

Obtención de biopolímero de exoesqueleto de camarón y estudio de aplicaciones en remediación ambiental

Alejandro Motolinia Avilés¹, André León García Rivas¹, Adriana Benítez Rico^{1,2}

¹Facultad de Ciencias Químicas, Universidad La Salle México. Ciudad de México, México.

²Vicerrectoría de Investigación, Universidad La Salle México. Ciudad de México, México.

a-ma@sallistas.org.mx, andre.rivas@lasallistas.org.mx,
adriana.benitez@lasalle.mx

Resumen

Este trabajo de investigación se enfocó en aprovechar los residuos de camarón para obtener quitosano, un biopolímero valioso, a través de tres métodos diferentes: recuperación convencional, biotecnológica y por explosión de vapor (*steam explosion*). Para evaluar la pureza del material obtenido, se determinó el grado de desacetilación utilizando espectroscopía infrarroja. Se encontró que el quitosano tiene aplicaciones prometedoras en ciencias ambientales, como adsorbente de contaminantes y como material de soporte para catalizadores. En este estudio, se probó el quitosano como adsorbente del colorante Rojo Directo-28, ampliamente utilizado en la industria textil. Además, se utilizó como materia prima para soportar óxidos de hierro, los cuales se emplean como catalizadores en el tratamiento de aguas. Este proyecto contribuye principalmente a dos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030: el ODS 6, sobre agua limpia y saneamiento, y el ODS 14, sobre vida submarina. Al aprovechar los residuos de camarón para producir quitosano con aplicaciones ambientales, se reduce la contaminación y se promueve la economía circular.

Palabras Clave: Quitosano. Biopolímero. Remediación ambiental

1 Descripción de la problemática prioritaria abordada

Los residuos de camarón, generados en grandes cantidades por la industria pesquera, representan un desafío ambiental debido a su potencial contaminante. Sin embargo, estos residuos también contienen quitosano, un biopolímero con propiedades únicas que puede ser aprovechado para diversas aplicaciones. El quitosano se obtiene a partir de la quitina, el segundo polímero natural más abundante después de la celulosa, es un biopolímero que se extrae del exoesqueleto de artrópodos.

El uso del quitosano derivado de las cáscaras de camarón como adsorbente de contaminantes o soporte catalítico contribuye a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). En particular, se relaciona con el ODS 6, que busca garantizar agua limpia y saneamiento, ya que su aplicación permite obtener agua más limpia. Asimismo, se vincula al ODS 14 [1], que se enfoca en la vida submarina, ya que la reducción de colorantes y otros contaminantes en el agua, mediante la adsorción con quitosano, mejora la penetración de luz necesaria para los organismos acuáticos.

Memorias del Concurso Lasallista de Investigación, Desarrollo e innovación

Vol. XI, Núm. 1, pp. DyT 163-168, 2024, DOI 10.26457/mclidi.v11i1.4295 Universidad La Salle México.

ALEJANDRO MOTOLINIA AVILÉS de la carrera en INGENIERÍA QUÍMICA, ANDRÉ LEÓN GARCÍA RIVAS de la carrera en QUÍMICO FARMACOBIOLOGO, de la FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, de la UNIVERSIDAD LA SALLE MÉXICO.

ADRIANA BENÍTEZ RICO fue la asesora de este trabajo.

Al aprovechar los residuos de camarón para producir quitosano y aplicarlo en la remediación ambiental, se contribuye a la reducción de la contaminación y se promueve la economía circular. Este material es amigable con el medio ambiente debido a su biodegradabilidad, biocompatibilidad y no toxicidad. Además, presenta características como baja densidad, porosidad, bajo costo e hidrofobicidad, lo que le otorga un gran potencial en diversas aplicaciones, tales como la adsorción [2] de contaminantes químicos y metales pesados en el agua, así como en soportes enzimáticos y catalíticos [3]. Tradicionalmente, la extracción de quitosano se ha realizado mediante métodos convencionales que implican el uso de productos químicos y generan residuos. En esta propuesta presentamos métodos alternativos, como la recuperación biotecnológica y la explosión de vapor (*steam explosion*), que buscan ser más eficientes y respetuosos con el medio ambiente.

Objetivo

Desarrollar un proceso eficiente y sostenible para obtener quitosano a partir de las cáscaras residuales de camarón, y evaluar su desempeño como adsorbente de colorantes y soporte de catalizadores para el tratamiento de aguas contaminadas.

