pérdidas de la muestra debido al tamaño de partícula de la misma, a causa de la dificultad de recuperación del material en los filtros empleados.

Algunas de las dificultades más frecuentes presentadas fue el estado de los diferentes equipos usados puesto que en su mayoría se encontraban descalibrados y/o en mal estado, ejemplos de esto fueron las placas de calentamiento en las cuales la temperatura y velocidad de agitación no podían ser regulados, la falla en el funcionamiento de una segunda placa de calentamiento obtenida, los pHmetros presentaban algunos errores debido a su calibración y los problemas de calibración en los equipos de prueba de jarras en los tiempos y velocidades de mezcla.

Se presentaron algunas limitantes a la hora de seleccionar metodologías de extracción debido a la falta de equipos para este tipo de investigación como lo son liofilizadores, espectrómetro de rayos X, instrumentos de análisis elemental y microscopios electrónicos de barrido, con los cuales se pudieron haber aplicado métodos más especializados y se pudo haber realizado una identificación más profunda del quitosano.

Cronograma.

Actividades	Cronograma de actividades									
	Meses									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Objetivo 1.	■	■	■	■	■					
Objetivo 2.						■	■	■		
Objetivo 3.								■	■	■
Informe Final.									■	■

Bibliografía

- Arami. H., Stephen. Z.R., Veiseh. O & Zhang. M. (2011). Chitosan-Coated iron oxide nanoparticles for molecular imaging and drug delivery. *Chitosan for Biomaterials*. 143. 163-184. ISBN: 978-3-642-23114-8. Recuperado de: https://doi.org/10.1007/12_2011_121
- Balanta. D ,Grande. C & Zuluaga F. (2010) . Extracción, identificación y caracterización de quitosano del micelio de *Aspergillus Niger* y sus aplicaciones como material bioadsorbente en el tratamiento de aguas. Universidad del Valle, Cali. Recuperado de :[EXTRACCIÓN, IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE QUITOSANO DEL MICELIO DE ASPERGILLUS NIGER Y SUS APLICACIONES COMO MATERIAL B \(wordpress.com\)](#)
- Barragán Fonseca, K.B. (2018). Uso de la mosca soldado negra como alimento alternativo en peces para reducir costos y mejorar la calidad de vida de excombatientes en proceso de reincorporación de la región de Icononzo-Tolima. Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de:[Insectos por la paz: Extensión Universidad Nacional de Colombia \(unal.edu.co\)](#)
- Cabarca Lourdes, M., Marimón Bolivar, W & Miranda Marzola, M. (2011). Diseño de un proceso económico y competitivo para la extracción de quitina y producción a partir de exoesqueletos de camarón. Universidad de Cartagena. Recuperado de: [TRABAJO FINAL.pdf \(unicartagena.edu.co\)](#)
- Caldera. Y., Clavel. N., Briceño. D., Nava. A., Gutierrez. E & Mármol, Z. (2009). Quitosano como coagulante durante el tratamiento de aguas de producción de petróleo. *Boletín del centro de investigaciones biológicas*. 43(4). 541-555. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Edixon-Gutierrez/publication/339659426_QUITOSANO_COMO_COAGULANTE_DURANTE_EL_TRATAMIENTO_DE_AGUAS_DE_PRODUCION_DE_PETROLEO/links/5e5e7a714585152ce8021b64/QUITOSANO-COMO-COAGULANTE-DURANTE-EL-TRATAMIENTO-DE-AGUAS-DE-PRODUCCION-DE-PETROLEO.pdf
- Caldera. Y., Fuentes. L & Sanchez, M. (2015). Quitosano: Un coagulante natural alternativo para el tratamiento de aguas de alta turbidez. *RedieLuz*. 5(1) pp 184-189. Recuperado de: [REDIELUZ-5\(1y2\)completa-PARTE-II.vp:CorelVentura 7.0 \(researchgate.net\)](#)
- Chavéz H.A, Colina M, Valbuena A.C, López .A (2012). Obtención y caracterización de películas de quitosano elaborado a partir de los desechos de la industria cangrejera. *Revista Iberoamericana de Polímeros*. Vol 13. Departamento de Química. Universidad del Zulia Maracaibo. Recuperado de: [Obtención y caracterización de películas de quitosano elaborado a partir de los desechos de la industria cangrejera - Dialnet \(unirioja.es\)](#)
- De la paz, N., Pérez, D., Fernández, M., López, O.D., Nogueira, A., Rapado Paneque, M., Altanés Valentin, S & García, C.M. (2013). Evaluación viscosimétrica del quitosano derivado de la quitina de la langosta. *Revista Iberoamericana de Polímero*. Vol 14(2). Recuperado de: [OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE](#)

