

**EVALUACIÓN METODOLÓGICA
DEL PROCESO QUÍMICO
EXTRACTIVO DE QUITINA Y
QUITOSANO EN
LATINOAMÉRICA**

**METHODICAL EVALUATION OF
THE EXTRACTIVE CHEMICAL
PROCESS OF QUITINA AND
QUITOSANO IN LATIN
AMERICA**

**AVALIAÇÃO
METODOLÓGICA DO
PROCESSO QUÍMICO
EXTRATIVO DE QUITINA E
QUITOSANA NA AMÉRICA
LATINA**

Leidy Quiroga Ariza

Facultad de Ingeniería, Ingeniería
Ambiental, Unidad de Ecología en
Sistemas Acuáticos
UDESA, Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia,
leidy.quiroga01@uptc.edu.co

Julián Vega Prieto

Facultad de Ingeniería, Ingeniería
Ambiental, Unidad de Ecología en
Sistemas Acuáticos
UDESA, Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia,
julian.vega02@gmail.com

Luz Gil Padilla

Escuela de Ciencias Básicas, Unidad de
Ecología en Sistemas Acuáticos
UDESA, Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia,
luznidia.gil@uptc.edu.co

Fecha de Recepción: 1 de abril de 2019
Fecha aprobación: 8 de octubre de 2019

Resumen

La quitina y el quitosano son biopolímeros obtenidos a partir del exoesqueleto de crustáceos e insectos, su proceso extractivo está en auge debido a la diversidad de aplicaciones industriales, farmacéuticas, agrícolas, entre otras. Para su obtención, la variedad en los procesos metodológicos, se basan en el análisis empírico de cada autor según sus condiciones de extracción. En general, no existe un manual o lineamiento estandarizado para realizar dicha acción, el cual permita al investigador obtener productos de mayor calidad. Esto mediante una evaluación de criterios a artículos relacionados a la temática en Latinoamérica, cuyo resultado fueron la selección de 4 metodologías, las cuales fueron analizadas detenidamente según las fases de extracción, porcentaje de eficiencia en la extracción y relación cantidad-calidad, encontrando así, que la metodología de mejor resultado fue: desmineralización con HCl 0.6N (11:1) durante 3 horas a 28°C, desproteínización con solución de NaOH 1% durante 24 horas a 28°C y desacetilación con NaOH 50% durante 2 horas a 60-100°C. El objetivo de esta investigación es determinar una metodología cuya característica y resultados esperados sean los más altos, sirviendo así, como base para la estandarización de protocolos para otros estudios que involucren la extracción de quitina y quitosano.

Palabras clave— Biopolímeros, crustáceos, desacetilación, desproteínización, metodología, quitina, quitosano.

Abstract

Chitin and chitosan are biopolymers obtained from the exoskeleton of crustaceans and insects, their extractive process is booming due to the diversity of industrial, pharmaceutical, agricultural applications, among others. For its obtainability, the variety in methodological processes, are based on the empirical analysis of each author according to their extraction conditions. In general, there is no standardized manual or guideline for such an action, which allows the researcher to obtain higher quality products. This by an evaluation of criteria to articles related to the subject in Latin America, the result of which was the selection of 4 methodologies which were carefully analyzed according to the extraction phases, percentage of efficiency in extraction and quantity-quality ratio, thus finding that the best result methodology was: demineralization with HCl 0.6N (11:1) for 3 hours at 28°C, deproteinization with NaOH solution 1% for 24 hours at 28°C and deacetylation with NaOH 50% for 2 hours at 60-100°C. The objective of this research is to determine a methodology whose characteristic and expected results are the highest, thus serving as a basis for the standardization of protocols for other studies involving the extraction of chitin and chitosan.

Keywords. Biopolymers, crustaceans, deacetylation, deproteinization, methodology, chitin, chitosan.

Resumo

Chitin a quitosana são biopolímeros obtidos a partir do exoesqueleto de crustáceos e insetos, seu processo extrativo está crescendo devido à diversidade de aplicações industriais, farmacêuticas e agrícolas, entre outros. Para sua obtenção, a variedade em processos metodológicos, baseia-se na análise empírica de cada autor de acordo com suas condições de extração. Em geral, não há manual padronizado ou diretriz para tal ação, o que permite ao pesquisador obter produtos de maior qualidade. Isso por avaliação de critérios a artigos relacionados ao tema na América Latina, resultado do qual foi a seleção de 4 metodologias cuidadosamente analisadas de acordo com as fases de extração, percentual de eficiência na extração e relação quantidade-qualidade, constatando assim que a melhor metodologia de resultado foi: desmineralização com HCl 0.6N (11:1) por 3 horas a 28°C, desproteinização com a solução NaOH 1% por 24 horas a 28°C e deacetilação com NaOH 50% por 2 horas em 60-100°C. O objetivo desta pesquisa é determinar uma metodologia cujos resultados característicos e esperados são os mais altos, servindo assim como base para a padronização de protocolos para outros estudos que envolvem a extração de quitina e quitosana.

