

**FABRICACIÓN DE PAPEL ECOLÓGICO OBTENIDO DEL EXOESQUELETO DE
CAMARÓN (Quitosano, *Penaeus Vannamei*) PARA SU APROVECHAMIENTO EN
LA UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR-SEDE SABANAS DE
VALLEDUPAR/CESAR**



AUTORES:

ANDREA ROCIO MARQUEZ ALFARO

KEINNER JOSÉ MIRANDA CANTILLO

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR – CESAR

2023

**FABRICACIÓN DE PAPEL ECOLÓGICO OBTENIDO DEL EXOESQUELETO DE
CAMARÓN (Quitosano, *Penaeus Vannamei*) PARA SU APROVECHAMIENTO EN
LA UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR-SEDE SABANAS DE
VALLEDUPAR/CESAR**

AUTORES:

ANDREA ROCIO MARQUEZ ALFARO
KEINNER JOSÉ MIRANDA CANTILLO

DIRECTOR

KARINA PAOLA TORRES CERVERA
MSc. EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA**

VALLEDUPAR – CESAR

2023

DEDICATORIA

Dedico este espacio con gran agradecimiento a mis padres, ENRIQUE MÁRQUEZ SALGADO y MARTHA ALFARO NIÑO, que con su amor y esfuerzo lograron darme alas para volar a donde yo quisiera. A mis hermanas JOANDRIS MÁRQUEZ ALFARO y SANDRIS MÁRQUEZ ALFARO por la compañía, confianza y apoyo brindado durante esta etapa. A mi abuelita, CONSORCIA NIÑO DE ALFARO que siempre me acompañó y me impulsó en el camino para no rendirme. A mi abuelito, ANDRÉS ALFARO BAÑOS que desde pequeña vio en mí la creatividad y capacidad de ser buena en muchas cosas.

Andrea Rocío Marquez Alfaro, 2023

El presente espacio va dedicado primordialmente a Dios, ya que gracias a él he logrado concluir mi carrera, a mi madre DEISY MABEL CANTILLO MEDINA y a mi abuela MARÍA DEL CARMEN MEDINA CANTILLO que a pesar de tantos inconvenientes siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para hacer de mí una mejor persona. A mis hermanos DIEGO ANDRES MIRANDA CANTILLO y JESÚS DAVID GARCÍA CANTILLO por su compañía y a mi amiga GERALDINE NIEVES CASTRO que de una u otra manera ha contribuido para el logro de mis objetivos.

Keinner José Miranda Cantillo, 2023



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la vida por permitirme conocer, sentir, aprender y hacer lo que más me gusta sin restricciones, por ser libre.

Gracias a mis padres por el apoyo y acompañamiento brindado, por incentivar a que persiguiera mis sueños, por recordarme lo capaz y brillante que puedo llegar a ser. Gracias por estar orgullosos de mí y nunca dejar de sorprenderse con mis ocurrencias.

Agradezco a nuestra directora de proyecto Karina Torres Cervera, por confiar en nosotros y guiarnos durante todo el proceso. Que con sus palabras y correcciones precisas logró catapultarnos hasta este momento. Gracias por su cariño y disposición, lo tendré presente siempre.

A mi compañero Keinner José Miranda Cantillo, por compartir esta experiencia conmigo y ser cómplice en todos los momentos agrídulces, las risas y por su empeño.

A mis hermanas y abuelos, que cuando quise rendirme me recordaron que yo podía y vieron en mí las habilidades para lograrlo.

A mis mascotas Luhan, Tao y Venus que fueron mi soporte emocional y el motivo por el que hoy en día sigo intentándolo.

Andrea Rocío Márquez Alfaro, 2023



Agradezco a Dios por bendecirme, guiarme, por ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y debilidad.

Gracias a mi madre, por ser el principal motor de mis sueños, por su apoyo incondicional quien con su amor, paciencia y esfuerzo me ha permitido llegar a cumplir un sueño más. Que a pesar de todas las dificultades que vivimos para sacar esta carrera adelante ella siempre estuvo ahí para mí dándome su apoyo y voz de aliento para no decaer. Gracias por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me ha inculcado.

A mi abuela porque con sus consejos, oraciones y palabras de aliento que me acompañan en todos mis sueños y metas. A mis hermanos por su cariño y apoyo durante todo este proceso.

Gracias a nuestra directora de proyecto Karina Torres Cervera quien con su experiencia, conocimiento y motivación nos guió en esta investigación y formó parte de este objetivo alcanzado.

A mi compañera de fórmula Andrea Rocío Marquez Alfaro por escogerme cómo su compañía para realizar este significativo proyecto, por no dudar de mis capacidades, conocimientos, por su paciencia y por nunca decaer pese las dificultades y todos los obstáculos, y por brindarme lo más valioso para mí, su amistad.

A todas esas personas fueron de apoyo y pusieron un granito de arena para que este trabajo se realizara con éxito en especial aquellas personas que nos abrieron sus puertas y nos brindaron su conocimiento.

Keinner José Miranda Cantillo, 2023

RESUMEN

A través de esta investigación se realizó la fabricación de papel ecológico obtenido de exoesqueletos de camarón blanco (*penaeus vannamei*), teniendo como objetivo principal la producción de papel puro de quitosano, ya que este posee un enorme potencial para su producción a nivel mundial y puede ser una alternativa para la sustitución de la materia prima que se emplea para la elaboración del papel vegetal, la cual está constituida de celulosa evitando así la extracción de este material de los árboles, los cuales son esenciales para la regeneración del medio ambiente. El propósito de esta investigación fue evaluar la fabricación de papel a partir de la obtención de quitosano extraído de residuos de camarón como medida para la mitigación del impacto generado por el uso desmedido de papel, en la universidad popular del cesar sede-sabanas, teniendo en cuenta el alto volumen de residuos que se maneja dentro de la institución y también atender la necesidad de aprovechar los recursos naturales dándoles un uso distinto al que son destinados.

La metodología que se aplicó para la obtención de quitosano se divide en 3 etapas: Durante la primera etapa que comprende la caracterización de la materia prima, se determinó la calidad y proporciones de los exoesqueletos de camarón que luego fueron acondicionados para su uso experimental. Para la segunda etapa que correspondía a la determinación de la cantidad de quitosano se llevó la muestra a procesos químicos como la desmineralización, desproteínización y desacetilación, estas necesarias para la identificación y obtención de quitosano. En la tercera etapa se evaluó el quitosano como materia prima, se realizó la fabricación del papel y fue sometido a una prueba de resistencia que nos permitió conocer sus características y determinar su calidad.

Palabras clave: quitina, quitosano, papel de quitosano, exoesqueleto, desacetilación, desmineralización, desproteínización

ABSTRACT

Through this research, the manufacture of ecological paper obtained from white shrimp exoskeletons (*penaeus vannamei*) was made, with the main objective of the production of pure chitosan paper, since it has enormous potential for its production worldwide and can be an alternative for the replacement of the raw material used for the production of plant paper, which is made of cellulose, thus avoiding the extraction of this material from trees, which are essential for the regeneration of the environment. The purpose of this research was to evaluate the manufacture of paper from the obtaining of chitosan extracted from shrimp waste a measure for the mitigation of the impact generated by the excessive use of paper at the Universidad Popular del Cesar sede-Sabanas, taking into account the high volume of waste that is managed within the institution and also attend to the need to take advantage of natural resources, giving them a different use from the one they are intended for.

The methodology that was applied to obtain chitosan is divided into 3 stages: during first stage that includes the characterization of the raw material, the quality and proportions of the shrimp exoskeletons were determined, which were later conditioned for experimental use. For the second stage that corresponded to the determination of the amount of chitosan, the sample was taken to chemical processes such a demineralization, deproteinization and deacetylation, these necessary for the identification and obtaining of chitosan. In the third stage, chitosan was evaluated as a raw material, the manufacture of the paper was carried out and it was subjected to a resistance test that allowed us to know its characteristics and determine its quality.

Keywords: chitin, chitosan, chitosan paper, exoskeleton, deacetylation, demineralization, deproteinization.



TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	11
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	14
3. OBJETIVOS	15
3.1 OBJETIVO GENERAL	15
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
4. MARCO REFERENCIAL	16
4.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	16
4.2 MARCO TEÓRICO	20
4.2.1 Quitina.....	20
4.2.2 Qitosano	20
4.2.3 Estructura Química	21
4.2.4 Propiedades Del Qitosano	22
4.2.5 Métodos de Extracción de Quitina y Caracterización de Qitosano	24
4.2.6 Películas de Qitosano	26
4.2.7 Fases de Generación de los Residuos de Exoesqueleto	27
4.3 MARCO CONCEPTUAL	28
4.4 MARCO CONTEXTUAL.....	30
4.5 MARCO LEGAL	32
4.6 MARCO INSTITUCIONAL.....	36
4.6.1 Universidad Popular del Cesar.....	36
4.6.2 Misión	36
4.6.3 Visión.....	36

4.6.4	Política Ambiental en la Institución.....	36
5.	MARCO METODOLÓGICO.....	39
5.1	LÍNEA, SUBLÍNEA Y ÁREA TEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN.....	39
5.2	ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	39
5.3	ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.....	39
5.4	POBLACIÓN DE ESTUDIO.....	40
5.5	MUESTRA POBLACIONAL.....	40
5.6	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	40
5.7	DESARROLLO METODOLÓGICO.....	41
6.	RESULTADOS Y ANALISIS	44
6.1	ETAPA I. Caracterización de la materia prima	44
6.2	ETAPA II. Determinación de la cantidad óptima de quitosano.....	47
6.3	ETAPA III. Evaluar el quitosano como materia prima	51
7.	CONCLUSIONES	58
8.	RECOMENDACIONES.....	60
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	62

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Estructura química de la quitina.....	22
Figura 2: Estructura del quitosano.....	23
Figura 3: Ubicación de la Universidad Popular del Cesar.....	31
Figura 4: Camarón penaeus vannamei.....	43
Figura 5: Contenido recolectado.....	46
Figura 6: Separación manual de las partes del camarón.....	47
Figura 7: Lavado de los desechos.....	48
Figura 8: Secado, molienda y tamizado	48

Figura 9: Proceso de desmineralización	49
Figura 10: Desmineralización.....	50
Figura 11: Desproteínización.....	51
Figura 12: Desacetilación	51
Figura 13: Quitosano	52
Figura 14: Preparación de la muestra para espectrofotometría UV-VIS.....	52
Figura 15: Espectrofotometría UV-VIS	53
Figura 16: Espectro con mayor concentración obtenida	54
Figura 17: Proceso de obtención de hoja de papel a partir de quitosano.....	55
Figura 18: Hoja de papel fabricada a partir de quitosano obtenido de exoesqueletos de camarón	56
Figura 19: Cortes de papel para medir la resistencia.....	56
Figura 20: Montaje para prueba de resistencia	57
Figura 21: Grafico de dispersión por código de nivel	59
Figura 22: Diagrama del ciclo de vida útil del papel.....	61

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Parametros para la extracción de la quitina.....	27
Tabla 2: Parametros utilizados en la extracción del quitosano.....	28
Tabla 3: Bases legales.....	34
Tabla 4: Diseño experimental aleatorio.....	43
Tabla 5: Cantidades de quitosano por tratamiento.....	56
Tabla 6: Valores de fuerza expresados en Newton para cada tratamiento	58
Tabla 7: Valores de fuerza por unidad transversal	59
Tabla 8: Valores de resistencia a la tensión.....	59
Tabla 9: Resumen estadístico para las repeticiones de los tratamientos	59
Tabla 10: Anova.....	61
Tabla 11: Diferencia de medias entre tratamientos	61

INTRODUCCIÓN

En los últimos años el quitosano se ha convertido en unos de los polímeros más abundantes de la naturaleza después de la celulosa, se encuentra principalmente en el exoesqueleto de algunos crustáceos como el cangrejo, langostas, camarones, entre otros. En la actualidad los biopolímeros como el quitosano han recibido una atención como alternativa a los polímeros sintéticos con el fin de combinar la producción de productos transformados artesanal o industrialmente, con la protección del medio ambiente y el reciclado de residuos. (Coral. D., Madroñero y D., Ramírez. G., 2018.)

La elevada producción del cultivo de camarón ha dado aumento a una gran cantidad de residuos, por lo que conlleva a nuevos problemas ambientales en la que se generan enormes cantidades de exoesqueleto de camarón. Debido al aumento que ha tenido este producto de mar, lo que se busca con la elaboración de este proyecto es reducir el impacto ambiental que ocasionan estos residuos orgánicos mediante la fabricación del papel de quitosano obtenido a partir de residuos de exoesqueleto de camarón provenientes de la inadecuada disposición de los desperdicios del procesamiento pesquero.

La metodología que se aplicó para la obtención del quitosano se dividió en 3 etapas que incluyen: la caracterización de la materia prima, la desproteínización, la desmineralización y la desacetilación de la quitina, utilizando reactivos a diferentes concentraciones, temperatura y tiempos de reacción. El objetivo principal de este proyecto fue la producción de papel puro de quitosano, ya que este posee un enorme potencial para la producción a nivel mundial y puede ser una alternativa a la sustitución de la materia prima que se emplea para la elaboración del papel la cual está constituida mayoritariamente de celulosa evitando así la extracción de este material de los árboles, los cuales son esenciales para la regeneración del medio ambiente.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Universidad Popular del Cesar se encuentra ubicada al suroccidente de la ciudad de Valledupar, en departamento del Cesar, esta institución cuenta con varias instalaciones en las que día a día se desempeñan tareas que contribuyen al crecimiento laboral de los funcionarios y educativo del cuerpo estudiantil. Principalmente en el área administrativa del plantel, se realizan un sinnúmero de actividades que movilizan un alto flujo de papel a base de celulosa y que al cumplir su etapa de uso no tienen una disposición final adecuada, siendo aglomeradas y desechadas descartando la posibilidad de aprovechamiento.