[QUITOSANO CUBANO DERIVADO DE LA QUITINA DE LANGOSTA \(wordpress.com\)](#)

- Diclaro II, J.W & Kaufman, P.E. (2009). Black Soldier Fly *Hermetia illucens* Linnaeus (Insecta:Diptera:Stratiomyidae). *Ifas Extension*. Universidad de Florida. Recuperado de: [pdf\IN\IN830\IN830-Dtvpixxu0h.pdf \(ufl.edu\)](#)
- Dima J.B., Sequeiro, C & Zairtzky N.E. (2013). Optimización de la obtención de quitosano de crustaceos patagonicos (Puerto Madryn, Chubut): Desarrollo de microparticulas y evaluación de actividad bactericida en patógenos de usual frecuencia en maricultura. *AAIQ Asociación Argentina de Ingenieros Quimicos - CSPQ*. Recuperado de: [J.B Dima Trabajo Completo CAIQ2013 \(aaig.org.ar\)](#)
- Escobar Sierra, D., Ossa Orozco, C., Quintana Rodríguez, M., & Ospina Villa, W. (2013). Optimización de un protocolo de extracción de quitina y quitosano desde caparazones de crustáceos. *Scientia Et Technica*, 18(1), 260-266. Recuperado de: <https://doi.org/10.22517/23447214.7555>
- Escorcía D., Hernández, D., Sánchez, M & Benavente, M. (2009). Diseño y montaje de una planta piloto para la extracción de quitina y proteínas. *Nexo*. Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional de Ingeniería. 22(2). 45-55. Recuperado de: [Diseño y montaje de una planta piloto para la extracción de quitina y proteínas | Nexo Revista Científica \(lamjol.info\)](#)
- Fuentes , L., Contreras, W., Perozo, R., Mendoza, I & Villegas, Z. (2008). Uso del quitosano obtenido de *ninaeus schmitti* (Decapoda, Penaeidae) en el tratamiento de agua para consumo humano. *Multiciencias*. Vol 8. pp 281-287. Universidad del Zulia. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/904/90411691041.pdf>
- Giraldo, J.D. (2015). Propiedades, Obtención, Caracterización y aplicaciones del quitosano. Universidad Austral de Chile. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Juan-Giraldo-Pedraza-2/publication/277302110_PROPIEDADES_OBTENCION_CARACTERIZACION_Y_APLICACIONES_DEL_QUITOSANO/links/55660fd208aecd777359e7f/PROPIEDADES-OBTENCION-CARACTERIZACION-Y-APLICACIONES-DEL-QUITOSANO.pdf
- Hernández Cocoltzi, H., Águila Almanza, E., Flores Agustin, O., Viveros Nava, E.L., & Ramos Cassellis, E.. (2009). Obtención y caracterización de quitosano a partir de exoesqueletos de camarón. *Superficies y vacío*, 22(3), 57-60. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-35212009000300012&lng=es&tlng=es
- Jing, Y.J., Hao. Y.J., Qu, H., Shan, Y., Li, S & Du, Q.R. (2006). Studies on the antibacterial activities and mechanism of chitosan obtained from cuticles of housefly larvae. *Acta Biologica Hungarica*. 58 (1) pp 75-81. Recuperado de: <10.1556/ABiol.57.2007.1.7>
- Kabalak. M., Aracagok. D & Torun. M. (2019). Extraction, characterization and comparison of chitins from large bodied four Coleoptera and Orthoptera species. *International Journal of Biological Macromolecules*. 145. 402-409. ISSN: 0141-8130. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.12.194>
- Kim, M.W., Han, Y.S., Jo, Y.H., Choi, M.H., Kang, S.H., Kim, S.A & Jung, W.J. (2016) Extraction of chitin and chitosan from housefly, *Musca domestica*, pupa shells. *The*