Palavras chave. Biopolímeros, crustáceos, deacetilação, desproteinização, metodologia, quitina, quitosana.

Introducción

La necesidad de obtener materiales cuyas características permitan reemplazar los polímeros actuales provenientes de hidrocarburos han llevado a una generación masiva de metodologías las cuales permiten, según sus autores, extraer biopolímeros como la quitina y el quitosano a partir de diferentes organismos, entre los más sobresalientes los crustáceos y los insectos, utilizando para ello diversos conocimientos físico-químicos. Este enriquecimiento científico se ha dado a nivel mundial, siendo evidente ante la presencia de investigaciones elaboradas en diversas partes del mundo y por consiguiente, en una amplia variedad de idiomas. Sin embargo, no se cuenta con una metodología estandarizada a nivel mundial o nacional, que indique al investigador cual técnica es la más apropiada para la obtención de quitina y quitosano con alta eficiencia en su extracción y alta concentración en los productos finales; cada investigación ofrece un método diferente el cual depende de las características que el investigador considere más apropiadas para su proceso extractivo.

Esta situación previamente mencionada plantea el siguiente interrogante ¿Cuál es la metodología química que ofrece al investigador la mayor eficiencia de extracción y concentración de quitina y quitosano? Resolver este interrogante es necesario como

primera medida tener claros los siguientes conceptos:

Crustáceos

Integran uno de los grupos zoológicos de mayor éxito evolutivo, tanto por el número de especies vivientes registradas, como por la diversidad de hábitat que colonizan. A los crustáceos se les ubica en el grupo de los artrópodos e incluyen desde las pulgas de agua (Cladóceros) hasta los más conocidos, como langostas, camarones y cangrejos (Decápodos). [1]

El exoesqueleto de crustáceos es una capa no celular secretada por la epidermis, el cual se encuentra formando una organización jerárquica de varios niveles estructurales. En el nivel molecular se encuentra la quitina, la cual mediante su alineamiento antiparalelo forma estructuras altamente cristalinas. [2] El exoesqueleto de los crustáceos contiene alrededor del 15– 40% de quitina [3]. La tabla 1 representa la composición en porcentaje volumen/volumen de algunas especies de crustáceos.

Tabla 1. Composición en porcentaje volumen/volumen del exoesqueleto de algunos crustáceos.

Fuente de quitina	Género - Especies	Quitina (v/v)%
Cangrejo	<i>Collinectes sapidus</i>	13.5
	<i>Chionoecetes opilio</i>	26.6
	<i>Paralithodes camtschaticus</i>	31
Camarón	<i>Pandalus borealis</i>	17
	<i>Cragon cragon</i>	17.8
	<i>Penaeus monodon</i>	40.4
Krill	<i>Euphausia superba</i>	41

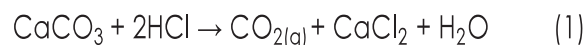
Fuente: Adaptado de Colina, Ayala, & Rincón, 2014.

Desproteización

El contenido en proteínas que presenta la muestra, deriva principalmente del tejido esquelético del crustáceo, y en menor medida de restos del tejido muscular. Para la etapa de desproteización pueden utilizarse diferentes reactivos, variaciones en el tiempo e incluso diferentes concentraciones, con el fin de poder extraer de la muestra las proteínas existentes. [4]

Desmineralización

Ocurre cuando el ácido clorhídrico (HCl) reacciona con el carbonato de calcio como lo indica (1)



Aunque el HCl puede ser la causa de efectos en las propiedades intrínsecas de la pureza de la quitina, éste es el agente descalcificante comúnmente empleado en laboratorios y a nivel industrial para la producción de este biopolímero. [5]

Desacetilación

Dato cuantitativo de la cantidad de grupos amino presentes en la cadena del polímero. El conocimiento de la cantidad de grupos amino presentes en el biopolímero es de suma importancia para entender y cuantificar sus interacciones con otros materiales en sus diversas aplicaciones. [6]

Desacetilación heterogénea

Consiste en que las moléculas de quitina son dispersas en una solución alcalina caliente,

generalmente de hidróxido de sodio. Las condiciones en las que se lleva a cabo la desacetilación heterogénea pueden reducir la longitud de la cadena, por este motivo es conveniente repetir varias veces el tratamiento alcalino por cortos periodos de tiempo y aislando el producto en cada etapa. [7] El grado de desacetilación se mide en grados porcentuales de desacetilación, %.