Cabe resaltar que el uso de papel dentro de la Universidad Popular del Cesar, como en otras instituciones educativas permiten la producción de un gran volumen de residuos generados a partir de distintas actividades desarrolladas dentro del plantel por lo cual es importante desarrollar mecanismos que permitan la mitigación del impacto a través de alternativas que ayuden con la disminución de estos desechos y las consecuencias que traen consigo.

Distintas investigaciones han dado lugar a la presentación de alternativas para la mitigación y correcta disposición de estos residuos. Se ha propuesto utilizar las sustancias derivadas de materiales como las escamas de peces o exoesqueleto de camarones que tienen un alto valor comercial, como el quitosano, para elaborar productos que prolonguen la vida útil de estos residuos. Una de las opciones, es la fabricación de papel a partir de la obtención de quitosano.

Por consiguiente, el quitosano, al ser un biopolímero natural abundante luego de la celulosa, biodegradable y libre de toxicidad, se denomina renovable, dichas características lo convierten en un potencial componente que agrega valor a la reutilización de materias provenientes de residuos y el avance en la creación de aplicaciones para disminuir la contaminación ambiental en considerable medida.

El papel que regularmente se conoce, además de ser un material de gran utilidad y de origen natural, con características como su fácil degradación, reciclaje y reutilización que lo posicionan como uno de los productos con gran aprovechamiento también se considera uno de los componentes con mayor índice de contaminación debido a su uso desmedido y el poco

control de desgaste de su materia prima, los árboles, llegando así a una capacidad de consumo exorbitante de especies que luego no pueden sustituirse.

Atendiendo y relacionando las dos problemáticas anteriores, la atención se ha centrado en generar productos que contribuyan con la disminución de residuos producidos en ambos sectores y a su vez dar lugar a la incursión de técnicas innovadoras, como el aprovechamiento de sustancias que ya estaban presentes en gran medida dentro de la industria de consumo piscícola, transformando el uso de papel que proviene mayormente de origen vegetal, el cual tiene un uso desmedido a una de forma más amigable con el medio ambiente.

Formulación del problema:

¿Será la fabricación de papel ecológico a partir de la obtención de quitosano de exoesqueletos de camarón una alternativa viable que contribuya a la disminución de residuos de papel generados en la Universidad Popular del Cesar por parte del área administrativa?



2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Dentro de las distintas actividades económicas desarrolladas en Colombia se encuentran la pesca, práctica que permite el aprovechamiento de la variedad y riqueza en especies otorgada por los ecosistemas presentes en nuestro territorio. Para la comercialización y consumo de estos productos se llevan a cabo distintos procesos como su acondicionamiento de los que se desprenden una cantidad abundante de desechos que contribuyen a la contaminación del medio ambiente, ya que por su disposición inadecuada y descomposición producen enzimas y bacterias que se proliferan con facilidad afectando así la salud humana. Estos residuos también se caracterizan por contener sustancias y materiales como el quitosano, aceites y gases que pueden ser utilizados para la elaboración de nuevos productos de origen reciclado y así darles un enfoque más sustentable.

El propósito de esta investigación fue evaluar la fabricación de papel a partir de la obtención de quitosano extraído de residuos de camarón como medida para la mitigación del impacto generado por el uso desmedido de papel de celulosa en la Universidad Popular del Cesar sede-Sabanas, incorporando esta estrategia innovadora en materia ambiental y la exploración de nuevas tecnologías que enriquezcan la producción de elementos a partir de fuentes distintas a las ya manejadas en el país, siendo incluida como nueva en Colombia, teniendo en cuenta el alto volumen de residuos de papel que se maneja dentro de la institución y también atender la necesidad de aprovechar los recursos desechados dándoles un uso distinto al que son destinados ya que no solo contribuye con la reducción de la contaminación ambiental, sino que también minimiza la necesidad de eliminar estos residuos en vertederos o incinerarlos, lo que puede ser costoso y perjudicial para el medio ambiente.

Cabe resaltar que, investigar y desarrollar procesos para la producción de papel a partir de exoesqueletos de camarón fomenta el desarrollo de tecnologías respetuosas con el medio ambiente. Esto trae consigo un aporte significativo tanto desde una perspectiva industrial como académica, ya que contribuye al avance de prácticas sostenibles. La utilización de materiales biodegradables promueve la economía circular al permitir la reutilización y el reciclaje de recursos orgánicos. La elaboración de papel ecológico a base de exoesqueleto de camarón ofrece una solución sostenible a varios problemas desde la gestión de los residuos de las industrias pesquera hasta la reducción de la reforestación.

Por lo tanto, la importancia del manejo correcto de los procedimientos que se llevaron a cabo para darle valor a las sustancias de origen biológico relacionadas con la adecuación del quitosano para su aprovechamiento en la realización del papel, potenciando su uso dentro de la universidad así como su introducción al mercado ofreciendo un producto con características diseñadas a partir de experimentos que avalen su resistencia, plasticidad y textura deseada, para así lograr una similitud con el papel a base de plantas que se utiliza convencionalmente.



3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar la fabricación de papel ecológico obtenido del exoesqueleto de camarón (Qitosano, *Penaeus vannamei*) para su aprovechamiento en la Universidad Popular del Cesar- Sede Sabanas de Valledupar/Cesar

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar la generación de residuos de exoesqueletos de camarón (*Penaeus vannamei*).
- Determinar la cantidad óptima de Qitosano como materia prima en la producción de papel ecológico.
- Evaluar la eficiencia del quitosano como materia prima de la producción de papel ecológico.



4. MARCO REFERENCIAL

En el siguiente apartado se encuentran investigaciones y autores relevantes relacionados con este proyecto, teorías, conceptos, palabras claves y términos con mayor frecuencia y uso a lo largo del documento; también la contextualización y delimitación espacial y geográfica en la que se sitúa el desarrollo de esta investigación; cada uno de los componentes legales vigentes asociados a la temática de este proyecto y por último la relación con la institución encargada de coordinar los procesos necesarios para llevar a cabo esta investigación.

4.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Fuentes Carrillo, A. C.(2021), desarrolló la investigación titulada *Propuesta para el aprovechamiento de escamas de pescado aplicado a la producción de papel de quitosano por el método de desacetilación de quitina en medio alcalino* para optar por el título de *Ingeniería Química*, en la Fundación Universidad de América. Esta investigación se llevó a cabo buscando encontrar una alternativa para la utilización de residuos sólidos orgánicos resultantes de actividades dentro de la industria pesquera atendiendo la alta demanda de estos productos en la ciudad de Bogotá, aplicando la caracterización de las escamas de dos especies en específico (Tilapia roja y Gris) como materia prima llevándola a condiciones óptimas para su uso. Se realizó la obtención de quitosano mediante los procesos de desproteización, desmineralización, despigmentación y desacetilación mediante metodologías químicas, cada uno de los procesos anteriores realizados de acuerdo al estado de la muestra empleada. Los resultados permiten evidenciar la elaboración satisfactoria de papel de quitosano determinando la metodología adecuada para la obtención de papel cuyas características cumplen con los resultados esperados y además, generaron muestras con distintas propiedades, lo cual evidencia el correcto aprovechamiento de las escamas de pescado. Los aportes directos al presente estudio son de carácter metodológico ya que algunos pasos del modelo experimental llevado a cabo para la preparación, extracción de muestra y fabricación del papel cumplen con los requerimientos necesarios para la elaboración de la presente investigación.

Coral, D., Mandroñero, D., Ramirez, G. (2019) realizaron la investigación llamada *Estandarización del proceso de obtención del quitosano a partir del caparazón panaeus monodon, panaeus vannamei y litopenaeus stylirostris en la universidad Mariana.*

Metodológicamente en la realización de este estudio se realiza un análisis de la situación actual del quitosano, en la cual se basaron en un estudio de Lorduy Cabargas en la cual aplicaron un estudio de mercado en Cartagena por medio de encuestas de las empresas Proleca y Propilco. El objetivo de este estudio de investigación consistió en la estandarización del proceso de obtención del quitosano a partir de la mezcla de exoesqueleto de camarón *panaeus monodon*, *panaeus vannamei* y *litopenaeus stylirostris* la cual constó de unos procesos como: recepción de la materia prima, adecuación de la materia prima, secado de la cáscara de camarón, composición de la muestra, triturado y tamizado, desproteinización, desmineralización y desacetilación. Los aportes directos al presente estudio son de carácter teórico ya que permitirá conocer el comportamiento de los exoesqueletos de camarón como materia prima para la obtención de quitosano en cada uno de sus procesos al igual que los componentes, insumos y materiales necesarios para su debido tratamiento.

Torres, Y. G., Balmori, H., Tellez, L., Altamirano, A. (2015) realizaron la investigación llamada *Extracción y caracterización de quitosano a partir de exoesqueletos de camarón blanco* en la Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco. Metodológicamente, el trabajo se basa en la investigación documental acerca del tema, su extracción, caracterización y manejo. Este documento presenta información detallada de cada uno de los procesos realizados para la obtención de quitosano de camarón blanco (*litopenaeus vannamei*) que constan de: obtención de la materia prima para posteriormente efectuar su desmineralización, desproteinización y desacetilación permitiendo evaluar el producto e identificar el quitosano mediante Difracción de Rayos X, Espectrofotometría y análisis termogravimétrico. Haciendo una exploración de resultados se determinó que la obtención de quitosano fue exitosa. Los aportes directos al presente estudio son de carácter práctico ya que a partir de la información contenida se seleccionó el procedimiento de espectrometría infrarroja que será utilizada por criterios técnicos para determinar la calidad del quitosano obtenido.

López Calvache, P. F. (2014), desarrolló la investigación titulada *Obtención de quitosano a partir de desechos del exoesqueleto de camarón tití (*xiphopenaeus riveti*) para el desarrollo de películas poliméricas plastificadas con glicerina* para optar por el título de Ingeniería de Materiales, en la Universidad de San Buenaventura, Santiago de Chile. En esta investigación se utilizó un proceso para la extracción del quitosano a partir del exoesqueleto del camarón tití (*Xiphopenaeus riveti*), para la preparación de películas poliméricas

plastificadas con diferentes concentraciones de glicerina; en la cual se evaluó su resistencia a la tracción, su apariencia, color, etc. La metodología que se utilizó para la extracción del quitosano consistió en los siguientes procesos: recolección materia prima, limpieza y separación, molienda y tamizado, despigmentación, desmineralización, desproteización, obtención quitina, desacetilación, obtención quitosano, pruebas de caracterización del quitosano. Y los procesos que se llevaron a cabo para la elaboración de las películas de quitosano fueron los siguientes: preparación de películas de quitosano, caracterización películas de quitosano plastificadas con glicerina, evaluación de propiedades mecánicas y evaluación actividad antibacterial. Los aportes directos al presente estudio son de carácter teórico, ya que permitió conocer distintos conceptos que ayudaron a comprender el comportamiento del quitosano y la quitina en función de los parámetros requeridos para su utilización y de carácter metodológico ya que fueron escogidos por criterios experimentales los procesos de desproteización y desacetilación para la obtención del quitosano.

Huerta, A. C., Rincón, M. C., Valbuena, A. C., López, A. (2012). Desarrollaron la investigación llamada *Obtención y caracterización de papel de quitosano* en la Universidad del Zulia, Maracaibo. El desarrollo de esta investigación se llevó a cabo mediante 4 etapas que comprenden; ETAPA 1: la previa consulta acerca del manejo del quitosano y establecer el origen de la materia prima, en este caso: desechos de cangrejo. ETAPA 2: Reconocimiento de materiales y la recolección de muestras las cuales fueron suministradas por la empresa Clifford de Venezuela C. A, de crustáceos provenientes del lago de Maracaibo, Venezuela. ETAPA 3: Esta etapa comprende el desarrollo de la metodología para la obtención y caracterización del quitosano a partir de desechos crustáceos, la cual define los procesos de desproteización, desmineralización y decoloración, desacetilación y formación del papel. También se realizó un monitoreo para observar su estructura polimérica y comparar con la celulosa, obteniendo que solo existe diferencia entre dos de sus grupos funcionales. ETAPA 4: se presentaron los resultados y producto de la investigación, describiendo que se logró obtener papel puro de quitosano, dicho papel posee distintas características dependiendo el grado de desacetilación al que sea sometido, el producto es totalmente blanco sin necesidad de uso de blanqueadores. Los aportes directos al presente estudio son de carácter metodológico en la cual se escogió por criterio experimental la evaluación del quitosano como materia prima para la elaboración del papel de quitosano.