Entomological Society of Korea and John Wiley & Sons Australia. Recuperado de:
<https://doi.org/10.1111/1748-5967.12175>

- Lárez Velásquez, C. (2006). Quitina y Quitosano: Materiales del pasado para el presente y el futuro. *Avances en química*. 1(2) 15-21. Universidad de los Andes Venezuela. Recuperado de: [\(PDF\) Quitina y quitosano: materiales del pasado para el presente y el futuro | Cristóbal Velásquez - Academia.edu](#)
- Malafaya, P.B., Silva, G.A & Reis, R.L. (2007). Natural-origin polymers as carriers and scaffolds for biomolecules and cell delivery in tissue engineering applications. *Advanced Drug Delivery Reviews*. University of Minho. Vol 59 pp 207-233. Recuperado de: [doi:10.1016/j.addr.2007.03.012 \(uminho.pt\)](https://doi.org/10.1016/j.addr.2007.03.012)
- Mármol, Z., Páez, G., Rincón, M., Araujo, K., Aiello, C., Chandler, C & Gutiérrez, E. (2011). Quitina y Quitosano polímeros amigables. Una revisión de sus aplicaciones. *Revista Tecnocientífica URU*. Universidad Rafael Urdaneta. Vol 1. pp 54-58. Recuperado de: [\(PDF\) Quitina y Quitosano, polímeros amigables. Una revisión de sus aplicaciones \(researchgate.net\)](#)
- Monter Miranda J.G., Tirado Gallego, J.M., Zamudio Flores, P.B., Rios Velasco, C., Ornelas Paz J.J., Salgado Delgado, R., Espinoza Solis, V & Hernandez Centeno ,F. (2016). Extracción y Caracterización de propiedades fisicoquímicas, morfológicas y estructurales de quitina y quitosano de *Brachystola magna* (Girard). *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. Vol 15(3) pp 749-761. Recuperado de: [View of EXTRACTION AND CHARACTERIZATION OF PHISICOCHEMICAL, MORPHOLOGICAL, AND STRUCTURAL PROPERTIES OF CHITIN AND CHITOSAN FROM Brachystola magna \(Girard\) \(rmiq.org\)](#)
- Nemtsev, S.V., Zueva, O.Y., Khismatullinm M.R., Albulov . A.I & Varlamov. V.P. (2003). Isolation of chitin and chitosan from honeybees. *Applied Biochemistry and Microbiology*. Vol 40(1) pp 39-43. Recuperado de: 10.1023/B:ABIM.0000010349.62620.49
- Newton, L., Sheppard, C., Watson, D.W & Burtle, G. (2005). Using the Black Soldier Fly, *Hermetia Illucens*, as a value-added tool for the management of Swine Manure. University of Georgia. Recuperado de: [\(PDF\) Using the Black Soldier Fly, Hermetia Illucens, as a Value-Added Tool for the Management of Swine Manure \(researchgate.net\)](#)
- No, H. K., & Meyers, S. P. (2000). *Application of Chitosan for Treatment of Wastewaters*. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 1–27. Recuperado de: 10.1007/978-1-4757-6429-1_1
- Qi. L., Xu. Z., Jiang. X., Hu. C & Zou. X. (2004). Preparation and antibacterial activity of chitosan nanoparticles. *Carbohydr Res*. 339(16). ISSN: 2693-700. Recuperado de: [10.1016/j.carres.2004.09.007](https://doi.org/10.1016/j.carres.2004.09.007)
- Ramirez Galvis, V & Giraldo Pedraza, J.D. (S.F). Quitosano en el tratamiento de aguas. Recuperado de: [Quitosano en El Tratamiento de Aguas | PDF | Biopolímero | Polímeros \(scribd.com\)](#)
- Rodríguez. Y, Oñate .H , Gutiérrez. E & Caldera . Y. (2012) Eficiencia del quitosano como coagulante en el tratamiento de aguas asociadas a la producción de petróleo mediano. Universidad Popular del Cesar. Facultad de Ingeniería y

Tecnología. Recuperado de: [Impacto7\(2\)2012completa.vp:CorelVentura 7.0 \(researchgate.net\)](#)