Desacetilación homogénea

Consiste en que la quitina es suspendida en el álcali y la suspensión es refrigerada con hielo para disolver la quitina en la solución. Luego se somete a desacetilación a temperaturas cercanas a la del ambiente durante períodos largos de tiempo. Esto permite que la reacción no se localice en determinados lugares de la cadena y que el ataque a los grupos amidas sea más uniforme. [8]

Quitina

La quitina es el polisacárido natural más abundante en la tierra después de la celulosa. [9] Sustancia presente en el exoesqueleto de los insectos y en los crustáceos. [10] La quitina pura es un sólido blanco, parcialmente cristalino, inodoro e insípido. Está compuesto por aminoazúcares unidos entre sí por enlaces glicosídicos $\beta(1 \rightarrow 4)$, que forman una cadena lineal de unidades de N-acetil-2-amino-2-desoxi-D-glucosa, algunas de las cuales, desacetiladas. [11]

Quitosano

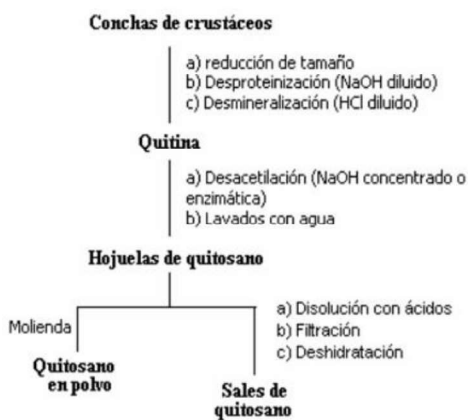
Polímero natural obtenido a partir de caparazones de crustáceos y se utiliza en diversas aplicaciones biomédicas y agrícolas. [12] Este polisacárido se deriva de la quitina mediante la desacetilación. [13] El quitosano es la forma N-desacetilada de la quitina, es una modificación de la quitina y posee mejores propiedades de reactividad y solubilidad. Se obtiene al sustituir los grupos acetamido de esta por grupos amino, al tratar la quitina con álcalis fuertes. [14]

Método espectrofotométrico

Método ampliamente utilizado para la identificación de quitina y quitosano. En el análisis de estos compuestos por espectroscopia infrarroja se puede identificar, principalmente, los grupos funcionales amida y carbonilo. Para la quitina, estas bandas se observan en rango de 3500 a 3180 cm^{-1} debido al enlazamiento de hidrógeno. Mientras que para el quitosano las bandas de intensidad media correspondientes a vibraciones de estiramiento del NH ubicadas en la región de 3500-3300 cm^{-1} . [7]

A continuación, la Fig. 1 se ilustran los conceptos y procesos previamente mencionados en función de su orden de ejecución y resultados obtenidos.

Fig. 1. Proceso de extracción de quitina y quitosano.



Fuente: (Lárez, Quitina y quitosano: materiales del pasado para el presente y el futuro, 2006) [15]

Aplicaciones de la quitina y el quitosano

La quitina y el quitosano son conocidos a nivel mundial por sus aplicaciones a nivel interdisciplinar, algunas de ellas se enlistan en la tabla 2.

Tabla 2. Aplicaciones de la quitina y el quitosano.

Área	Función
Alimentos/Nutrición	Conservación, suplementos alimenticios agente emulsificante [16]
Medicina	Antioxidante, antiinflamatorio, antitumoral, anticoagulante, regenerador de piel, inmunoestimulante [17]
Agricultura/Microbiología	Estimulación del crecimiento, fertilizante antifúngico y bactericida [18]
Farmacia	Encapsulamiento [19]
Tratamiento de aguas	Remoción de iones metálicos, reductor de olores, eliminación de polímeros sintéticos y fraccionadores [20]
Materiales	Membranas poliméricas, empaques y fib textil [21]
Cosméticos	Humectante y tratamientos cuidado del cabello [22]

Fuente: Autores

Una de las aplicaciones más destacables radica en el tratamiento de aguas, donde su función en la remoción de iones metálicos, un estudio se relaciona con el uso de quitosano producido a partir de desechos de cáscara de camarón para la eliminación de Cu (II), Hg (II), Pb (II) y Zn (II) a partir de soluciones de residuos de mineral de oro que contienen cianuro. [23] Dicha investigación fue llevada a cabo en Nicaragua donde los resultados fueron bastante alentadores al concluir la capacidad superior al 70% que posee el quitosano de eliminar iones metálicos provenientes de residuos de mineral de oro.

Así mismo, se han encontrado resultados positivos en la propiedad del quitosano en la remoción de hidrocarburos en aguas contaminadas con los mismos, donde la aplicación de este biopolímero obtenido a partir de colas de camarón al ser utilizado en una muestra contaminada disminuyó la turbidez en 98.19%, la demanda química de oxígeno en 78.17%, el color en un 91.45% e hidrocarburos totales de petróleo en 99.09%. [24]

Este tipo de aplicaciones se convierten en una motivación y constituyen una base para la obtención de biopolímeros de calidad, extraídos mediante una metodología que cumpla y sobrepase positivamente los resultados obtenidos por parte de otros investigadores y cuya ejecución en Colombia sea una realidad, siendo parte de las herramientas por parte de autoridades ambientales beneficiando a la población ante las problemáticas referentes a drenajes ácidos

de minería y los constantes incidentes relacionados con derrames de petróleo en ríos, quebradas y otros cuerpos de agua.

Materiales y métodos

Con el fin de determinar los artículos seleccionados para su posterior evaluación metodológica, se realizó una evaluación inicial donde se emplearon métodos teóricos (Análisis y Síntesis) y empíricos (Observación y estadística).