Cabarcas, M., Marimón, W., Miranda, M. (2011) Desarrollaron la investigación titulada *Diseño de un proceso económico y competitivo para la extracción de quitina y producción de quitosano a partir de exoesqueletos de camarón* en la Universidad de Cartagena presentado para optar por el título de Ingeniero Químico. En este trabajo se diseñó un modelo de planta de extracción de quitosano a partir de exoesqueleto de camarones, primeramente, realizando un estudio de mercado para determinar la capacidad de producción de desechos pesqueros en la ciudad de Cartagena. Metodológicamente, se determinaron las dosis óptimas y concentraciones necesarias para el proceso de extracción de quitosano en cada una de sus etapas. El diseño conceptual y de ingeniería básico de la planta mostró que para llegar a la demanda deseada se necesitan mensualmente 11.9 TM de exoesqueletos, 21.9 m³ de HCl al 33%(V/V), 44.7 TM de NaOH al 50%(P/P), 170.38 m³ de agua y una demanda energética de 3759.5 KW/ hora. El análisis económico mostró que se debe tener una inversión inicial de \$ 360.000.000 para el montaje de la planta que se recuperarían en 2 años con una tasa interna de retorno al inversionista (TIR) de 20% a 5 años con una ganancia representada en valor presente neto (VPN) de \$ 837.962.896,1. Los aportes directos al presente estudio son de carácter metodológico ya que el diseño experimental de este permitirá establecer cantidades, implementos, ensayos y repeticiones de su método químico con respecto a la obtención de quitosano al modelo de la presente investigación. Este antecedente es necesario para esta investigación porque contiene información de gran valor acerca de la temática manejada en este documento que más adelante servirá para desarrollar satisfactoriamente los objetivos propuestos.



4.2 MARCO TEÓRICO

En esta sección del documento se encuentra información de investigaciones relacionadas con la temática abordada en este proyecto que acerca al desarrollo del mismo y ofrece una vista amplia respecto al manejo de la materia prima a utilizar como su manipulación, usos y caracterización.

4.2.1 *Quitina*

La quitina es el compuesto orgánico que abunda más en el planeta después de la celulosa, otro polisacárido. Henry Braconot la descubrió en 1811 en algunas setas y E. Odir la redescubrió en 1823. El segundo le dio su nombre actual de "chitine", quitina, cuya etimología griega evoca el significado de túnica, porque la encontró en los élitros de algunos escarabajos y supuso que cumplía una función protectora de los tejidos animales.

La verdad es que la celulosa y la quitina cumplen misiones semejantes de protección y resistencia en plantas y algas, la primera, y en animales inferiores y hongos, la segunda. A tenor de esa distribución selectiva de ambos polisacáridos, alguien podría concluir que, desde el punto de vista evolutivo, los hongos están más ligados a los animales que a las plantas. Pero dentro de los hongos se distinguen dos grandes grupos, los hongos inferiores, que portan celulosa, y los superiores, que poseen quitina, por cuya razón se habla de un origen polifilético de ese reino orgánico. (Herrera José, 1993)

4.2.2 *Quitosano*

El quitosano o chitosán es uno de los polímeros más abundantes de la naturaleza. El término deriva del griego χιτών que en español significa “coraza”.

Se obtiene a partir de un proceso de desacetilación de la quitina, un polisacárido, elemental en la formación de los exoesqueletos de crustáceos, insectos y hongos.

Entre sus numerosas propiedades el quitosano es biodegradable, biocompatible y no tóxico. Tiene importantes aplicaciones en una gran variedad de sectores industriales. Se observa en medicina como agente pro coagulante y hemostático. En alimentación y nutrición se observa su uso como espesante, emulsionante y conservador de alimentos además de cómo un popular saciante y capturador de lípidos. En la industria química sus propiedades floculantes (puede captar sólidos en suspensión) se aprovechan para procesos de aglutinación y

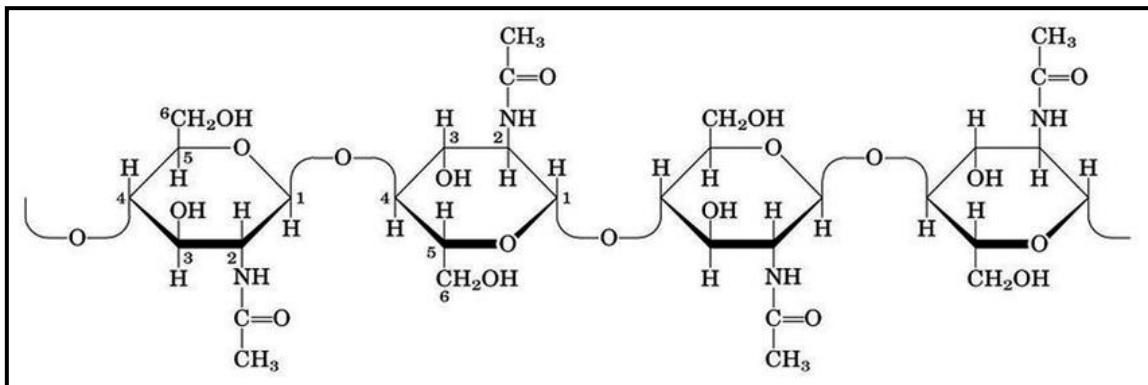
precipitación. Además de tener propiedades quelantes es una poliamida que se usa en el desarrollo de plásticos biodegradables y ultrarresistentes de nueva generación. Es quizás en la agricultura donde su uso está tomando mayor protagonismo gracias a beneficios directos sobre el rendimiento de los cultivos. (Hendrix y Dail, 2022).

4.2.3 Estructura Química

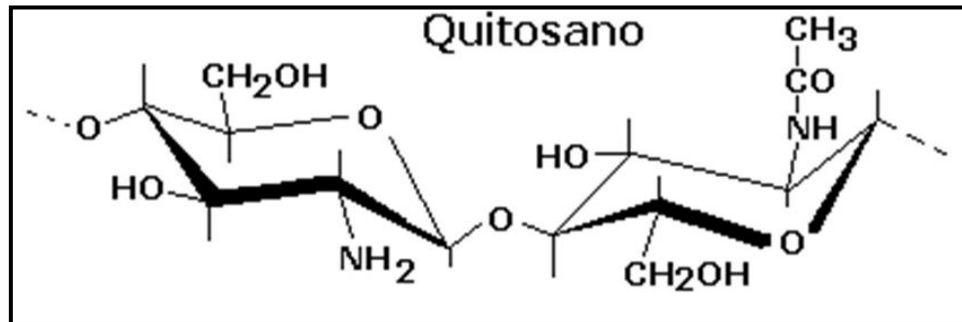
Tanto la quitina como el quitosano están formados por cadenas lineales de monómero de glucopiranosas unidas por enlaces β -(1-4). La diferencia entre la estructura química de quitosano, poli[β -(1-4)-2-amino-2-desoxi-D-glucopiranosas], y la de la quitina poli[β -(1-4)-2-acetamida-2-desoxi-D-glucopiranosas], radica en el carbono número 2, en donde la quitina posee un grupo acetamida, mientras que en el quitosano ese grupo es desacetilado resultando en un grupo amino (Pastor e Higuera, 2004).

Figura 1

Estructura química de la quitina



Nota. El gráfico representa la estructura química de la quitina y cada uno de sus grupos. Tomado de: *Quitina y quitosano, polímeros amigables* (pag. 54) por Cateryna Aiello et al. (2011) University of Zulia.

Figura 2
Estructura del quitosano


Nota. El grafico representa la unidad repetitiva en la estructura del quitosano. Tomado de: *Quitina y quitosano, polímeros amigables* (pág. 54) por Cateryna Aiello et al. (2011) University of Zulia.

4.2.4 Propiedades Del Quitosano

Peso molecular: Su peso molecular está comprendido entre 3×10^5 y 1×10^6 g/mol, dependiendo de la fuente de quitina a partir de la cual se obtiene el quitosano. Es decir, que sus cadenas polisacáridas son de gran tamaño.

Composición química elemental

-Carbono: 44.11 %

-Hidrógeno: 6.84 %

-Nitrógeno: 7.97 %

Como puede verse, se trata de un polisacárido considerablemente nitrogenado.

Aspecto físico: Se presenta en forma de copos o polvo molido de color blanco o blanco cremoso. También aparece como una hoja translúcida blanca o blanquecina.

Sabor y olor: El quitosano es inodoro e insípido.

Punto de fusión: 102.5 °C

Densidad: 1 g/cm³

Solubilidad: Es insoluble en agua y álcali. Es muy soluble en la mayoría de los ácidos diluidos (pH < 6.5), incluyendo el ácido fórmico, el ácido acético y el ácido clorhídrico.

Estabilidad: Es estable a temperatura ambiente, y bajo la protección del gas nitrógeno, puede soportar una temperatura de 250° C sin experimentar descomposición. Es incompatible con los agentes oxidantes fuertes.

Carga eléctrica: El grupo amino del quitosano tiene un pKa de 6.5. Esto le confiere al quitosano una ligera carga positiva y una relativa solubilidad en un medio ácido o neutro. El quitosano es un bioadhesivo que puede unirse a superficies cargadas negativamente, como es el caso de las células epiteliales.

El quitosano es un polímero que puede formar complejos con moléculas cargadas negativamente, tales como lípidos, proteínas y ácidos nucleicos, modificando su comportamiento.

Reactividad química: La presencia de grupos hidroxilos (OH) y aminos (NH₂) le permite al quitosano formar enlaces covalentes a través de reacciones de esterificación, esterificación y aminación reductora.

Biocompatibilidad y biodegradabilidad: El quitosano es un compuesto no tóxico cargado positivamente que puede interactuar con las cargas negativas de las membranas plasmáticas de los diferentes tejidos, sin producir daños en ellos. De allí el hecho de la biocompatibilidad del quitosano. Además, el quitosano es biodegradable por la acción enzimática. Por ejemplo, la lisozima es una enzima que actúa rompiendo los enlaces β-1-4. (Bolívar G, 2021)

Organismos con Quitina: La quitina es un polímero biodegradable muy abundante en la naturaleza, que se obtiene fundamentalmente del exoesqueleto de los crustáceos, y del que mucho se ha escrito por sus potencialidades de aplicación en la agricultura. La quitina y sus derivados son efectivos en el control de enfermedades y plagas vegetales. Sus mecanismos de acción están vinculados a su estructura química; pueden actuar sobre el organismo patógeno o inducir mecanismos defensivos en las plantas, contra varias enfermedades vegetales antes y después de la cosecha. La adición de quitina y sus derivados al suelo favorece el crecimiento y la actividad de muchos organismos quitinolíticos por un efecto sinérgico. Estos constituyen controles biológicos y enemigos naturales de muchos agentes causales de enfermedades y

plagas vegetales. Además, favorecen el crecimiento y desarrollo de microorganismos beneficiosos que establecen relaciones simbióticas con las plantas, tales como las micorrizas o especies del género *Rhizobium*. (Biotecnología Aplicada, 2010).

4.2.5 Métodos de Extracción de Quitina y Caracterización de Quitosano

El proceso normal de obtención de quitina a partir del exoesqueleto de camarón, consiste en la extracción de compuestos asociados mediante pasos sucesivos de desmineralización, desproteización y despigmentación. El quitosano, derivado de la quitina, se obtiene industrialmente mediante un tratamiento de desacetilación. Dependiendo de las condiciones de reacción, se obtienen quitosano de diferente peso molecular y grado de desacetilación; estas variables los hacen útiles para diversas aplicaciones.

El proceso de extracción de la quitina y quitosano se ha realizado mediante diferentes tratamientos químicos (alcalinos, ácidos) y térmicos; investigadores han utilizado distintos tipos de camarón que dependen de la región, temporada y especie donde se recolectaron, para esto han establecido parámetros para la obtención del biopolímero, en las tablas graficadas en la figura 3 y 4, se observan las etapas que llevaron algunos investigadores. López Calvache, P. F. (2014).



Tabla 1
Tabla de parámetros para la extracción de quitina

MATERIA PRIMA	DE SPIGMENTACIÓN				DE SMINERALIZACIÓN				DESPROTEINIZACIÓN				INVESTIGADORES
	Solvente	P/V	°C	t	Solución	P/V	°C	t	Solución	P/V	°C	t	
Exoesqueleto de camarón	Éter de petróleo/ acetona/Agua	N.R.	T.A.	N.R.	HCl (1N)	1:10	T.A.	3 h	NaOH 4,5%	1:15	85	3h	PARADA, et al. (2004).
					HCl (0,8N)	1:11	30	3 h	NaOH 1%	N.R.	28	24h	
Camarón rosado P. longirostris	N.R.				HCl (1,25N)	N.R.	T.A.	1h	NaOH 3%	N.R.	28	0,15 h	LIMAM, Z et al (2011).
Exoesqueleto de camarón	N.R.				HCl (2N)	1:15	T.A.	1 ½ h	NaOH 3,5%	1:10	90	2h	ESCOBAR, S., et al. (2011)
Exoesqueleto de camarón L. vannamei	Etanol absoluto/agua / hipoclorito	N.R.	T.A.	½ h	HCl (1,25N)	1:5	T.A.	1 h	NaOH 0,5%	1:7	87	2h	LÓPEZ, A., et al. (2010)
Exoesqueleto de camarón	NaOCl 0.3%	1:10	T.A.	2h	HCl (2N)	1:15	T.A.	1 h	NaOH 2M	1:20	50	3h	BENHABILES, M.S., et al. (2012).

*N.R.: No reporta.
 **T.A.: Temperatura ambiente.

Nota. Esta tabla representa los distintos parámetros de extracción de quitina con respecto a la especie seleccionada. Tomado de: *Obtención de quitosano a partir de desechos del exoesqueleto de camarón tití (xiphopenaeus riveti) para el desarrollo de películas poliméricas plastificadas con glicerina* por López Calvache, P. F. (2014).