2 Propuesta teórico-metodológica

La quitina se extrae de la cáscara de camarón, en este trabajo se utilizaron 3 métodos:

- a) convencional; se desproteíniza y desmineraliza con NaOH 2M y HCl 6M
- b) *steam explosion*: se utiliza un reactor operando a altas presiones y temperaturas para desproteínizar y desmineralizar en un paso por despresurización del reactor.
- c) biotecnológico: se utiliza una enzima proteasa para la desproteínización y lavados con ácidos débiles para desmineralización

Una vez que se obtiene la quitina de los residuos de camarón, se utiliza una solución de hidróxido de sodio en agua con agitación continua para llevar a cabo la desacetilación de la quitina mediante la siguiente reacción. Una vez que la desacetilación se llevó a cabo, se filtran los sólidos de dicha reacción, y son enjuagados con agua destilada hasta deshacerse del hidróxido de sodio remanente en ellos. El resultado de esta operación es quitina desacetilada, es decir, quitosano. Este procedimiento se lleva a cabo de manera idéntica para los 3 métodos de obtención de quitina. En la Figura 1. Aprecia la transformación de quitina a quitosano.

El grado de desacetilación del quitosano es nos permite evaluar su pureza, este se obtuvo a partir de los espectros de Infrarrojo de las muestras obtenidas mediante la siguiente ecuación [4]:

$$DD = \frac{A_{1655}}{A_{3450}} \cdot \frac{100}{1.33} \quad \text{ecuación 1[5]}$$

Donde:

DD es el grado de desacetilación (%)

A es la absorbancia infrarroja de la muestra en la frecuencia 1655 y en la 3450

Tras la obtención y caracterización del quitosano, este fue probado de dos maneras, como adsorbente de colorantes azoicos presentes en agua y como soporte de catalizadores basados en óxidos de hierro. Para la adsorción de colorantes azoicos presentes en agua, se realizaron varias soluciones del colorante Rojo Directo 28 con concentraciones entre 20-100 ppm a las que se añade una cantidad conocida de quitosano como agente adsorbente y se deja en agitación, se toman alícuotas en función del tiempo y se evalúan los espectros de UV – visible para evaluar la cantidad de colorante que de adsorbe en la superficie del quitosano.

Para su uso como soporte [2, 3] de catalizadores en forma de polvos se disuelve el quitosano en una disolución de ácido clorhídrico, se agregan los catalizadores y un agente entrecruzador como lo fue el glicerol con una relación 3:1 en gramos.

4 Discusión de resultados

En la Tabla 1, se muestra el grado de desacetilación (%DD) alcanzado por las muestras de quitosano utilizando cada uno de los métodos empleados, con un promedio cercano al 75%. Esto indica que, independientemente de la metodología utilizada, se obtiene quitosano con un porcentaje de pureza similar. Esta información nos permite seleccionar la metodología más amigable con el medio ambiente, siendo el método de explosión de vapor (steam explosion) el más adecuado, debido a que no hace uso de reactivos químicos y a que el proceso consume alrededor de media hora para terminarse. El método convencional implica sumergir las cáscaras en un baño de ácido clorhídrico a una concentración de 6 M durante cinco horas. Después de la filtración y el lavado hasta alcanzar un pH neutro, se trata la quitina con una solución de hidróxido de sodio a 2 M para purificarla. Por otro lado, el método enzimático requiere tiempos prolongados de reacción para permitir la acción de la proteasa, además de lavados con ácidos orgánicos que, a largo plazo, resultan más costosos.

Los resultados de adsorción del quitosano se pueden observar en la Figura 2. Se probaron concentraciones de colorante Rojo de 20, 30, 40 y 50 ppm en un volumen de 50 ml, utilizando 30 mg de quitosano. Los espectros obtenidos se registraron 48 horas después de iniciado el contacto y revelan que el colorante es removido casi en su totalidad. En la Figura 3, se muestran los espectros de UV-Vis para el monitoreo de la adsorción de Rojo Directo 28 en función del tiempo, este método nos permitió identificar la cantidad de colorante que se absorbe con respecto a la cantidad de quitosano utilizado para diferentes tiempos de contacto. Desde tiempos cortos (30 min.), el quitosano es capaz de adsorber el colorante en gran proporción. Ambos resultados demuestran el potencial del quitosano como material adsorbente en el tratamiento de aguas residuales de la industria textil.

Por último, el quitosano obtenido se suspendió y se reticuló utilizando agentes entrecruzantes para obtener una película polimérica con un catalizador embebido. Como se aprecia en la Figura 4, se lograron obtener muestras sólidas, estables y bien impregnadas de este material. El catalizador soportado se utiliza en procesos de oxidación avanzada (foto-fenton), lo que abre la posibilidad de utilizarlo como soporte y así facilitar la metodología en el tratamiento de aguas [2].