Métodos teóricos:

Análisis y síntesis: Para detallar los procesos de diseño, integración, implementación y operación de los criterios y herramientas utilizadas, manifiesto en la división mental del todo en sus múltiples relaciones y componentes; y lograr establecer mentalmente la unión entre las partes, previamente analizadas, para descubrir relaciones y características generales entre los elementos de la realidad. [25]

Métodos empíricos:

- La observación: Reflejada en las aplicaciones prácticas de las herramientas. Constituye el método más elemental y base de los restantes.
- Métodos Estadísticos: Utilizados para mostrar herramientas de apoyo a la propuesta metodológica planteada, con el objetivo de lograr el valor científico de los resultados y, sobre todo, la reducción del tiempo de ejecución. [25]

Se establecieron cuatro criterios de evaluación para seleccionar los artículos más completos. Entre los cuales se destacan:

- Año de publicación: se garantiza la actualidad de la información, equipos utilizados y tecnología reciente.
- Base de datos: la presencia del artículo en una base de datos otorga un nivel de seriedad al artículo y confianza a lector, ya que, para llegar a ésta, el escrito debió ser revisado por un par evaluador perteneciente a la revista o base de datos, el cual garantizó que la información presente es confiable.
- Especie estudiada y localización: este criterio se fundamenta en que para el presente artículo se busca la metodología más adecuada de extracción a partir de caparazones de crustáceos. A ésta se la dará una mayor prioridad, por encima de los estudios realizados con insectos.
- Redacción y coherencia: se hace necesaria la correcta redacción y orden en el escrito, ya que la metodología consiste en una serie de pasos e indicaciones los cuales deben presentarse en forma tal que sean correctamente interpretadas por el lector.

La valoración de los criterios previamente mencionados se manejó en un rango de 1 a 5. Siendo 5 la puntuación asignada para un resultado satisfactorio y 1 la puntuación para un resultado deficiente.

Resultados

Para el proceso de evaluación bibliográfica se seleccionó una muestra de siete autores cuyas investigaciones se basaron en la extracción de quitina y quitosano a partir de exoesqueletos de insectos y crustáceos, aplicando para ello el método químico de extracción. Estas investigaciones fueron realizadas en territorio latinoamericano, de tal modo, que se garantice que el método elegido pueda ofrecer resultados muy aproximados a los ofrecidos debido a que la composición y calidad de los biopolímeros a extraer pueden variar de acuerdo a la lejanía de la especie con respecto al Ecuador.

La información referente a la evaluación de los artículos a analizar posteriormente se presenta a continuación en la tabla 3.

Tabla 3. Aplicación de criterios a bibliografía seleccionada.

Autor	Año publicación	Base de datos	Especie estudiada	Redacción	Total
(Montaner, Tirado, & Zamudio, 2016) [26]	4	5	1	3	13
(Barros, Guzmán, & Tarón, 2015) [9]	4	1	5	3	13
(Colina, Ayala, & Rincón, 2014) [3]	4	1	5	4	14
(Álava, 2015) [24]	4	5	5	4	18
(Hernández, Águila, & Flores, 2009) [27]	3	5	5	5	18
(Zubiria & Jiménez, 2014) [28]	4	1	5	3	13
(Mármol, Gutiérrez, & Páez, 2004) [14]	1	5	5	4	14

Fuente: Autores.

De la tabla 3, aquellos artículos con puntajes inferiores a 14 puntos, son un referente teórico para otras investigaciones, pero para este caso, no se tendrán en cuenta en su parte metodológica.

Así mismo, de la tabla 3 es posible inferir que hay cuatro autores que se destacan al alcanzar los puntajes más altos en la evaluación de criterios (puntaje de 14 a 18) y por ende, conformarán la bibliografía a evaluar en su componente metodológico:

- Colina, M., Ayala, A., & Rincón, D. (2014). Evaluación de los procesos para la obtención química de quitina y quitosano a partir de desechos de cangrejos. Escala piloto e industrial. *Revista Iberoamericana de Polímeros* Colina et als., 21-43.
- Álava, J. (2015). Aplicación de quitosano como biocoagulante en aguas residuales contaminadas con hidrocarburos. *ResearchGate*, 52-64.
- H. Hernández, E. Águila y O. Flores, «Obtención y caracterización de quitosano a partir de exoesqueletos de camarón,» *Superficies y Vacío*, pp. 57-60, 2009.
- Mármol, Z., Gutiérrez, E., & Páez, G. (2004). Desacetilación termoalcalina de quitina de conchas de camarón. *Multiciencias*, vol. 4, 1-9.