- Rodríguez Díaz. Y.J., De la Cruz Frías, G.A., López Mena, W.E., Ricaurte Valdés, L & Morales Guitiérrez, L. (2015). Uso de un polímero natural (quitosano) como coagulante durante el tratamiento de agua para consumo. *Ingeniare*. Vol 19. pp 25-32. Recuperado de: [Uso de un polímero natural \(quitosano\) como coagulante durante el tratamiento de agua para consumo - Dialnet \(unirioja.es\)](#)
- Sotelo Boyás. M.E., Valverde Aguilar. G., Plascencia Jatomea. M., Correa. Z.N., Jiménez Aparicio. A., Solorza Feria. J., Barrera Necha. L & Bautista Baños. S. (2015). Characterization of chitosan nanoparticles added with essential oils. In vitro effect of *pectobacterium carotovorum*. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. 14(3): 589-599. ISSN: 1665-2738. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-27382015000300003
- Suárez.M.A, & Aching B.A. (2019). Síntesis de nanopartículas de quitosano a partir de quitina del exoesqueleto de camarón para encapsulamiento de colorantes naturales. Trabajo de titulación previo a la obtención del Título químico. Carrera de Química, Quito. Universidad Central del Ecuador. Recuperado de: [Repositorio Digital: Síntesis de nanopartículas de quitosano a partir de quitina de exoesqueleto de camarón para encapsulamiento de colorantes naturales \(uce.edu.ec\)](#)

Anexos.

Anexo 1. Métodos de extracción para diferentes especies de insectos y moluscos.

Anexo 2. Curva de titulación, derivadas de la curva y gráficos.

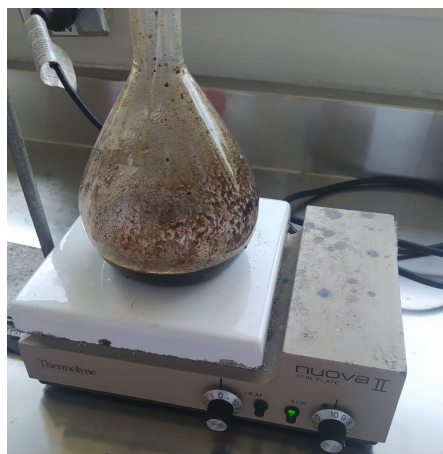
Anexo 3. Proceso de lavado de la mosca soldado negra (H. illucens) empleando agua destilada



Anexo 4. Preparación del material (Secado y Molido)



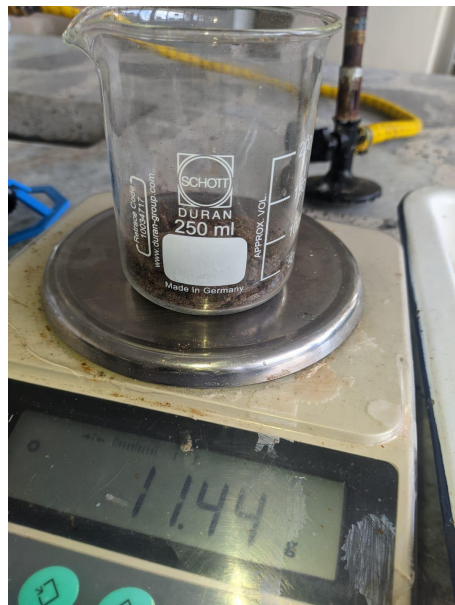
Anexo 5. Proceso de desmineralización.



Anexo 6. Proceso de desproteinización en calentamiento



Anexo 7. Material pesado después de la desmineralización



Anexo 8. Proceso de filtración después de cada proceso.



Anexo 9. Proceso de preparado de material



Anexo 10. Lugar de recolección en Chinchiná, Caldas.



Anexo 11. Pulpa de café donde se ubicaba la especie.