Tabla 2
Parámetros utilizados en la extracción de quitosano

DESACETILACIÓN				INVESTIGADORES
Solución	P/V	°C	t	
NaOH 70%	N.R	105	2h	PARADA, et al.
NaOH 50%	1:4	60	2h	HERNÁNDEZ, ÁGUILA, et al.
		100		
NaOH 50%	1:1	95	2h	LIMAM, Z et al (2011).
NaOH 50%	1:10	100	1h	ESCOBAR, S., et al. (2011)
NaOH 50%	N.R	120	1h	LÓPEZ, A., et al. 2010
NaOH 50%	1:50	100	5h	BENHABLES, M.S., et al. (2012).

Nota. Esta tabla representa los parámetros para la extracción de quitosano. Tomado de: *Obtención de quitosano a partir de desechos del exoesqueleto de camarón tití (xiphopenaeus riveti) para el desarrollo de películas poliméricas plastificadas con glicerina* por López Calvache, P. F. (2014).

4.2.6 Películas de Quitosano

Una película polimérica está constituida por una capa delgada de polímero la cual tiene la función de recubrir materiales, dependiendo el tipo de polímero puede variar su capacidad para evitar la pérdida de humedad, así como el crecimiento microbiano y evitar la oxidación.

El quitosano es ampliamente usado en la fabricación de películas, ya que su estructura lineal permite tener buena flexibilidad y transparencia con buena resistencia a las grasas y aceites, sin embargo, debido a que las películas son elaboradas principalmente con ácido acético, tienen como características que son permeables ante gases de CO₂ y O₂, poseen resistencia a la tracción y porcentaje de elongación más bajo. Por ello, se ha buscado modificar o reforzar este polímero con otros materiales para brindarle un mayor soporte y mayor durabilidad haciéndolo un material de gran uso y gran eficiencia. Espinosa-Cavazos, K. G.(2020).

4.2.7 Fases de Generación de los Residuos de Exoesqueleto

Captura: se utilizan embarcaciones tipo florida que operan mediante el sistema de redes de arrastre de profundidad y la operación demora de dos (2) a cuatro (4) horas, para no dañar la materia prima por sobrepeso.

Selección: se realiza separando el camarón de otras especies pesqueras, la fauna de acompañamiento del camarón

Descabezado: consiste en separar la cabeza de la cola del camarón en forma manual. La cabeza se separa con todo el contenido de vísceras.

Lavado: las colas son lavadas con agua de mar para limpiarlas de arenillas, restos sanguinolentos, mucus, etc.

Adición de antioxidante: se aplica un antioxidante para inhibir la acción enzimática de la tirosinasa sobre la tirosina (aminoácido libre presente en el camarón) evitando la formación de manchas oscuras (melanosis), la cual disminuye la calidad del camarón. García R. (2020)



4.3 MARCO CONCEPTUAL

En esta sección del documento se encuentran los términos más comunes utilizados a lo largo de la investigación con el objetivo de facilitar el acceso a la información para los lectores y una mejor comprensión de la temática tratada.

Biopolímero: Los biopolímeros, también conocidos como polímeros biobasados, son materiales plásticos, pero su principal diferencia es que se obtienen de fuentes renovables y naturales. (Zschimmer y Schwarz., 2022).

Camarón: Los carídeos (Caridea) son un infraorden de crustáceos decápodos marinos o de agua dulce, conocidos comúnmente como camarones, gambas, quisquillas o esquilas. (Caridea., 2022).

Exoesqueleto: El exoesqueleto o cutícula es secretado por la epidermis subyacente y está adherido a ella. Está construido por tres capas, compuestas principalmente por quitina y proteínas. (Blog del COBCM., 2019).

Papel: Hoja delgada hecha con pasta de fibras vegetales obtenidas de trapos, madera, paja, etc., molidas, blanqueadas y desleídas en agua, que se hace secar y endurecer por procedimientos especiales. (Real Academia de la lengua española., 2021).

Penaeus Vannamei: El camarón patiblanco o langostino vannamei en España (*Penaeus vannamei*) es una especie de camarón de la familia Penaeidae, orden Decapoda. Es nativo del oriente del Océano Pacífico, desde el estado de Sonora, México, hasta el noroeste del Perú. (*Litopenaeus vannamei.*, 2022)

Quitina: La quitina es el polímero más abundante después de la celulosa. Está presente en la pared celular de hongos, levaduras y en el exoesqueleto de los invertebrados como cangrejos e insectos. (Rodríguez-Pedroso, A. T. et al., 2009).

Quitosano: Es un polisacárido que se obtiene de la quitina parcialmente desacetilada y es el segundo polisacárido más abundante en la naturaleza, es un polímero lineal formado por unidades de glucosamina. (Sato et al., 1998).

Residuos sólidos: Los residuos sólidos constituyen aquellos materiales desechados tras su vida útil, y que por lo general por sí solos carecen de valor económico. (Rivas Arias, C.A., 2018).



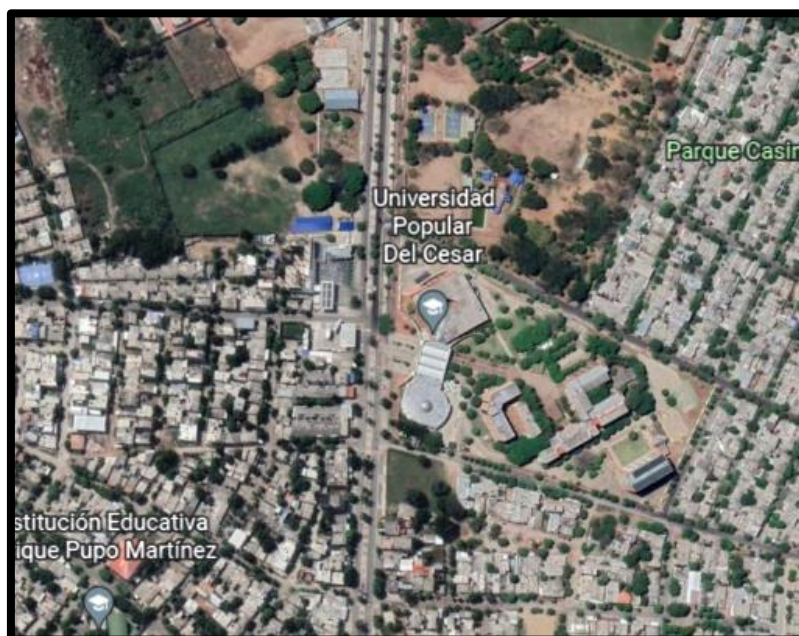
4.4 MARCO CONTEXTUAL

4.4.5 LOCALIZACIÓN

La Universidad Popular del Cesar está ubicada en la ciudad de Valledupar, también llamada Ciudad de los Santos Reyes del Valle de Upar, es un municipio colombiano, capital del departamento del Cesar. Está ubicada al nororiente de la Costa Atlántica colombiana, a orillas del río Guatapurí, en el valle del río Cesar formado por la Sierra Nevada de Santa Marta al occidente y la serranía del Perijá al Oriente. (Colaboradores Wikipedia, 2022)

Figura 3

Ubicación de la Universidad Popular del Cesar



Nota: Tomado de Google Earth (2022).

4.4.6 CLIMA

Valledupar, dada su latitud, se encuentra en la zona de dominios tropicales, posee un clima tropical de sabana Aw donde las características generales del clima son elevadas temperaturas y escasa oscilación térmica anual con un periodo seco intenso y otro de lluvias torrenciales.

En cuanto a las temperaturas, según los datos acumulados desde 1969 por el IDEAM en su estación meteorológica ubicada en el aeropuerto Alfonso López, la temperatura media

anual es de 40,4 °C, con mínimas y máximas de 23 °C y 42 °C respectivamente. El mes más caluroso es abril con un promedio de 40 °C y el más fresco es octubre con 34 °C. (Colaboradores Wikipedia, 2022)

4.4.7 FLORA Y FAUNA

Vegetación

El valle del río Cesar pertenece a la clasificación climática Bosque Seco Tropical, estando cubierto por un bosque claro muy intervenido donde se alternan árboles dispersos y pastos artificiales para el sostenimiento de la importante cabaña bovina existente en sus campos.

Las especies más representativas de la región, que corresponden a bosque seco tropical, están representadas por los géneros Cassia, Tabebuia, Crescentia e Inga entre otras con nombres comunes como acacias, cañaguates, guanábanos, cedros, ceibas y una importante variedad de especies foráneas muy adaptadas ya al medio local como los mangos, eucaliptos y cítricos.

Fauna

La fauna silvestre en la actualidad se encuentra muy afectada, los felinos y mamíferos como el tigrillo y los venados son actualmente una rareza sobresaliendo casi exclusivamente los reptiles representados por las iguanas, lagartijas y algunas serpientes como boas, falsas corales, y mapaná. En cuanto a las aves sobresalen algunas rapaces como la lechuza y los gavilanes y otras como palomas, tierrelitas, pericos y colibríes. (Colaboradores Wikipedia, 2022)

4.5 MARCO LEGAL

Cada uno de los componentes legales contenidos en la siguiente tabla fue investigado y ubicado dentro de la normativa legal vigente aplicable con el objetivo de lograr la evaluación y desarrollo eficiente de este proyecto.

Tabla 3
Bases Legales

LEY, RESOLUCIÓN	DECRETO O ENTIDAD	ENTIDAD DE DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN
Capítulo 3 de la Constitución Política de Colombia 1991	Ministerio de Ambiente		Artículo 79: El derecho de todas las personas a gozar de un ambiente sano; la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo; y el deber del Estado de proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro efectivo de estos fines
DECRETO-LEY 2811 DE 1974	El Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, Inderena.		Artículo 1: El estado y los particulares deben participar en la preservación y cuidado, de los recursos naturales renovables, prevenir y controlar los efectos nocivos de la explotación al medio ambiente entre estos los medios acuáticos.

Ley 23 del 12 de Diciembre de 1973 Ministerio de Ambiente

Artículo 1: Es objeto de la presente ley prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente y buscar el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables, para defender la salud y el bienestar de todos los habitantes del Territorio Nacional

Ley 99 de 1993 Ministerio de Ambiente

Artículo 5 de la ley 99 del 93 numeral 24: Por medio del cual se fija la conservación, preservación, uso y manejo del medio ambiente y de los recursos naturales renovables, en las zonas marinas y costeras, y coordinar las actividades de las entidades encargadas de la investigación, protección y manejo del medio marino.

Ley 13 de 1990

Artículo 1: La presente Ley tiene por objeto regular el manejo integral y la explotación racional de los recursos pesqueros con el fin de asegurar su aprovechamiento sostenido.

Artículo 3: Declárase la actividad pesquera de utilidad pública e interés social. Entiéndase por actividad pesquera el proceso que comprende la investigación, extracción, cultivo, procesamiento y comercialización de los recursos pesqueros.

Decreto 2811 de 1974

Ministerio de Ambiente

El gobierno procurará evitar o prohibir la utilización de elementos ambientales y recursos naturales renovables que puedan producir deterioro ambiental en países no vecinos, en alta mar o en su lecho, o en la atmósfera o espacio aéreo más allá de la jurisdicción territorial.

Decreto 3570 de 2011

Ministerio de Ambiente

Artículo 1: Por medio del cual se fija que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible es el rector de la gestión del ambiente y de los recursos naturales renovables encargado de orientar y regular el ordenamiento ambiental del territorio y de

definir las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y del ambiente de la Nación, a fin de asegurar el desarrollo sostenible, sin perjuicio de las funciones asignadas a otros sectores.

Decreto 4181 del 2011

Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (Aunap)

Artículo 3: estableció como uno de los objetivos institucionales de la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (Aunap), ejercer la autoridad acuícola y pesquera de Colombia, para lo cual adelantará los procesos de planificación, investigación, ordenamiento, fomento, regulación, registro, información, inspección, vigilancia y control de las actividades de pesca y acuicultura, aplicando las sanciones a que haya lugar, dentro de una política de fomento y desarrollo

sostenible de estos recursos, lo cual se encuentra acorde con lo consagrado en el artículo 1° de la Ley 13 de 1990.

Decreto 2256 de 1991

Ministerio de Agricultura

Artículo 1 : Con el fin de asegurar el manejo integral de la actividad pesquera y acuícola, así como el fomento de la explotación racional de los recursos pesqueros, el presente Decreto reglamenta:

1. Los recursos hidrobiológicos, los recursos pesqueros y la clasificación de la pesca.
2. La conformación del Subsector Pesquero.
3. La investigación, la extracción, el procesamiento y la comercialización.
4. La acuicultura.

Decreto 561 de 1984

Ministerio de Salud

Artículo 2: Del régimen aplicable a fabricas procesadoras de productos de la pesca. Las fábricas procesadoras de productos de la pesca que se

construyan, remodelen, amplíen y habiliten en territorio nacional, están sujetas a las reglamentaciones contenidas en el presente decreto y a las disposiciones complementarias que en desarrollo del mismo o con fundamento en la Ley 09 de 1979 expida el Ministerio de Salud.

Artículo 5: Del régimen aplicable al producto de la pesca. El producto de la pesca que se capture, procese, transporte, comercialice o consuma en el territorio nacional deberá someterse a la reglamentación contenida en el presente decreto y a las disposiciones complementarias que en desarrollo del mismo o con fundamento en la Ley 09 de 1979 expida el Ministerio de Salud.

4.6 MARCO INSTITUCIONAL

4.6.1 *Universidad Popular del Cesar*

Somos una institución de Educación superior, cuyo principal objetivo es la formación integral y búsqueda del desarrollo del ser humano. La Universidad Popular del Cesar se sustenta en la docencia, la investigación y la proyección social, comprometida con el logro constante de la calidad. Buscamos que nuestros egresados sean hombres y mujeres comprometidos con el desarrollo humano, científico, tecnológico, cultural y artístico de la región, con una visión global y guiados por un proyecto de vida.