Una vez seleccionados los artículos a trabajar, es necesario realizar una revisión a cada una de estas metodologías propuestas por los autores:

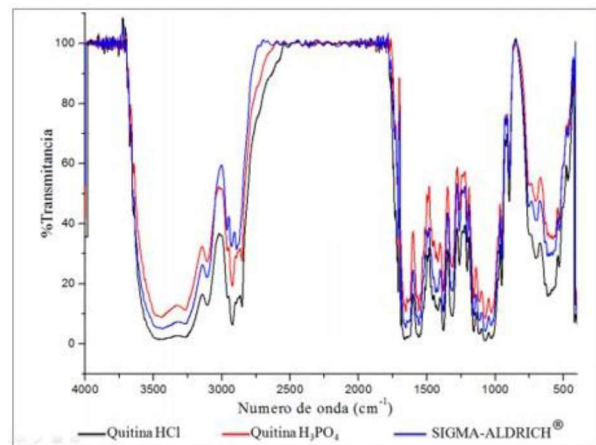
Colina, Ayala, & Rincón, 2014

Para esta investigación, realizada en Venezuela, los investigadores seleccionaron el cangrejo azul (*Callinectes sapidus*) como materia prima para la extracción de quitina. Dicha extracción inició con la desproteínización de los exoesqueletos utilizando NaOH al 10% en un rango de temperatura de 100 a 110°C en un lapso de 1 hora. A continuación, en el proceso de desmineralización, se utilizó HCl y H₃PO₄ a 1, 2 y 3 molar a diferentes lapsos de tiempo (30 minutos, 1, 2, 3 y 4 horas) con el fin de determinar la mejor concentración de ácido para remoción de minerales. Finalmente, se realizó una desacetilación con NaOH al 30 durante un lapso de 6 horas a temperatura entre 100 y 120°C, dando como resultado la obtención de quitosano.

Las muestras de quitosano obtenidas fueron caracterizadas mediante espectro infrarrojo. La Fig. 2 ilustra el espectro de la quitina obtenida con los ácidos, comparándola con el rango comercial Sigma Aldrich.

De este estudio se determinó que la opción de desmineralización más acorde fue HCl al 2 molar en un lapso de 50 minutos, debido a la reducción considerable de cenizas en el producto final. Así mismo, el rendimiento promedio de extracción de ambos biopolímeros fue de un 11,29%.

Fig. 2. Proceso de extracción de quitina y quitosano.



Fuente: Colina, Ayala & Rincón, 2014.

Álava, 2015

El investigador utiliza como materia prima una especie de uso común para consumo en Ecuador, el camarón *Litopenaeus vannamei*, específicamente la cola, la cual fue tratada utilizando el método químico de extracción. En primera instancia, se realizó un proceso de desproteínización utilizando NaOH al 5%, en un lapso de 45 minutos a una temperatura de 90°C. Este proceso de desproteínizado se realizó 3 veces de manera consecutiva, utilizando para sí, las mismas concentraciones, tiempos y temperatura por consideración del autor. Luego se prosiguió con la desmineralización, llevada a cabo utilizando HCl al 5% durante un lapso de 24 horas y a 25°C, obteniendo de este último proceso, la quitina.

Con el fin de obtener quitosano, se llevó a cabo la desacetilación mediante el uso de NaOH al 50% durante un lapso de 1,5 horas y a una temperatura de 90°C, enfatizando en la

agitación constante realizada en presencia de aire atmosférico.

El quitosano producido fue caracterizado por titulación potenciométrica, resultando en un grado de desacetilación (%DD) de 87.18% – 93.72%. El contenido de quitina obtenido fue de 21.1% y de quitosano 16.1% con respecto a la materia prima utilizada. [24]

H. Hernández, E. Águila y O. Flores

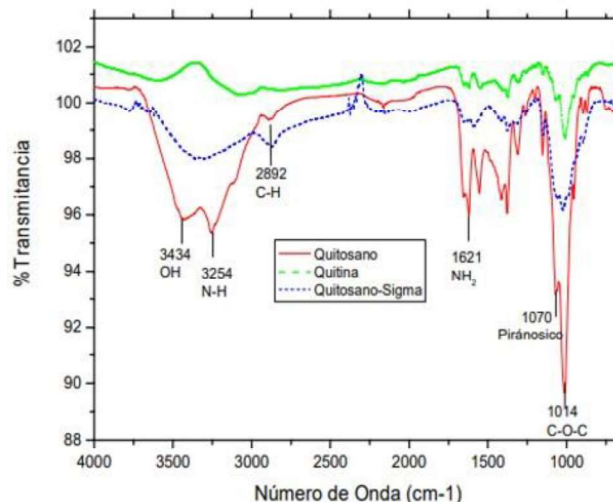
Los autores determinaron como materia prima para el proceso de extracción de quitina a los caparazones de camarón procedentes de restaurantes de mariscos en Puebla, México. El método de extracción utilizado fue el químico, el cual inició con la desmineralización de los caparazones, moliendo y pesando una cantidad de este polvo en un matraz al cual se le añadió una solución de HCl al 0,6 N en una relación 1:11 durante un lapso de 3 horas a una temperatura de 30°C. Seguido a esto, se realizó el proceso de desproteización de la muestra, utilizando para ello una solución de NaOH al 1% durante 24 horas a una temperatura de 28°C, agitando constantemente con el fin de garantizar una completa desproteización.