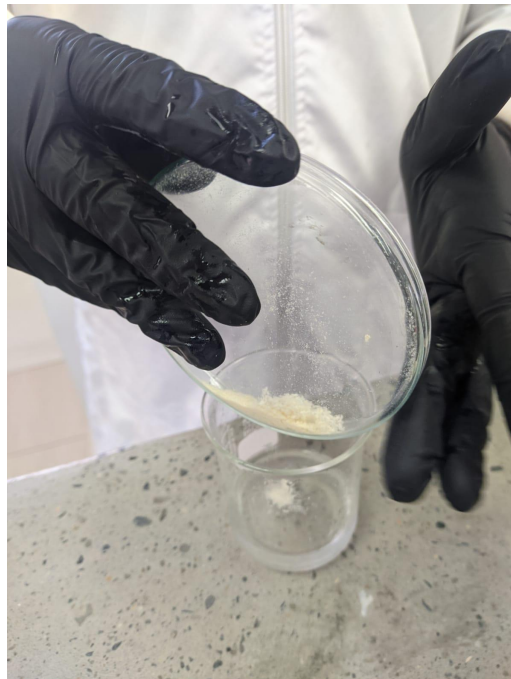
Anexo 12. Moscas y pupas recolectadas



Anexo 13. Quitosano obtenido



Anexo 14. Preparación de la solución madre de coagulante



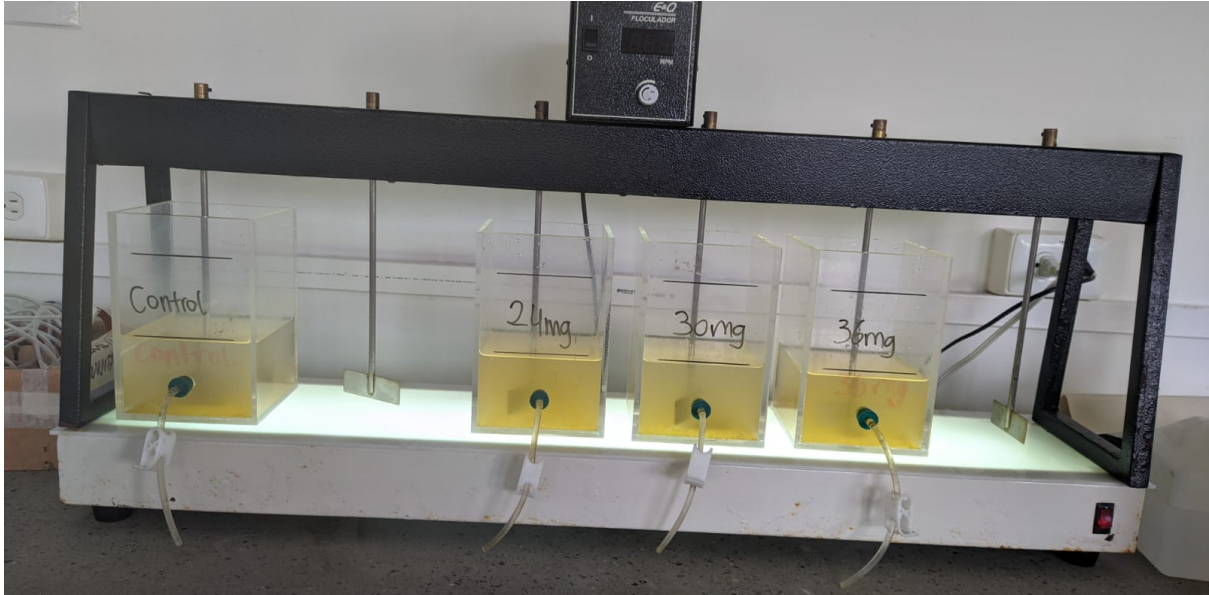
Anexo 15. Agua natural sintética preparada en el laboratorio