4.6.2 *Misión*

La Universidad Popular del Cesar, como institución de educación superior oficial del orden nacional, forma personas responsables social y culturalmente; con una educación de calidad, integral e inclusiva, rigor científico y tecnológico; mediante las diferentes modalidades y metodologías de educación, a través de programas pertinentes al contexto, dentro de la diversidad de campos disciplinares, en un marco de libertad de pensamiento; que consolide la construcción de saberes, para contribuir a la solución de problemas y conflictos, en un ambiente sostenible, con visibilidad nacional e internacional.

4.6.3 *Visión*

En el año 2025, la Universidad Popular del Cesar será una Institución de Educación Superior de alta calidad, incluyente y transformadora; comprometida en el desarrollo sustentable de la Región, con visibilidad nacional y alcance internacional. Unicesar. (2022).

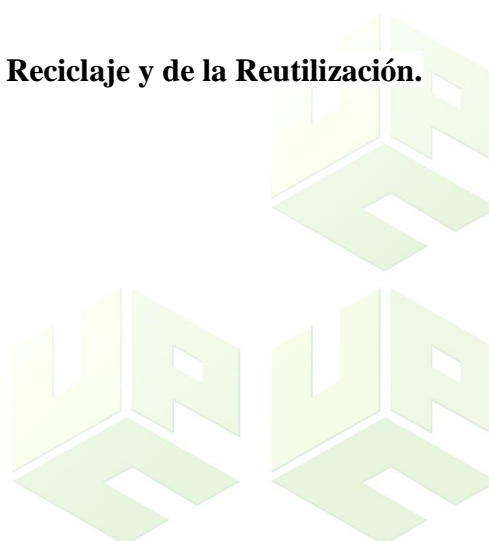
4.6.4 *Política Ambiental en la Institución*

El ministerio de educación nacional y el consejo superior universitario a través del Acuerdo N° 013 del 25 de septiembre de 2008 por medio del cual se adopta la política ambiental y se estructura el sistema de gestión ambiental “SIGA” para la Universidad Popular del Cesar.

Artículo 1. –POLITICA: Establézcase, como Política Ambiental de la Universidad Popular del Cesar, la que se enuncia en el presente Acuerdo, cuyo objetivo general será el mejoramiento continuo de las condiciones ambientales en las instalaciones de la Universidad, mantener los niveles de salud y bienestar de la comunidad mediante el cumplimiento responsable de las disposiciones legales, el aporte a la investigación, la docencia, la extensión y la gestión en aspectos relacionados con el buen manejo de los espacios verdes de las sedes de la Universidad, el uso eficiente de los recursos, el reciclaje y la reutilización de los materiales, y el tratamiento y la disposición adecuada de los residuos.

Artículo 2. –PRINCIPIOS: Los Principios de la Política Ambiental de la Universidad Popular del Cesar, son:

- a. Responsabilidad Social y Ambiental**
- b. Excelencia Académica**
- c. Cooperación Interinstitucional**
- d. Planeación y Gestión**
- e. Participación.**
- f. Mejoramiento Continuo**
- g. Manejo de espacios verdes.**
- h. Uso Eficiente de Recursos. j. Cultura del Reciclaje y de la Reutilización.**



5. MARCO METODOLÓGICO

5.1 LÍNEA, SUBLÍNEA Y ÁREA TEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN

Conforme al acuerdo No. 003 del 08 de julio de 2021, el presente proyecto se adscribe a la línea de investigación “Sostenibilidad y Gestión Ambiental” y sublínea de investigación “Producción más Limpia y Tecnologías Ambientales y Sanitarias” del programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad Popular del Cesar. (UNICESAR 2022).

5.2 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

El alcance de la investigación es de nivel Correlacional ya que su realización fija el objetivo de medir el grado de relación que existe entre las variables y conceptos existentes dentro de la temática abordada, como también describe la precisión de sus variables de forma individual y Longitudinal ya que se observará el comportamiento de datos recogidos de carácter cualitativo y cuantitativo con un seguimiento dentro de un periodo de tiempo determinado (Unicesar, 2022).

5.3 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

De acuerdo con H. Sampieri (2018, pág. 5, 6 y 7) el enfoque investigativo para este proyecto es cuantitativo ya que parte de una idea establecida como planteamiento del problema, estudios previos considerando investigaciones específicas relacionadas con la temática abordada, mide fenómenos a partir de la recolección de datos complementando con un proceso deductivo, secuencial y probatorio que permite analizar métodos de manera explícita y objetiva que contribuyan a la solución del problema profundizando en la evidencia que otorgue veracidad al estudio.

Es necesario generar puntos de comparación que permitan determinar la relación entre las variables y así tratar la problemática desde distintos puntos de vista. Este permitirá un mayor alcance y exploración de fuentes de información que refuercen el desarrollo del proyecto en el apartado de investigación. Teniendo en cuenta cada uno de los elementos que brindarán una correcta disposición de la información para evaluar y determinar la eficiencia del uso de quitosano como materia prima en la elaboración de papel como alternativa sostenible.

5.4 POBLACIÓN DE ESTUDIO

La población escogida para la realización de este proyecto fue la comunidad de la Universidad Popular Del Cesar sede Sabana (Área Administrativa) la cual se encuentra ubicada en la ciudad de Valledupar.

5.5 MUESTRA POBLACIONAL

La muestra poblacional que se escogió para el desarrollo de este proyecto fueron 16 kg de exoesqueletos de camarón (*penaeus vannamei*) necesarios para la obtención de quitosano y fabricación de hojas de papel ecológico, priorizando la escogencia de los ejemplares a los que más se le pueda sacar provecho.

5.6 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Con la finalidad de producir un papel ecológico en condiciones óptimas para su uso a partir de quitosano obtenido de exoesqueletos de camarón el procedimiento a realizar consta de la realización de los ensayos correspondientes en 3 concentraciones distintas de HCL(Desmineralización de la muestra) partiendo de preparación del quitosano al 6M (Procedimiento 1), siguiendo con el ensayo con concentración 8M (procedimiento 2) y finalizando con el ensayo a una concentración al 10M (procedimiento 3), contando así con 3 tratamientos de los cuales se realizarán 3 repeticiones de cada uno con la finalidad de obtener el tratamiento con el cual se producirá el papel con mejor resistencia.

Tabla 4

Diseño experimental aleatorio

	Repeticiones		
Tratamientos	1	2	3
Tratamiento 1			
Tratamiento 2			
Tratamiento 3			

Nota: Elaborado por los autores, 2023.

5.7 DESARROLLO METODOLÓGICO

ETAPA I. Caracterización de la materia prima

Actividad 1.1. Obtención de materia prima

Descripción: Los exoesqueletos de camarón (*Penaeus Vannamei*) fueron obtenidos por medio de recolección en cualquier empresa procesadora de productos de pesca. El material biológico experimental contenía patas, antenas, carne, y otras extremidades propias del camarón.

Actividad 1.2. Reconocimiento de componentes del camarón (*Penaeus Vannamei*)

Descripción: Para conocer el porcentaje del exoesqueleto del camarón se utilizaron camarones enteros precocidos (figura 4), y se separaron manualmente sus patas, cabeza, carne, exoesqueleto, cola, con lo cual se estimó el porcentaje de cada una de sus partes.

Figura 4

Camarón penaeus vannamei



Nota: Tomado de *Panorama acuícola*, 2021.

Actividad 1.3. Acondicionamiento de la materia prima.

Descripción: Se recolectaron alrededor de 16 kg de desechos de camarón para ser tratados de la siguiente manera:

Se separaron los caparazones (comprende exoesqueleto sin cabeza y sin patas) para luego ser sometidas a varios lavados con agua corriente y posteriormente ser secados en una estufa a 80°C en un lapso de 3 horas. Después del secado, se llevó a cabo la molienda del producto en un mortero para obtener polvo fino, controlando el tamaño de la partícula con la ayuda de un tamiz con tamaño de malla #30. (Torres, Y.G y Altamirano, A., 2015)

ETAPA II. Determinación de la cantidad óptima de quitosano

Actividad 2.1: Desmineralización.

Descripción: Al obtener el polvo limpio y seco se sometió a tratamientos químicos y térmicos con el fin de obtener la quitina y el quitosano. Se preparó una solución que contenía alrededor de 30 gr del polvo en volúmenes de 0.1 dm³ y 0.2 dm³ de HCL al 6, 8 y 10 M a una temperatura de 30°C durante 3 horas. Este procedimiento se llevó a cabo con el fin de remover el carbonato de calcio presente de forma significativa en el exoesqueleto de camarón.

El producto obtenido fue lavado y filtrado a través de un embudo de büchner en varias ocasiones para así conseguir neutralizar el medio. . (Cabargas, M., Marimón, W. y Miranda, M., 2011)

Actividad 2.2. Desproteínización.

Descripción: Luego de la desmineralización del producto obtenido, se preparó una solución acuosa de NaOH al 2 M con una relación de 1:10 (p/v), con agitación durante 3 horas, a temperaturas entre 90°C y 100°C. Este procedimiento se realizó en un medio alcalino y a altas temperaturas debido a que para la obtención de quitina, el NaOH rompe los enlaces de hidrógeno que mantiene unidas a las moléculas de las proteínas, haciendo que se separen y se dispersen en la solución. (López, P.F., 2014)

Actividad 2.3. Desacetilación.

Descripción: Este procedimiento se realizó tomando como base las muestras previamente desproteínizadas (quitina), las cuales se dispusieron en NaOH 50% p/v en relación 1:4 durante 2 horas a una temperatura de 100°C. Al finalizar el lapso de tiempo, se filtró y se realizó lavado de forma constante con agua destilada hasta lograr neutralidad. Estas muestras posteriormente fueron secadas en un horno durante 6 horas a una temperatura constante de 65°C. El producto que se obtuvo en esta etapa es el quitosano. López Calvache .P. (2014).

Actividad 2.4: Determinación de la calidad del quitosano.

Descripción: Para determinar la calidad del quitosano obtenido se realizó una prueba de identificación mediante un espectrofotómetro UV-VIS con el objetivo de visualizar la concentración de quitosano presente en la muestra. Se tomaron cada una de las muestras diluidas en agua destilada para luego medir su absorbancia a través del instrumento y obtener el espectro que indicó la longitud de onda correspondiente al quitosano analizado. (Torres, Y.G y Altamirano, A., 2015)

ETAPA III. Evaluar el quitosano como materia prima

Actividad 3.1: Elaboración de la pasta para el papel

Descripción: Para crear el papel, se preparó una pasta de quitosano que fue repartida en bastidores. Luego, estas muestras fueron llevadas a secado a temperatura ambiente durante dos días al aire libre. De ser necesario, se colocarán alrededor de 30 minutos en el horno para mayor eficiencia de secado y posteriormente se desmoldan para su prueba de calidad. (Valbuena, A.C., 2012)

Actividad 3.2: Resistencia del papel

Teniendo los valores de la carga máxima en Newton, la fórmula que se utilizó para calcular la tensión se observa a continuación:

$$\text{Resistencia a la tensión} \left(\frac{N}{cm^2} \right) = \frac{\text{Carga máxima (N)}}{\text{Área transversal (cm}^2\text{)}}$$

Nota: Para la elaboración de la metodología a seguir, fueron tenidas en cuenta distintas investigaciones relacionadas con la temática las cuales brindarán información útil para el diseño de los procedimientos que se realizarán a lo largo de este proyecto.



6. RESULTADOS Y ANALISIS

A continuación, se presenta el desarrollo de cada una de las actividades propuestas en el desarrollo metodológico con la finalidad de sustentar lo planteado en los objetivos de esta investigación.

6.1 ETAPA I. Caracterización de la materia prima

Obtención de materia prima

Para esta actividad, se realizó la visita a la ciudad de Cartagena específicamente a la empresa Océanos S. A para la recolección de los desechos de camarón. Anteriormente, se había clasificado la muestra que contenía patas, antenas, carne, cabezas, colas y caparazón como se muestra en la figura 5, para luego ser transportadas a la ciudad donde se realizó la parte experimental.

Figura 5
Contenido recolectado



Nota: fotografía tomada por los autores, 2023.

Reconocimiento de componentes del camarón (*Penaeus Vannamei*)

Luego de obtenida la muestra y posteriormente separada manualmente (figura 6), se determinaron los porcentajes de cada una de las partes del camarón contenidas en la totalidad recogida.

Figura 6

Separación manual de las partes del camarón



Nota: fotografía tomada por los autores, 2023.

La distribución total estimada de los porcentajes fue de 60% contenido de carne, 30% caparazones y 10% entre patas y antenas.

Acondicionamiento de la materia prima.

Se recolectaron alrededor de 16 kg de desechos de camarón de los cuales se utilizaron únicamente los caparazones, dicha muestra fue tratada de la siguiente manera:

Se lavó la muestra repetidas veces con abundante agua (figura 7) y se secó al horno durante 1:40 horas debido a que el material alcanzó la consistencia esperada en menos tiempo del estipulado. Se procedió con la molienda de los exoesqueletos hasta lograr el producto en partículas pequeñas, se pasó por el tamiz y se obtuvo el polvo fino requerido para el proceso de desmineralización (figura 8).

Figura 7

Lavado de los desechos



Nota: Fotografía tomada por los autores, 2023.