El último proceso consistió en la desacetilación, donde se desea obtener como producto final el quitosano. Para ello, se pesó una cantidad de la quitina previamente obtenida y se vertió en una solución de NaOH al 50% en relación 1:4 sólido-líquido durante un lapso de 2 horas a una temperatura de 60°C y posteriormente a 100°C en un lapso de 2 horas.

El rendimiento de la extracción de ambos biopolímeros fue del 51.94%. La caracterización de la quitina y el quitosano se realizó mediante análisis del espectro de infrarrojo, tal como se

ilustra en la Fig. 3, donde los autores comparan sus resultados con el rango comercial Sigma Aldrich de quitosano.

Fig. 3. Espectro de las muestras obtenidas y espectro de una muestra comercial Sigma Aldrich de quitosano.



Fuente: C. H. Hernández, E. Águila y O. Flores, 2009.

Mármol, Gutierrez, & Páez, 2014

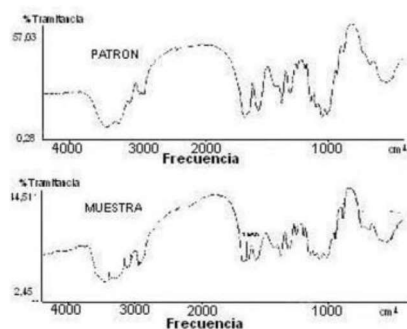
Esta investigación surgió en Venezuela, buscando un método de aprovechamiento de los desechos de crustáceos. El proceso de extracción químico efectuado por los autores inició con el proceso de desmineralización la cual fue aplicada a caparazones de camarón, tratándolas con una solución de HCl 0,6 N mezclado en una relación líquido-sólido 11:1 en un lapso de 3 horas a una temperatura de 28°C. Luego prosiguió con la desproteización, donde las muestras se trataron con una solución de NaOH al 1% durante un lapso de 24 horas a 28°C. El producto final de este proceso se lavó con agua destilada y se secó a 32°C

para continuar al siguiente proceso: desacetilación.

La desacetilación de la quitina fue realizada con NaOH al 50% a temperaturas de 60 y 100°C en un lapso de 2 horas, obteniendo así el quitosano. El rendimiento de extracción de quitina fue del 24.06% y el del quitosano fue de un 76.56%.

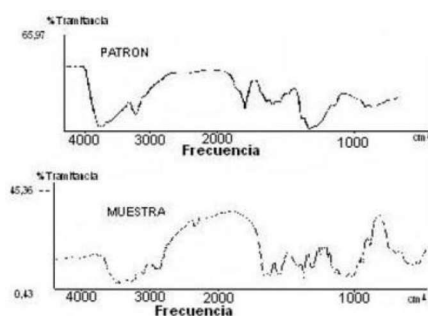
La caracterización de ambos biopolímeros se realizó mediante espectro de infrarrojo. La Fig. 4 y la Fig. 5 ilustran el espectro de ambas muestras obtenidas y el rango comercial Sigma Chemical Co.

Fig. 4. Espectros infrarrojos de la quitina comercial (Sigma Chemical Co.) y la quitina obtenida con caparazones de camarón.



Fuente: D. Mármol, Gutierrez, & Páez, 2014

Fig. 5. Espectros infrarrojos del quitosano comercial (Sigma Chemical. Co.) y la quitina tratada a 60°C.



Fuente: D. Mármol, Gutierrez, & Páez, 2014

Una vez contextualizadas las investigaciones realizadas por los cuatro autores seleccionados, se presenta la tabla 4, la cual tiene como función sintetizar los mecanismos utilizados por cada autor en los respectivos procesos químicos de extracción de quitina y quitosano, así como el rendimiento logrado en la extracción de los mismos.

Tabla 4. Resultados obtenidos, sintetizado.

Autor	Desmineralización	Desproteínización	Desacetilación	Resultados (Rendimiento de extracción)
(Colina, Ayala, & Rincón, 2014)	HCl y H ₃ PO ₄ Concentraciones (1, 2, 3 molar) (30 min, 1, 2, 3 y 4 h)	NaOH al 10% 100 - 110 °C 1h	NaOH 30% 100-120°C 6h	Promedio 11,29%
(Álava, 2015)	HCL 5% 24h 25°C (3 veces consecutivas)	NaOH al 5% 45 min 90°C	NaOH al 50% 5h 90°C	Quitina 21.1% y Quitosano 16.1%
(Hernández, Águila, & Flores, 2009)	HCl 0.6N 3h 30°C	NaOH al 1% 24h 28°C	NaOH al 50% 2h 60°C	Promedio 51.94%
(Mármol, Gutiérrez, & Páez, 2004)	HCl 0.6N 3h 28°C	NaOH al 1% 24h 28°C	NaOH al 50% 2h 60 y 100°C	Quitina 24.06% y Quitosano: 76.56%

Fuente: Autores.

Discusión

El método de extracción química de quitina y quitosano a partir de caparazones de crustáceos cuenta con tres fases principales las cuales se tuvieron en cuenta al momento de realizar la evaluación a los autores: Desmineralización, desproteínización y desacetilación.