Anexo 16. Prueba de jarras



Anexo 17. Prueba de jarras



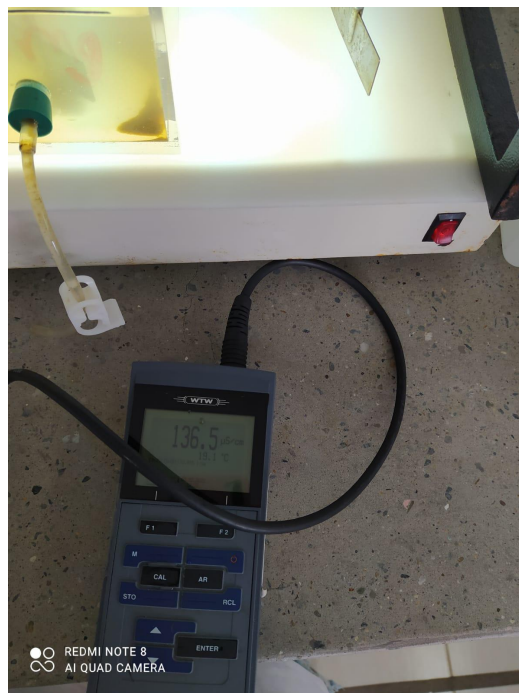
Anexo 18. Dosis de coagulante



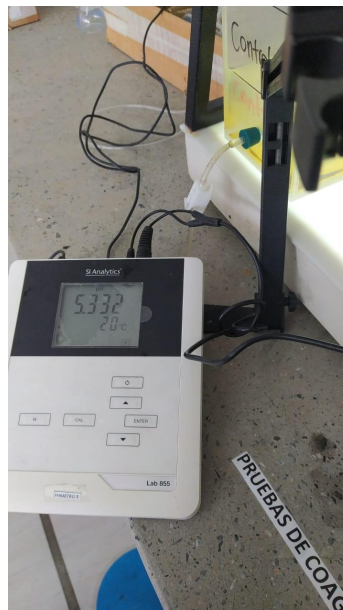
Anexo 19. Turbiedad final jarra con dosis de 30 mg/L



Anexo 20. Conductividad final jarra con dosis de 30 mg/L



Anexo 21. pH final jarra con dosis de 30 mg/L



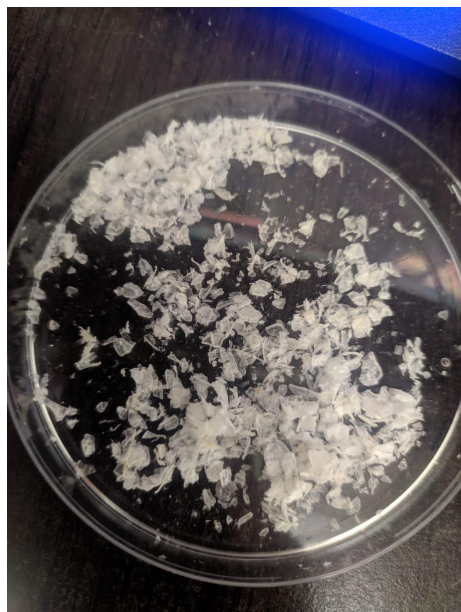
Anexo 22. Pruebas de primeras extracciones en escarabajos.



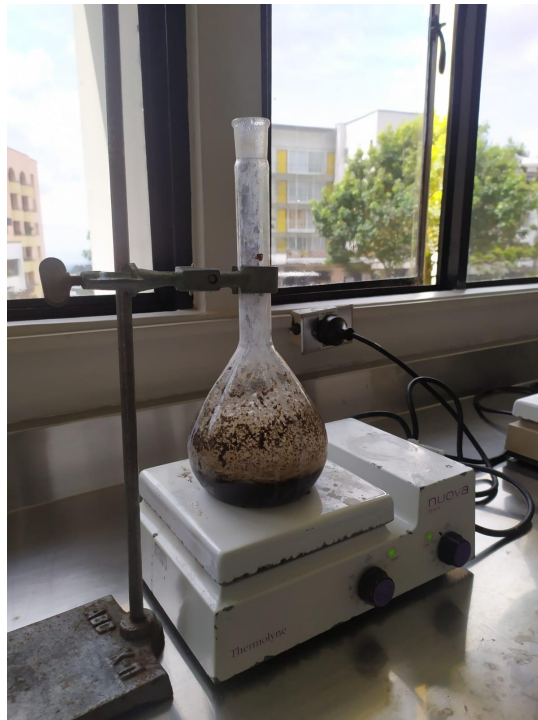
Anexo 23. Segundo montaje de prueba en escarabajos.



Anexo 24. Muestra de escarabajos después de todo el proceso. Extracción Fallida.



Anexo 26. Proceso de desmineralización con Mosca Soldado Negra.



Anexo 27. Preparación de escarabajos para extracción (Lavado).



Anexo 28. Escarabajos empleados en la extracción.



Anexo 29. Mosca soldado negra recolectada en campo.



Anexo 31. Mosca soldado negra recolectada



Anexo 32. Proceso de lavado y filtración