Los resultados obtenidos son prometedores en cuanto al uso de este material en la remediación ambiental, ya sea como soporte de catalizadores o como adsorbente debido a los resultados obtenidos de espectroscopia UV-Vis. Si bien aún faltan pruebas y ensayos experimentales, los resultados son prometedores en el uso de este residuo para apoyar al tratamiento de aguas residuales.

5 Conclusiones y perspectivas futuras

La investigación ha demostrado que es posible obtener quitosano de alta pureza a partir de cáscaras de camarón utilizando diferentes métodos de extracción, siendo el método de explosión de vapor (steam explosion) el más eficiente y amigable con el medio ambiente por los tiempos de obtención y costos ya que porque minimiza el uso de reactivos químicos con respecto a las otras propuestas experimentales.

Los resultados de las pruebas de adsorción indican que el quitosano tiene un alto potencial para remover colorantes de soluciones acuosas como el Rojo Directo 28, que es muy común en la industria textil y contribuye a la contaminación de los ecosistemas acuáticos.

La capacidad del quitosano para adsorber contaminantes y su uso como soporte para catalizadores sugieren que este biopolímero puede ser una solución viable y sostenible para el tratamiento de aguas contaminadas. Esto contribuye a la remediación ambiental y a la economía circular al aprovechar un residuo de la industria pesquera.

Este trabajo se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 6 y 14 de la Agenda 2030, al promover el acceso a agua limpia y saneamiento, así como la protección de la vida submarina.

La utilización de quitosano derivado de cáscaras de camarón no solo ayuda a reducir la contaminación, sino que también fomenta el uso sostenible de recursos. Investigaciones adicionales podrían enfocarse en la mejora de las propiedades del quitosano y en su aplicación en otros contaminantes y procesos de tratamiento.

3 Referencias

- [1] Naciones Unidas. (s.f.). Océanos - Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/oceans/>
- [2] Gianina A. Kloster, Mirna A. Mosiewicki, Norma E. Marcovich, Chitosan/iron oxide nanocomposite films: Effect of the composition and preparation methods on the adsorption of congo red, Carbohydrate Polymers, Volume 221, 2019, Pages 186-194, Chitosan/iron oxide nanocomposite films: Effect of the composition and preparation methods on the adsorption of congo red - ScienceDirect
- [3] Federico Cesano, Gaia Fenoglio, Luciano Carlos, Roberto Nisticò, One-step synthesis of magnetic chitosan polymer composite films, Applied Surface Science, Volume 345, 2015, Pages 175-181, One-step synthesis of magnetic chitosan polymer composite films - ScienceDirect
- [4] Guibal, Eric & Vincent, Thierry & Navarro-Mendoza, Ricardo. (2014). Metal ion biosorption on chitosan for the synthesis of advanced materials. Journal of Materials Science. 49. 10.1007/s10853-014-8301-5.
- [5] Curbelo Hernández, Caridad, Palacio Dubois, Yadira, & Fanego Hernández, Sandra. (2021). DESACETILACIÓN DE QUITINA OBTENIDA POR VÍA QUÍMICA DE EXOESQUELETOS DE CAMARÓN LITOPENAEUS VANNAMEI. *Centro Azúcar*, 48(3), 53-61. Epub 01 de julio de 2021. Recuperado en 18 de septiembre de 2024, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612021000300053&lng=es&tlng=es.

Tabla 1. Grado de desacetilación de la quitina por diferentes métodos, evaluada de los espectros de Infrarrojo

Metodología	%DD
Convencional	75.07
Steam explosion	75.34
Biotecnológico	74.97

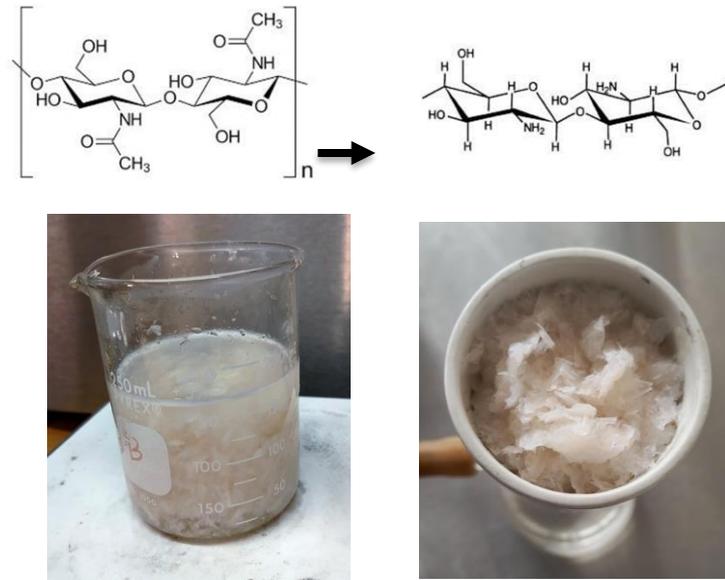


Figura 1. izq. reacción de conversión de quitina a quitosano; der. proceso de desacetilación para la obtención de quitosano. Parte inferior se muestra el proceso de desacetilación que se llevo a cabo para todas las muestras obtenidas por diferentes rutas (convencional, steam explosion, biotecnológica)
Fuente: Elaboración propia