Figura 8

Secado, molienda y tamizado



Nota: Fotografía tomada por los autores, 2023.

6.2 ETAPA II. Determinación de la cantidad óptima de quitosano

Desmineralización.

Para este proceso, se tomó la muestra anteriormente tratada con la finalidad de obtener quitosano. El polvo de exoesqueleto de camarón fue repartido en porciones de 30 gr para verterse en soluciones de 100 y 200 ml de HCl con concentraciones de 6M, 8M y 10M (figura 9) respectivamente a una temperatura de 30° durante 2 horas y 20 minutos, ya que después de periódicas revisiones se observó que la muestra se encontraba en el estado objetivo (figura 10). Este procedimiento se llevó a cabo para remover las partículas de carbonato de calcio contenidas en el exoesqueleto. El producto obtenido en esta actividad fue lavado en repetidas ocasiones para conseguir neutralizar el medio y prepararlo para la siguiente fase.

Figura 9

Proceso de desmineralización



Nota: Fotografía tomada por los autores, 2023.

Figura 10
Desmineralización



Nota: Fotografía tomada por los autores, 2023.

Desproteinización

Luego del procedimiento anterior, se preparó una solución de NaOH al 2M a la que fue sometida la muestra con agitación constante durante 2 horas aproximadamente y posteriormente se llevó a calentamiento en el horno a temperatura de 90° (figura 11). Este proceso se realizó con la finalidad de obtener quitina, fue necesario realizar esta prueba en dicho medio alcalino y altas temperaturas, ya que al romperse los enlaces de hidrogeno que mantienen unidas las proteínas se consigue que se separen y se dispersen en la solución, dando lugar así a la desproteinización. Al finalizar el proceso químico, el producto fue lavado con agua destilada y filtrado en varias ocasiones a través de un embudo para neutralizar el medio.

Figura 11

Desproteínización



Nota: Fotografía tomada por los autores, 2023.

Desacetilación

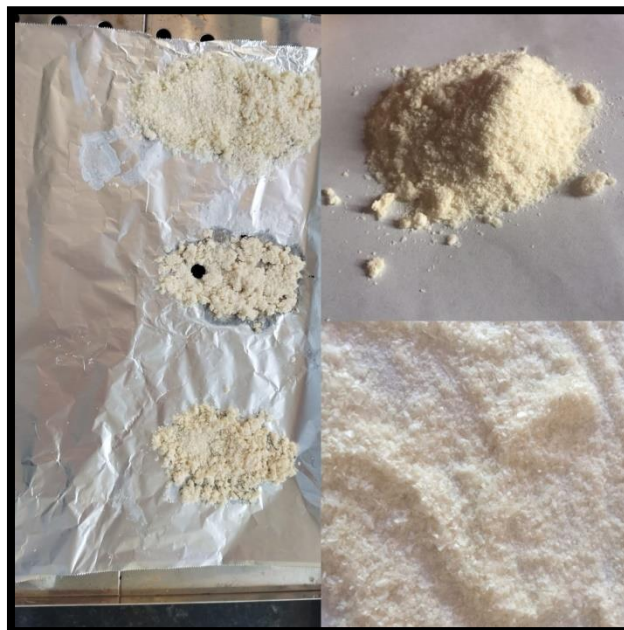
Para este procedimiento, se tomó la muestra anteriormente desproteínizada, se dispuso en una solución de NaOH al 50% p/v y se sometió a una temperatura de 100° C en el horno durante un periodo de 2 horas. Al finalizar el tiempo, se lavó con agua destilada y se filtró la muestra para luego ser llevada nuevamente al horno a una temperatura de 65° durante 4 horas (figura 12). Esta actividad se realizó con el objetivo de retirar el grupo acetil de la estructura de la quitina, dando lugar a la obtención de quitosano. Se observó que el quitosano obtenido tenía características físicas similares al de otras investigaciones como la coloración blanquecina sin adición de químicos para su despigmentación, forma de la partícula y capacidad coagulante al contacto con medio líquido (figura 13).

Figura 12
Desacetilación



Nota: fotografía tomada por los autores, 2023.

Figura 13
Quitosano



Nota: Fotografía tomada por los autores, 2023.

Determinación de la calidad del quitosano.

Para la realización de esta prueba, se dispuso de las muestras anteriormente obtenidas clasificándolas cada una por su grado de desproteínización que correspondían a 6 muestras con concentraciones de 6M, 8M y 10M. Se diluyó cada una de las muestras en agua destilada y se distribuyeron en los tubos de ensayo con la finalidad de obtener un medio líquido (figura 14) que posteriormente fue introducido en el espectrofotómetro UV- VIS para su análisis.

Figura 14

Preparación de la muestra para espectrofotometría UV-VIS



Nota: Fotografía tomada por los autores, 2023.

Una vez introducida cada muestra en el instrumento, se observó el espectro que indicó el nivel de absorbancia de la molécula de quitosano (figura 15), lo cual representó la concentración de esta. Se configuró una longitud de onda de 380 a 800 nm que permitió identificar la muestra y su espectro de absorción.

Figura 15

Espectrofotometría UV-VIS



Nota: Fotografía tomada por los autores, 2023.

El espectro de absorción indica en que región del espectro UV-VIS una molécula es capaz de absorber energía y se expresa en unidades de absorbancia en función de la longitud de onda y de acuerdo a la ley de Lambert-Beer dicha absorbancia depende de dos aspectos; la concentración de la muestra, ya que mientras más concentrada este la muestra más alto será

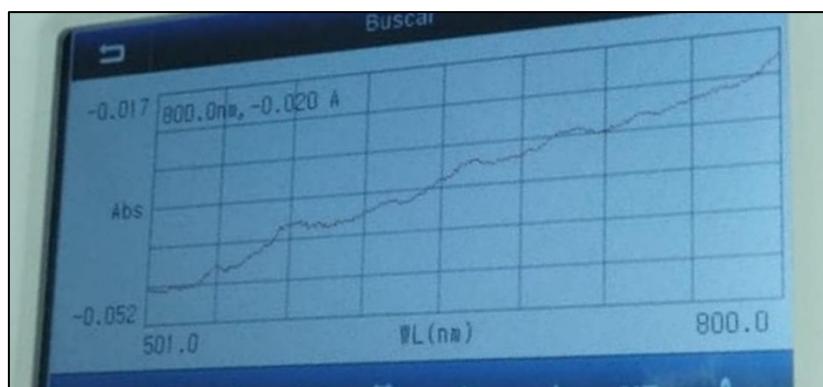
su pico y la estructura de la molécula, ya que esta puede tener una estructura que le permita absorber más energía que otras y esto hará que el pico sea más alto. .(Castellanos I, Velandia J, Gonzalez M, Varela D & Valencia E. 2018)

Para la realización de esta prueba, se tuvo en cuenta el grupo funcional de la molécula de quitosano, ya que este es un cromóforo lo que permite mayor absorción de energía. La diferencia entre la estructura química de quitosano, poli[β -(1-4)-2-amino-2-desoxi-D-glucopiranos], y la de la quitina poli[β -(1-4)-2-acetamida-2-desoxi-D-glucopiranos], radica en el carbono número 2, en donde la quitina posee un grupo acetamida, mientras que en el quitosano ese grupo es desacetilado resultando en un grupo amino, siendo este último el que permitió identificar la concentración de quitosano más eficiente para la realización del papel, ya que obteniendo el espectro de la muestra se logró determinar en qué tratamiento estaba mejor concentrada la molécula.

En la figura 16, se observó el comportamiento de la muestra, el rango de longitud de onda programado para la prueba fue de 380-800 nm y el comportamiento de la onda generada por la muestra en el espectrofotómetro mostró su pico más significativo durante el barrido en los 501,0 nm, indicando que se obtuvo un alto nivel de absorbancia reflejada en ese punto y que dicha muestra presentó mayor concentración de quitosano.

Figura 16

Espectro con mayor concentración obtenido



Nota: Fotografía tomada por los autores, 2023.

Con base en lo anterior, se tomó como referencia para la elaboración de la pasta para papel el tratamiento que contuvo una concentración al 6M de HCl en su fase de

desproteínización, ya que este fue el que mayor concentración de quitosano presentó en la prueba de caracterización de calidad de quitosano.

6.3 ETAPA III. Evaluar el quitosano como materia prima

Elaboración de la pasta para el papel

Con el polvo de quitosano previamente obtenido se realizaron 3 ensayos para determinar la calidad del papel.

Se preparó la pasta añadiendo una base de celulosa reciclada y cierto porcentaje de quitosano para cada ensayo que posteriormente fue distribuida en bastidores, estas muestras fueron secadas a temperatura ambiente durante 2 días al aire libre (figura 17). Para la fabricación de una hoja con dimensiones de 11,2 cm de ancho y 18 cm de largo, se utilizaron las cantidades relacionadas en la tabla 5 para cada uno de los tratamientos. Luego de transcurrido el tiempo de secado de aproximadamente 48 horas, se desmoldó la muestra y se dispuso para su prueba de calidad.

Tratamiento 1: 30 % polvo de quitosano y 70 % celulosa reciclada.

Tratamiento 2: 50% polvo de quitosano y 50 % celulosa reciclada.

Tratamiento 3: 70 % polvo de quitosano y 30 % celulosa reciclada.

Tabla 5

Cantidades de quitosano por tratamiento

Contenido de quitosano por tratamiento	
T1	26 gr
T2	52 gr
T3	84 gr
TOTAL	162 gr

Nota: Elaborado por los autores, 2023.

Figura 17

Proceso de obtención de hoja de papel a partir de quitosano



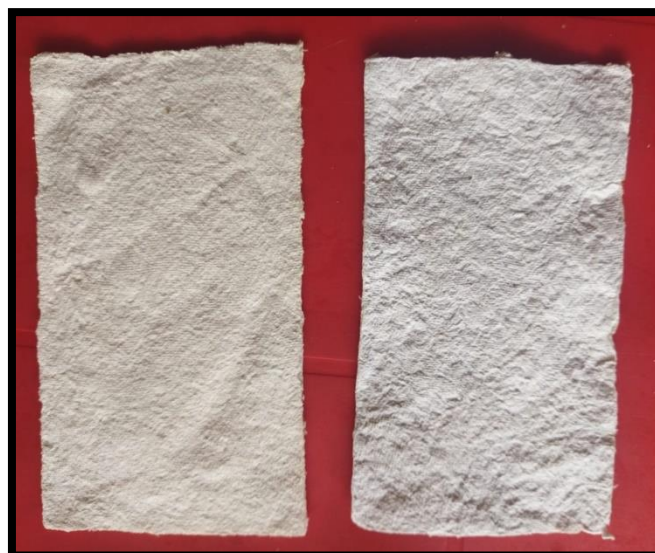
Nota: Fotografía tomada por los autores, 2023.

Resistencia del papel

Para este apartado se realizó la obtención de la hoja de papel a utilizar (figura 18) y se continuó con la prueba para calcular su resistencia.

Figura 18

Hoja de papel fabricada a partir de quitosano obtenido de exoesqueleto de camarón



Nota: Fotografía tomada por los autores, 2023.

Una vez desmoldada la hoja, se procedió a cortarla en tiras uniformes con dimensiones de 2,5 cm de ancho y 10 cm de largo (figura 19). Las tiras fueron sujetadas por los extremos, en uno de los extremos estaba anclado un dinamómetro, que fue el instrumento utilizado para

medir el peso que soportó el papel al tirar desde el otro extremo con una taza plástica agregando peso hasta su rotura (figura 20).

Figura 19

Cortes de papel para medir la resistencia



Nota: Fotografía tomada por los autores, 2023.

Figura 20

Montaje para prueba de resistencia



Nota: Fotografía tomada por los autores, 2023.

Se calculó la resistencia a la tensión de las tiras de papel colocando peso soportable en el extremo que sostuvo la taza plástica y así se obtuvo el esfuerzo máximo que alcanzaron.

Los datos recolectados para determinar la resistencia a la tensión del papel (expresados en fuerza de newton) están contenidos en la tabla 6. Estos valores fueron tomados considerando el momento de rotura de las tiras al ser aplicado el peso, ya que esta fue la carga máxima soportada por el papel.

Tabla 6

Valores de fuerza expresados en newton para cada tratamiento

Repeticiones	Tratamientos (N)		
	T1	T2	T3
R1	4.0	5.6	6.2
R2	4.3	5.6	7.7
R3	4.1	5.0	8.5

Nota: Elaborado por los autores, 2023.

A partir de los valores obtenidos en la tabla 6, se calculó la fuerza por unidad de área transversal del papel (tabla 7) que corresponde a la resistencia a la tensión dada en pascales (tabla 8). Teniendo en cuenta que el área transversal es igual a la longitud perpendicular a la fuerza de la tira por su espesor. La longitud transversal de la tira es de 3 cm, el espesor varía entre 0.12 a 0.16 cm y el largo es de 9.4 cm.

Tabla 7

Valores de fuerza por unidad de área transversal(N/cm²)

Repeticiones	Tratamientos (N/cm ²)		
	T1	T2	T3
R1	8.08	12.44	13.77
R2	9.55	12.49	17.11
R3	9.11	11.11	18.88
TOTAL	26.74	36.04	49.76

Nota: Elaborado por los autores, 2023.