Una vez definidas las variables de cada fase involucradas en cada investigación, se

observan similitudes en las soluciones químicas utilizadas, encabezadas por el uso de HCl y NaOH, cuyas propiedades los hacen idóneos para la extracción química. Aun así, se observa la incursión de los autores en el uso de otros químicos y formas de procesamiento como el H₃PO₄ el cual fue evaluado por Colina, Ayala, & Rincón como una alternativa al HCl, aunque producto de dicha investigación, se confirmó la supremacía del HCl como agente desmineralizador. En cuanto al procesamiento, se encontró una eventualidad en la metodología propuesta por Álava, cuyo proceso de desmineralización se realizó de igual forma en 3 veces consecutivas, buscando así, perfeccionar este proceso. Sin embargo, se encuentra al HCl al 0.6N, utilizado durante 3 horas a una temperatura de 28°C vinculada a los resultados con un mayor porcentaje de extracción.

En cuanto al proceso de desproteinización, el reactivo clave en las metodologías consultadas es en NaOH donde se encuentra una relación directamente proporcional entre el tiempo utilizado y el rendimiento de extracción y una relación inversamente proporcional entre rendimiento de extracción contra concentración del reactivo y temperatura; determinando así, la idoneidad del uso del NaOH en porcentajes bajos, especialmente 1%, a una temperatura de 28°C y en un lapso de 24 horas.

En el proceso de desacetilación se presenta un caso contrario al de desproteinización, esto en el sentido de que se evidencia una relación inversamente proporcional entre tiempo y

eficiencia de extracción. Este mismo comportamiento sucede con la temperatura, a diferencia de la concentración del NaOH cuyo comportamiento es directamente proporcional. Encontrando así, que la concentración de mejores resultados corresponde a aquella de NaOH al 50%, en un lapso de 2 horas a 60°C.

De acuerdo a las relaciones mencionadas anteriormente, es posible inferir que las metodologías que ofrecen un mayor rendimiento de extracción son Hernández, Águila, & Flores, 2009 y Mármol, Gutiérrez, & Páez, 2004 donde se evidencia que la relación entre la materia prima (caparazones de crustáceos), los reactivos utilizados y el producto final, son las más eficientes, siendo ambas, en promedio del 50 al 51.94% para todo el proceso extractivo. Aquellos resultados de bajo rendimiento de extracción, puede originarse en diversos factores, tales como errores humanos cometidos en laboratorio, combinaciones erradas de concentraciones de reactivos y aplicación de temperaturas muy elevadas.

Con el fin de determinar aquella metodología superior, se procede en última instancia a comparar los porcentajes de extracción con los análisis espectrofotométricos de ambas investigaciones, esto con el fin de hallar aquella que cumpla con la mejor relación cantidad obtenida – calidad del biopolímero. Los análisis espectrofotométricos de la muestra junto al rango comercial, permiten por observación, determinar si el biopolímero obtenido se acerca

o no a los lineamientos de calidad dispuestos a nivel comercial.

Una vez observadas las Fig. 3, Fig. 4, Fig. 5 y tabla 4, se determina que la metodología de mejor relación cantidad obtenida-calidad, es la dispuesta por Mármol, Gutiérrez, & Páez, 2004. Esto debido a la estrecha similitud con el rango comercial que poseen tanto la quitina como el quitosano extraído, a diferencia del resultado obtenido por son Hernández, Águila, & Flores, 2009, donde a pesar de poseer la relación de extracción más alta, evidencia una disparidad bastante notoria en el quitosano extraído y el rango comercial Sigma Aldrich, esto posiblemente debido a presencia de impurezas que alteran la pureza del producto final.

Conclusiones

De la presente revisión se puede concluir que en los diferentes estudios se logró extraer quitina y quitosano a partir de exoesqueletos desechados de crustáceos, disminuyendo de esta forma la generación de residuos, de los cuales se obtienen materiales con un alto valor agregado.

Así mismo, se evidenció como la búsqueda en la obtención de quitina y quitosano de calidad a partir de crustáceos, ha llevado a los investigadores a plantear diversas metodologías, donde son notorias las variaciones en las concentraciones químicas, temperaturas, tiempos de acción y definición de partes específicas del exoesqueleto que se utilizarán para el proceso.

Se definió una metodología de extracción, basada en una evaluación integral a los autores seleccionados, cuya información se convierte en una base para el planteamiento y desarrollo de otros proyectos donde la cantidad de biopolímeros obtenidos sea la más eficiente y de igual forma, la calidad de los productos finales se destaque por su alta cercanía al rango a nivel comercial.