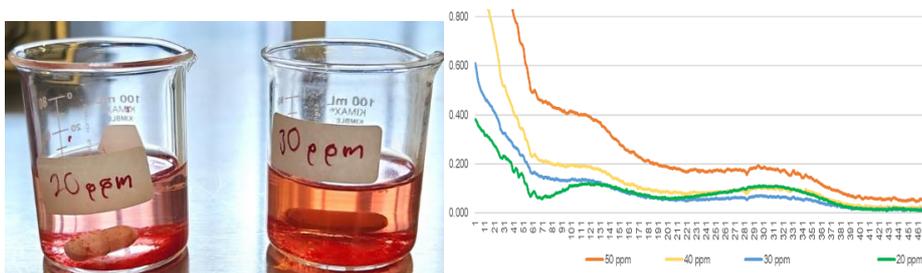


Figura 2. Ensayos de adsorción a diferentes concentraciones, izq. Fotografía tomada despues de 48h; der. Espectros de UV. Fuente: Elaboración propia.

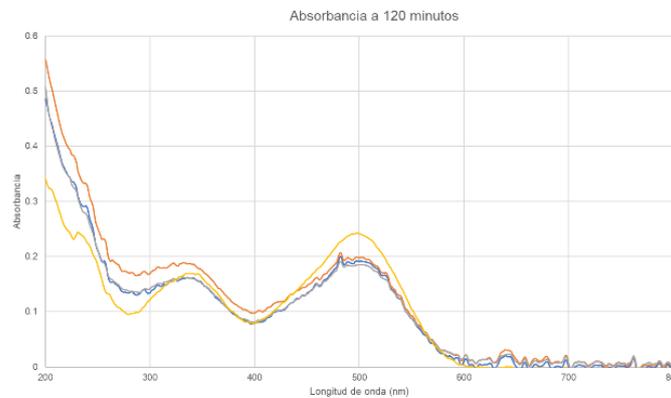


Figura 3. Adsorción en función del tiempo de Rojo Directo-28 a 50 ppm utilizado 50 mg de quitosano en 50 ml de disolución. Fuente: Elaboración propia.

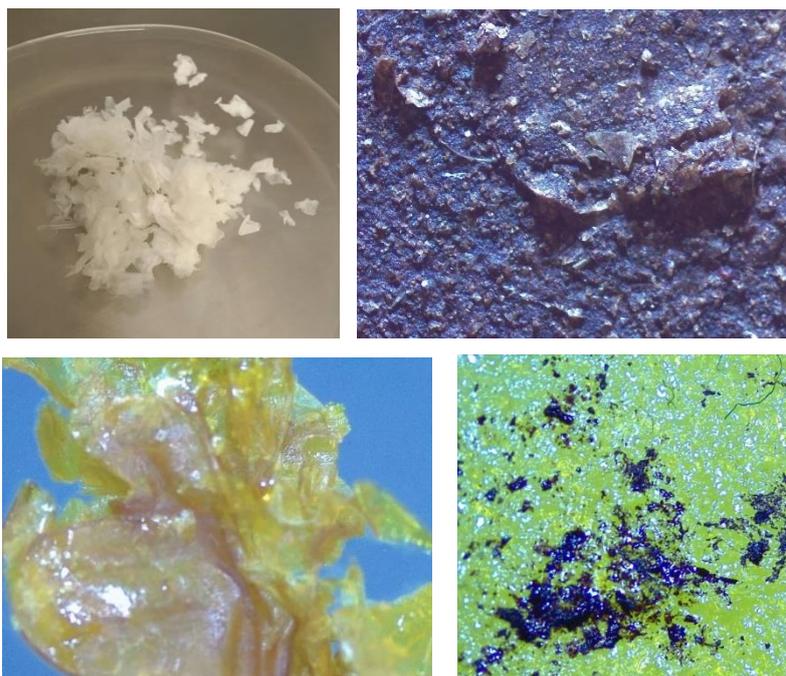


Figura 4. Quitosano puro y películas de quitosano con catalizadores de hierro embebidos. Fuente: Elaboración propia