Tabla 8

Valores de resistencia a la tensión (MPa)

Repeticiones	Tratamientos (Mpa)		
	T1	T2	T3
R1	0,0808	0,1244	0,1377
R2	0,0955	0,1244	0,1711
R3	0,0911	0,1111	0,1888
TOTAL	0,2674	0,3599	0,4976

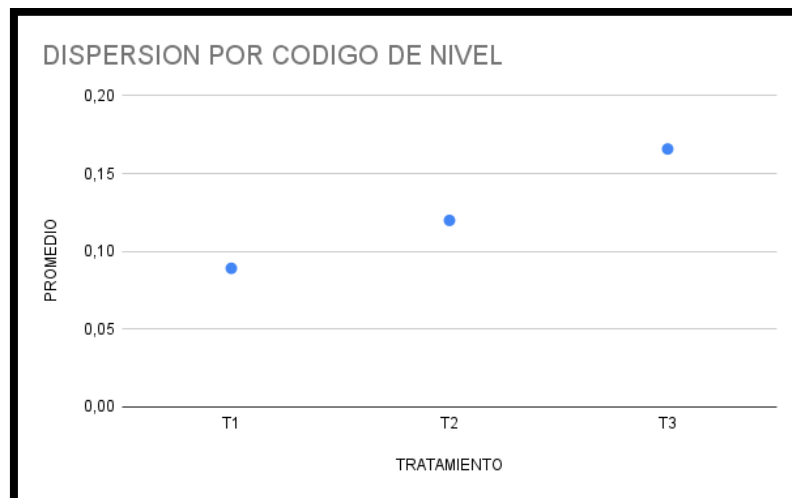
Nota: Elaborado por los autores, 2023.

Tabla 9
Resumen estadístico para las repeticiones de los tratamientos

		Tratamientos			
		T1	T2	T3	
Repeticiones	R1	0,0808	0,1244	0,1377	
	R2	0,0955	0,1244	0,1711	
	R3	0,0911	0,1111	0,1888	
$\sum y_{ij} = y_i$		0,2674	0,3599	0,4976	$y_{...} = 1,1249$
$\sum y_i^2$		0,0239	0,0452	0,0858	0,1509
\bar{Y}_i		0,0891	0,1199	0,1658	$\bar{Y}_{...} = 0,1249$
					Media global

Nota: Elaborado por los autores, 2023.

Al obtener los resultados del promedio entre repetición de cada tratamiento (figura 21) y haber obtenido la media global (tabla 9), se realizó la tabla ANOVA, donde se descompone la varianza de repeticiones en dos componentes, uno que corresponde a la suma de cuadrados de los tratamientos (SCtratos) y la otra que corresponde a la suma de cuadrado del error (SCError).

Figura 21
Gráfico de dispersión por código de nivel de los tratamientos


Nota: Fotografía tomada por los autores, 2023.

En la tabla de ANOVA (tabla 10), se identificó que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Ya que la F calculada (F_c) es mayor que en los dos niveles de F tabulada (F_{tab}) al (5% y 1%). Con esto se dedujo que existe una diferencia significativa entre un tratamiento y el otro, con un nivel de 99% de confianza.

Tabla 10
 Datos estadísticos Anova

Fuentes de variación	GL	SC	CM	F_0	F_{TAB}	
					5%	1%
Tratos	(T-1)= 3-1=2	0,0089	0,0044	14,6666	5,14	10,92
SCerror	T(r-1) = 3*2= 6	0,0019	0,0003			
Total	(t*r)-1 (3*3)-1= 9-1= 8	0,0103				

Nota: Elaborado por los autores, 2023.

Para determinar cuál tratamiento es significativamente diferente de los otros se realizo la prueba de TUKEY.

Tabla 11
 Diferencia de medias entre tratamientos

Contraste	Significancia	Diferencia
T1-T2		-0,0925
T1-T3		0,1836
T3-T2	*	0,2671

- Representa la significancia

Nota: Elaborado por los autores, 2023.

La tabla 11 muestra las diferencias estimadas entre cada tratamiento donde el asterisco representa al tratamiento que mostró más diferencia significativa con respecto a los otros tratamientos con un nivel de confianza de 99%.

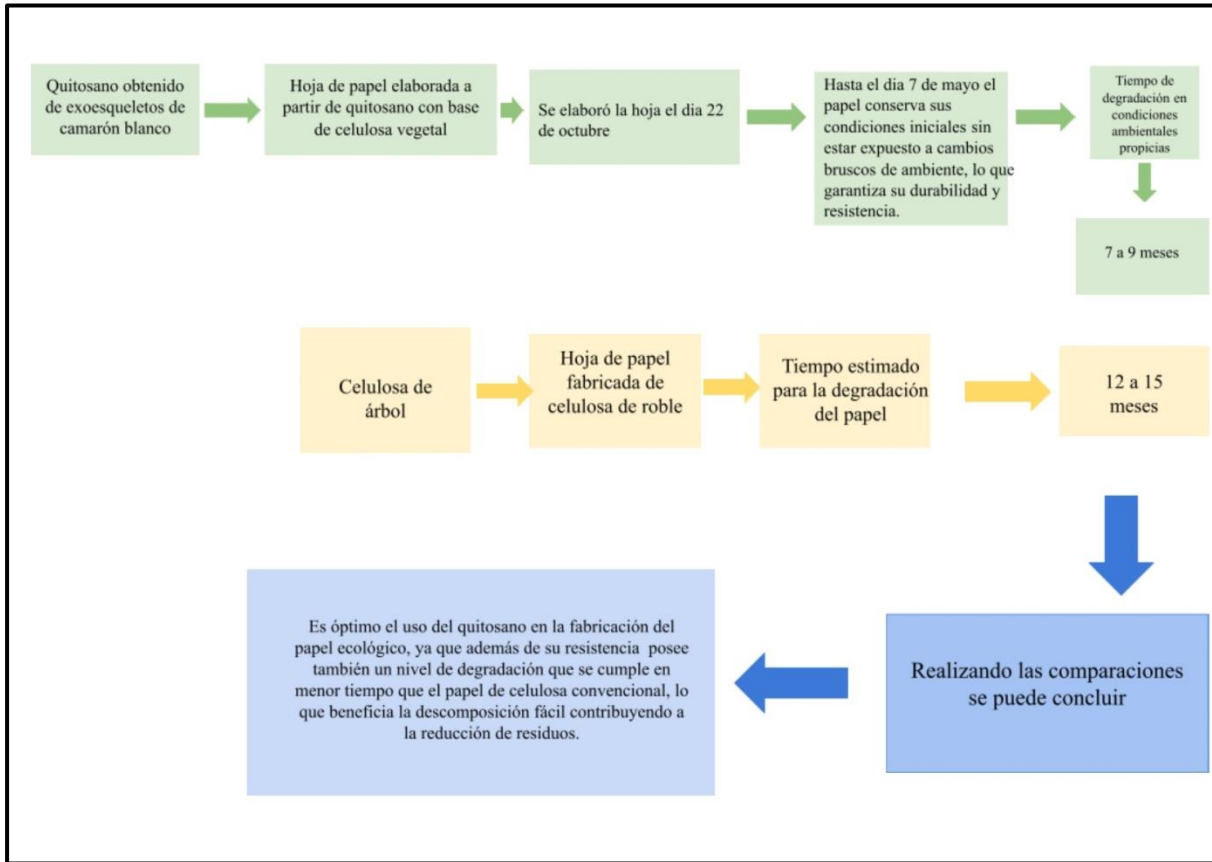
Con la prueba empleada se identificó que el tratamiento con mayor diferencia significativa es (T3-T2). Con lo cual se concluye que el tratamiento 3 es el que demostró más resistencia.

Observando el comportamiento y rendimiento de los tratamientos en el diseño experimental a partir de la propuesta del quitosano de exoesqueleto de camarón como materia prima para la fabricación de papel ecológico se dedujo un tiempo de degradación estimado de **7 a 9 meses** aproximadamente en condiciones ambientales aleatorias (figura 22), esto teniendo en cuenta las características iniciales de la hoja obtenida y que está hecha de material biodegradable, lo que implica cambios en su composición, peso y coloración al pasar el tiempo. Es importante señalar que este periodo de biodegradación puede variar según la formulación específica del papel elaborado, condiciones climáticas y calidad del quitosano empleado en comparación con algunos polímeros sintéticos. Después de 3 semanas de su elaboración la hoja conservó sus características iniciales.



Figura 22

Diagrama ciclo de vida útil del papel



Nota: Elaborado por los autores, 2023.



7. CONCLUSIONES

A partir de la investigación realizada, se concluye que la utilización de quitosano extraído de exoesqueletos de camarón blanco (*penaeus vannamei*) como materia prima en la elaboración de papel ecológico mostró un comportamiento eficiente, debido que al realizar las pruebas necesarias se observó un papel con características físicas óptimas para su uso, tales como su resistencia, coloración blanca sin que el producto fuese sometido a procesos blanqueadores y su capacidad de biodegradación. A partir de la investigación de Fuentes Carrillo, A. C. (2021), se observa un rendimiento del quitosano de exoesqueletos de camarón de grado medio en comparación con otros procesos elaborados a partir de crustáceos y escamas en cuestión del manejo del polvo de quitosano, ya que se pudo obtener una cantidad aprovechable con características positivas como su grado de solubilidad, finura de la partícula y a través del tamizado resultó menor cantidad de exoesqueletos molidos que no se utilizaron durante el proceso. También evidenció que para fabricar una hoja de papel de un tamaño considerable es necesario extraer una gran cantidad de quitosano, ya que el exoesqueleto al pasar por diversos procesos químicos para obtener el polvo queda reducido en comparación del volumen inicial obtenido.

Relacionando las características de los ejemplares de papel obtenidos en las investigaciones se aprecia una diferencia significativa respecto al peso del papel teniendo en cuenta que el proceso realizado para el papel de escamas de pescado contó con el prensado y disminución de humedad, lo que facilitó la compactación de la hoja dándole un espesor menor en comparación con el papel fabricado con exoesqueletos de camarón, ya que su proceso de fabricación fue artesanal obteniendo así una hoja de papel con textura y espesor mayor, añadiendo que el peso de las hojas de papel de quitosano de escamas de pescado tienen un peso de 3 gramos por cada muestra de 10 x 10 cm y el papel de quitosano de exoesqueletos de camarón, en su ejemplar con mayor porcentaje de quitosano tuvo un peso de 11 gramos en una muestra de 11,2 x 18 cm. Las muestras de ambos proyectos comparten características como la flexibilidad y firmeza en comparación con el papel de celulosa convencional, esto dependiendo del porcentaje de quitosano que contenga la hoja fabricada.

Respecto a la primera etapa de la investigación, fue de vital importancia conocer las proporciones de materia prima disponible puesto que el material en su estado inicial es

inversamente proporcional al producto obtenido lo que requiere de recurrente abastecimiento e implica un costo elevado en su uso ya que limita su accesibilidad en el mercado. El estado de los exoesqueletos de los crustáceos a manipular es sumamente relevante, ya que de este depende la calidad del quitosano a obtener.

La extracción de quitosano requiere métodos de procesamiento adecuados que garanticen la calidad del mismo, por lo tanto, es indispensable contar con las herramientas, materiales y equipos que faciliten el manejo de la materia prima para una obtención satisfactoria del biopolímero debido a que se pueden ver alteradas las propiedades del papel dependiendo de la fuente de adquisición de los exoesqueletos.

A través de la segunda etapa de este proyecto, se determinó que la elaboración de papel con quitosano es una técnica que representa ventajas de sostenibilidad y mejoras en las propiedades del papel como se conoce convencionalmente, pero su viabilidad depende de factores como los costos, la calidad del quitosano y la aplicación específica a la que esté orientado su uso. Es necesaria la investigación continua de su comportamiento como insumo para abordar sus cambios, mejoras y aprovechar al máximo el potencial del quitosano en la industria papelera. Al realizar procedimientos químicos tales como la desmineralización, desproteínización y desacetilación de la muestra se requiere un control meticuloso y adecuado de las condiciones de reacción en las distintas soluciones empleadas tales como la temperatura, alcalinidad, pH y tiempo entre actividades; de esto depende que el proceso sea exitoso y el producto obtenido cumpla con los parámetros necesarios para su uso. Partiendo del modelo para la extracción de quitosano implementado en la investigación por Cabarcas, M., Marimón, W., Miranda, M. (2011) se observaron características físicas similares a las obtenidas en esta investigación, teniendo en cuenta las concentraciones de los químicos y los grados de desmineralización y desacetilación.

Al realizar la prueba de caracterización, se reforzó la información acerca de la importancia de conocer la calidad del quitosano a partir de su obtención y destacar la rigurosidad con la que debe llevarse a cabo. La prueba de espectrofotometría uv-vis mostró resultados favorables lo cual permitió tomar referencia del procedimiento adecuado para trabajar con un quitosano óptimo que garantizara las características que se buscaron a la hora de realizar el papel.

Correspondiente a la tercera etapa, la información recolectada permitió evidenciar las distintas propiedades que el papel a base de quitosano posee y al mismo tiempo las falencias que puede presentar. Este ejemplar de papel puede brindar mejoras significativas en lo que a durabilidad se refiere, ya que físicamente el papel cuenta con buena resistencia, durabilidad y por su coloración puede ser atractiva para otras aplicaciones específicas que requieran un papel con estas condiciones.

Teniendo en cuenta que el montaje realizado contenía porcentajes de celulosa reciclada, se observó que el quitosano añadido aportó mejoras en las condiciones del papel contribuyendo a la disminución considerable del uso de este material como único ingrediente para estructurar papel comercial. Los ensayos realizados permitieron determinar la cantidad óptima de quitosano en relación a las proporciones de la hoja obtenida.