Referencias

- [1] N. Simoes, M. Mascaró, U. Ordóñez y P. Ardisson, Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán, Yucatán, 2010.
- [2] T. Rudrapatnan, «Chitin: the undisputed biomolecule of great potential,» *Critical reviews in food science and nutrition*, pp. 43-145, 2003.
- [3] M. Colina, A. Ayala y D. Rincón, «Evaluación de los procesos para la obtención química de quitina y quitosano a partir de desechos de cangrejos. Escala piloto e industrial,» *Revista Iberoamericana de Polímeros Colina et als.*, pp. 21-43, 2014.
- [4] I. Polo, «Quitina a partir de productos de desecho,» Universidad de Sevilla, 2016.
- [5] J. Briceño y N. Morillo, «Recuperación de quitina a partir de los residuos sólidos generados del procesamiento industrial de crustáceos,» *Revista Cubana de química*, n° 3, pp. 17-26, 2008.
- [6] C. Ramirez, «Determinación del grado de desacetilación de quitosana mediante titulación potenciométrica, FTIR y Raman,» *Journal CIM*, vol. 4, n° 1, 2016.

- [7] T. García, «Industrialización de los crustáceos para la obtención de quitosano en ungüento con efecto cicatrizante,» *Industrial Data*, pp. 24-32, 2008.
- [8] P. Montalvo, «Aplicaciones farmacéuticas del quitosano,» Universidad Nacional de Ingeniería, 2009.
- [9] I. Barros, L. Guzmán y A. Tarón, «Extracción y comparación de la quitina obtenida a partir del caparazón de *Callinectes sapidus* Y *Penaeus vannameis*,» *U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* 18, pp. 227 - 234, 2015.
- [10] J. Johnson, «La gran enciclopedia de los animales,» Script edizioni, 2012, p. 13.
- [11] C. Peniche, «Estudios sobre quitina y quitosana. [Tesis en opción del título de Doctor en Ciencias],» Editorial Universidad de La Habana, 2006.
- [12] M. Santander, «Enciclopedia regional del Bío Bío,» Pehuén Editores Limitada, 2006.
- [13] A. Riveros, «Inducción de resistencia en plantas Interacción: Planta-Patógeno,» Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) San José, p. 261, 2010.
- [14] Z. Mármol, E. Gutiérrez y G. Páez, «Desacetilación termoalcalina de quitina de conchas de camarón,» *Multiciencias*, vol. 4, pp. 1-9, 2004.
- [15] C. Lárez, «Quitina y quitosano: materiales del pasado para el presente y el futuro,» *Avances en Química*, pp. 15-21, 2006.
- [16] C. Valenzuela y J. Arias, «Potenciales aplicaciones de películas de quitosano en alimentos de origen animal: una revisión,» *Avances en Ciencias Veterinarias*, pp. 33-47, 2012.
- [17] B. Park y M. Kim, «Applications of Chitin and Its Derivatives in Biological Medicine,» *International Journal of Molecular Sciences*, pp. 52-64, 2010.
- [18] C. Lárez, «Algunas potencialidades de la quitina y el quitosano para usos relacionados con la agricultura en Latinoamérica,» *Revista UDO Agrícola*, pp. 1-22, 2008.
- [19] Á. Sánchez, R. Vera y E. Muñoz, «Preparación y caracterización de membranas poliméricas electrohiladas de policaprolactona y quitosano para la liberación controlada de clorhidrato de tiamina,» *Ciencia en desarrollo*, pp. 133-151, 2016.
- [20] A. Pacheco, *Extracción biotecnológica de quitina para la producción de quitosanos: caracterización y aplicación*, Lyon: Université Claude Bernard, 2010.
- [21] P. López, *Obtención de quitosano a partir de desechos del exoesqueleto de camarón Tifí (*Xiphopenaeus Riveti*) para el desarrollo de películas poliméricas plastificadas con glicerina*, Santiago de Cali: Universidad de San Buenaventura, 2014.
- [22] I. Aranaz, N. Acosta y C. Civera, «Cosmetics and cosmeceutical applications of chitin, chitosan and their derivatives,» *Polymers*, pp. 1-25, 2018.
- [23] M. Benavente y e. ál., «Sorption of heavy metals from gold mining wastewater using chitosan,» *Journal of the Taiwan Institute of*

- Chemical Engineers, vol. 42, n° 6, pp. 976-988, 2011.
- [24] J. Álava, «Aplicación de quitosano como biocoagulante en aguas residuales contaminadas con hidrocarburos,» ResearchGate, pp. 52-64, 2015.
- [25] A. Medina y D. Nogueira, «Consideraciones y criterios para la selección de procesos para la mejora: Procesos Diana,» Ingeniería Industrial, pp. 272-281, 2012.
- [26] Montaner, Tirado y Zamudio, «Extracción y caracterización de propiedades fisicoquímicas, morfológicas y estructurales de quitina y quitosano obtenido de *Brachystola magna* (Girard),» Revista Mexicana de Ingeniería Química, pp. 749-761, 2016.
- [27] H. Hernández, E. Águila y O. Flores, «Obtención y caracterización de quitosano a partir de exoesqueletos de camarón,» Superficies y Vacío, pp. 57-60, 2009.
- [28] J. Zubiria y A. Jiménez, «Análisis de los métodos para extracción de quitina de los residuos de camarón según parámetros económicos y ambientales,» Ciencia e Ingeniería, pp. 1-9, 2014.