La biodegradabilidad del papel de quitosano representa características prometedoras posicionándose como una alternativa respetuosa y sirve para la continua búsqueda de tecnologías sostenibles que sean amigables para el medio ambiente en comparación con las utilizadas en materiales convencionales como los polímeros sintéticos que tienen un grado más alto de biodegradabilidad. En entornos propicios, como suelos con microorganismos activos y en climas con temperaturas cálidas y húmedas, el papel de quitosano puede descomponerse fácilmente en un tiempo relativamente corto, alrededor de 7 a 9 meses estando expuesto a cambios de ambiente, contribuyendo así a la reducción de residuos en comparación con el papel fabricado a partir de celulosa de roble, que tiene un tiempo de degradación que oscila entre 12 a 15 meses.

Es importante resaltar el uso de quitosano para la fabricación de papel ecológico, ya que al ser un biopolímero similar a la celulosa se convierte en una alternativa que contribuye a la disminución del uso indiscriminado de árboles para la fabricación de papel, esto teniendo en cuenta el aumento en la producción de desechos de camarón a partir de la adecuación para su consumo.

8. RECOMENDACIONES

A partir del desarrollo de la investigación y para futuros estudios es posible tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Asegurarse de que los exoesqueletos a utilizar estén limpios, ya que si estos contienen materiales como antenas y carne pueden llegar a dañar la muestra.
- Lavar las veces que sea necesario los exoesqueletos para eliminar las impurezas.
- Reducir el tamaño de los exoesqueletos moliéndolos o triturándolos para así obtener un polvo lo más fino posible para aumentar la eficiencia de extracción.
- El proceso de desacetilación debe realizarse de manera controlada. Tener en cuenta los tiempos y grados de las temperaturas y las concentraciones del reactivo a utilizar.
- Lavar muy bien las muestras con abundante agua después de cada procedimiento y las veces que sean necesarias para así eliminar residuos de ácidos.
- Realizar una prueba de caracterización para asegurarse de que el quitosano extraído cumple con las especificaciones deseadas.
- Al momento de conservar el quitosano se recomienda almacenarlo en condiciones secas para evitar la absorción de humedad.
- Se recomienda utilizar los instrumentos de protección personal dentro del laboratorio (guantes, gorro, tapabocas, etc.) ya que se manipulan productos corrosivos e inflamables.



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Bolívar, Gabriel. (16 de enero de 2021). *Quitosano*. Lifeder. (Online). Disponible en: <https://www.lifeder.com/quitosano/>
- Cabarcas, M., Marimón, W., Miranda, M. (2011). *Diseño de un proceso económico y competitivo para la extracción de quitina y producción de quitosano a partir de exoesqueletos de camarón*. Universidad de Cartagena. (Online). Disponible en: <https://repositorio.unicartagena.edu.co/handle/11227/132>
- Cahuana, A., Rodríguez, Y., Romero, L., Royero, A., Torres, K. & Vanegas, A. (2021). *Lineamientos y guía orientadora para la estructuración y formulación del anteproyecto y proyecto de grado en el programa de ingeniería ambiental y sanitaria. Versión 003-2021*
- Caridea. (2022). *Wikipedia, La enciclopedia libre*. (Online). Disponible en: <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Caridea&oldid=146490887>.
- Constitución Política de Colombia. (1981). Título 2: *Derecho a gozar de un ambiente sano, artículo 79*. Recuperado de: <https://www.constitucioncolombia.com/titulo-2/capitulo-3/articulo-79>
- Coral, D., Madroñero, D., Ramírez, G., (2018). *Estandarización del proceso de obtención del quitosano a partir del caparazón de penaeus monodon, penaeus vannamei y litopenaeus stylirostris*. Universidad Mariana. (Online). Disponible en: <https://es.slideshare.net/davidcoral94/obtencion-de-quitosano-de-los-desechos-de-exoesqueleto-de-camaron-variedad-penaeus-monodon-penaeus-vannamei-y-litopenaeus-stylirostris>
- Espinosa-Cavazos, K. G.(2020). *Películas de quitosano propiedades y aplicaciones*. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Coahuila. Blvd. Venustiano Carranza e Ing. José Cárdenas. Saltillo, Coahuila. CP.25280, México. (Online). Disponible en: <https://www.raco.cat/index.php/afinidad/article/download/377418/470720/>
- Exoesqueleto.(2019). *Exoesqueleto. Una solución curiosa de la naturaleza*. COBCM. (Online). Disponible en: <https://cobcm.net/blogcobcm/2019/08/20/exoesqueleto-una-solucion-curiosa-de-la-naturaleza/>
- Fuentes Carrillo, A. C. (2021). *Propuesta para el aprovechamiento de escamas de pescado aplicado a la producción de papel de quitosano por el método de desacetilación de*

quitina en medio alcalino. Bogotá. (Online).

Disponible en:

<https://repository.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/8675>

Función Pública. (2011). *Capítulo I: objetivos y funciones, artículo 1*. (Online). Disponible en:

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=65328>

García, R. (2020). *Procesamiento de camarón*. Universidad del Magdalena. (Online). Disponible en:

<https://bloque10.unimagdalena.edu.co/wp-content/uploads/2021/03/PresentacionCAMARON-INDUSTRIA-2020-Profesor-Rafael-Garcia-UNIMAGDALENA-1.pdf>

Hendrix and Dail Centroamérica.(2022) *¿Que es el quitosano y para qué se usa?.* (Online).

Disponible en: <https://hendrixcentroamerica.com/quitosano-usos/#:~:text=El%20quitosano%20es%20mejor%20conocido,defensa%20disponible%20para%20los%20vegetales.>

Huerta, A. C., Rincón, M. C., Valbuena, A. C., López, A. (2012). *Obtención y caracterización de papel de quitosano*. Universidad del Zulia. (Online). Disponible en:

https://www.researchgate.net/profile/Ana-Valbuena/publication/318351737_OBTENCION_Y_CARACTERIZACION_DE_PAPEL_DE_QUITOSANO/links/59654dafaca27227d78c6031/OBTENCION-Y-CARACTERIZACION-DE-PAPEL-DE-QUITOSANO.pdf

López Calvache .P. (2014). *Obtención de quitosano a partir de desechos del exoesqueleto de camarón tití (xiphopenaeus riveti) para el desarrollo de películas poliméricas plastificadas con glicerina*. Universidad de San Buenaventura, Santiago de Cali. (Online). Disponible en:

<https://bibliotecadigital.usb.edu.co/server/api/core/bitstreams/2f3349c4-b672-4a9a-847c-5e57448b4125/content>

México, G. (2004). *El papel y su impacto ambiental*. Ciudad de México, México, México. (Online). Disponible en:

https://archivo.estepais.com/inicio/historicos/94/14_Medio%20ambiente_El%20papel_greenpeace.pdf

Minambiente. (1973) *Código de Recursos Naturales y protección al medio ambiente*. (Online).

Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/ley-23-1973.pdf>

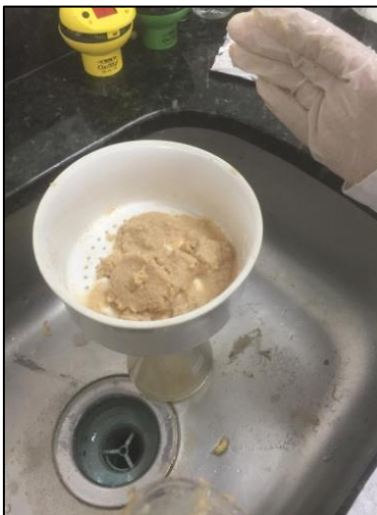
- Minambiente. (1974). *Título preliminar. Parte II de los asuntos ambientales de ámbito o influencia internacionales, artículo 12.* (Online). Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Decreto-2811-de-1974.pdf>
- Minambiente. (1993). *Artículo 5: Funciones del Ministerio. Corresponde al Ministerio del Medio Ambiente, numeral 24.* (Online). Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/ley-99-1993.pdf>
- Pastor e Higuera.(2004) *Generalidades de la quitina y el quitosano.* (Online). Disponible en: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/19407/capitulo2.pdf>
- Penaeus vannamei. (2022, 8 de junio). *Wikipedia, La enciclopedia libre.* (Online). Disponible en: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Litopenaeus_vannamei&oldid=144066198
- Ramírez M., et al.(2010) *La quitina y sus derivados, biopolímeros con potencialidades de aplicación agrícola.*Centro Nacional de Investigaciones Científicas, CNIC. (Online) Disponible en: <https://elfosscientiae.cigb.edu.cu/PDFs/Biotecnol%20Apl/2010/27/4/BA002704RV262-269.pdf>
- Real Academia de la lengua española. (2021). *Papel.* (Online) Disponible en: <https://dle.rae.es/papel>
- Rivas Arias, C.A(2018) *Piensa un minuto antes de actuar : gestión integral de residuos sólidos.* Minambiente. (Online). Disponible en: <https://www.mincit.gov.co/getattachment/c957c5b4-4f22-4a75-be4d-73e7b64e4736/17-10-2018-Uso-Eficiente-de-Recursos-Agua-y-Energi.aspx#:~:text=Los%20Residuos%20S%C3%B3lidos%2C%20constituyen%20a%20quellos,utilizaci%C3%B3n%20de%20bienes%20de%20consumo.>
- Rodríguez-Pedroso, A. T. et al. (2009). *Propiedades químico-estructurales y actividad biológica de la quitosana en microorganismos fitopatógenos.* (Online) Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2009000500012

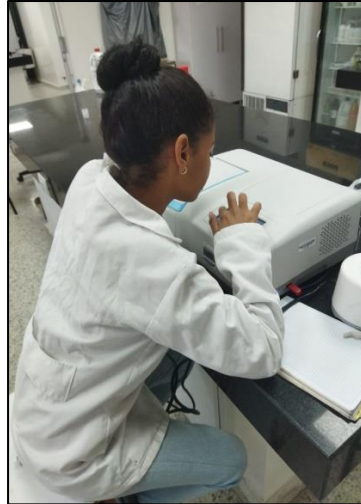
- Ruiz Herrera, J.(1993) *La Quitina*. Revista Investigación y Ciencia. (Online). Disponible en: <https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/ondas-ssmicas-73/la-quitina-5023>
- Sampieri, H. (2018). Metodología de la investigación. qué características posee el enfoque cuantitativo de investigación. McGraw Hill Education. Recuperado de: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Sato et al. (1998). *Aspectos generales sobre la quitosana*. (Online) Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2009000500012#:~:text=La%20quitosana%2C%20es%20un%20polisac%C3%A1rido,denominaci%C3%B3n%20qu%C3%ADmica%2C%20seg%C3%BAn%20la%20Uni%C3%B3n
- Torres, Y. G., Balmori, H., Tellez, L., Altamirano, A.(2015). *Extracción y caracterización de quitosano a partir de exoesqueletos de camarón blanco*. Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco.(Online). Disponible en: http://zaloamati.azc.uam.mx/bitstream/handle/11191/9073/Extraccion_y_caracterizacion_de_quitosano_2015.pdf?sequence=3
- Valledupar. (2022). Wikipedia, La enciclopedia libre. (Online). Disponible en: <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Valledupar&oldid=146760103>.
- Velasco Reyes, J. F.* et al. (2019). *Producción de quitosano a partir de desechos de camarón generados del procesamiento industrial*. (Online). Disponible en: <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume4/4/10/127.pdf>
- Zschimmer y Schwarz(2022). *¿Qué son los biopolímeros y para qué se utilizan en la industria?*. España. (Online) Disponible en: <https://www.zschimmer-schwarz.es/noticias/que-son-los-biopolimeros/>

ANEXOS

ANEXO A. EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS







**ANEXO B. PROCEDIMIENTO ESTADÍSTICO PARA EL ANÁLISIS DE
VARIANZA**

Si $F_c > F_t$ existe diferencia entre los tratamientos

Si $F_c < F_t$ no existe diferencia entre los tratamientos

Factor de conversión

$$F_c = \frac{y^2}{rep + trat} = \frac{(1,1249)^2}{3 * 3} = \frac{(1,1249)^2}{9} = 0,1406$$

Suma de cuadrado total

$$S_{c_{total}} = \sum y^2_{ij} - F_c = 0,1509 - 0,1406 = 0,0103$$

Suma de cuadrados de los tratamientos

$$S_{c_{tratos}} = \frac{\sum y_i^2}{r} - F_c = \frac{(0,2674)^2 + (0,3599)^2 + (0,4976)^2}{3} - 0,1406 = 0,0089$$

Suma de cuadrado del error

$$S_{c_{error}} = S_{c_{total}} - S_{c_{tratos}} = 0,0103 - 0,0084 = 0,0019$$

Cuadrado medio de los tratamientos

$$CM_{tratos} = \frac{S_{c_{tratos}}}{Gl_{tratos}} = \frac{0,0089}{2} = 0,0044$$

Cuadrado medio del error experimental

$$CM_{error} = \frac{S_{c_{error}}}{Gl_{error}} = \frac{0,0019}{6} = 0,0003$$

F calculada (F₀)

$$F_0 = \frac{CM_{tratos}}{CM_{error}} = \frac{0,0044}{0,0003} = 14,6666$$

Prueba de Tukey

$$|\bar{Y}_i - \bar{Y}_{i'}| > q \alpha (a, f) \sqrt{\frac{S^2}{n}}$$

$$T \alpha 0,05 = q \alpha 0,05(3,6) \sqrt{\frac{0,0003}{3}} = 4,34 * 0,01 = 0,0434$$