

Quitosano, la alternativa más sustentable para la agricultura

Adrián Arroyo Galván

Actualmente, la agricultura se enfrenta a desafíos como el cambio climático, la urbanización, la disminución de la tierra cultivable y el agotamiento de los recursos naturales. Para satisfacer la creciente demanda global de alimentación es fundamental potenciar la producción agrícola; no obstante, las plagas, hongos, virus y bacterias representan un problema a resolver. Consecuentemente, la investigación científica se ha enfocado en estudiar diversos materiales biodegradables y biocompatibles para aplicaciones en los cultivos agrícolas.

El quitosano es un polímero natural que ha ganado interés gracias a su versatilidad funcional: ya sea como biopesticida o biofertilizante, puede incrementar la producción de alimentos a través de la estimulación del crecimiento, el aporte de nutrientes y su efecto sobre la eficiencia en la absorción del agua en las plantas. Las amplias capacidades del quitosano radican en sus propiedades físicas, químicas y biológicas, y por ser apto para funcionar como un revestimiento para semillas con la finalidad de protegerlas de ataques microbianos antes de su germinación (Boamah *et al* 2023).

¿QUÉ ES Y CÓMO OBTENER EL QUITOSANO?

El quitosano se obtiene a partir de la quitina, el segundo polímero más abundante en el planeta (después de la celulosa) y está constituido por moléculas de N-acetil-D-

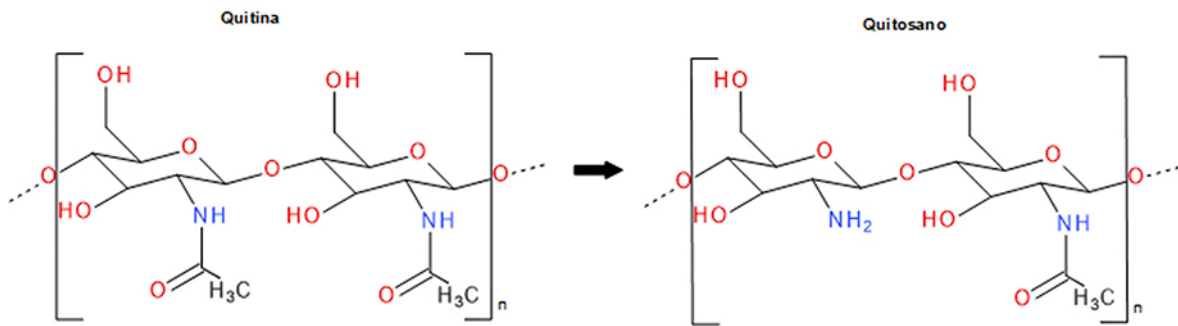


Figura 1. Monómero de quitina y monómero de quitosano.

glucosamina (moléculas acetiladas) y de β -1,4-D-glucosamina (moléculas desacetiladas); la proporción de estas dependerá del grado de desacetilación que se haya obtenido (Figura 1).

Existen diversas fuentes de obtención de la quitina; del reino animal es posible extraerla del exoesqueleto de crustáceos (Kou *et al.*, 2021), de moluscos, de algas y de insectos (Hisham *et al.*, 2024). Por otro lado, en el reino Fungi, la segunda comunidad de organismos más grande, también está presente la quitina. Algunas divisiones como Ascomycetos, Basidiomicetos y Ficomycetos son ejemplo de ello (Pellis *et al.*, 2022). En términos generales, la proporción de quitina presente en los mencionados organismos varía del 20 % al 30 % en los exoesqueletos de crustáceos, del 5 % al 25 % en las cutículas de insectos, y del 2 % al 44 % en las paredes celulares de los hongos (Alimi *et al.*, 2023).

El quitosano puede ser extraído mediante distintos métodos. El principal es el tratamiento químico que consiste en la desproteínización, desmineralización, descolorización y desacetilación del exoesqueleto de los organismos que lo contienen. En dichos procesos son comúnmente utilizados agentes básicos y ácidos, así como solventes orgánicos a temperaturas de hasta 160 °C. (Issahaku *et al.*, 2023).

A pesar de que la vía química es el método más utilizado, existen alternativas orientadas a una mayor sustentabilidad. Por ejemplo, mediante fermentación y degradación enzimática. En el caso de la fermentación, los microorganismos pueden desarrollarse en la fuente de quitosano o pueden ser cultivados.

La desproteínización es conducida por enzimas proteolíticas y la desmineralización a través de los ácidos orgánicos de los microorganismos. Estas enzimas hidrolizan los enlaces beta glucosídicos de las moléculas acetiladas de D-glucosamina y pueden ser obtenidas mediante aislamiento de bacterias, cianobacterias, hongos y plantas (Islam *et al.*, 2023).

EL QUITOSANO COMO REVESTIMIENTO PARA SEMILLAS Y SU MECANISMO DE ACCIÓN

Actualmente, el quitosano ha llamado la atención en el sector agrícola debido a sus capacidades de potenciar los mecanismos de defensa de las plantas, de estimular el crecimiento y de funcionar como agente antimicrobiano con la producción de fitoalexinas, inhibidores de proteínas, quitinasas y especies reactivas de oxígeno; todos estos, compuestos generados por la planta para su protección contra organismos patógenos. En el caso del revestimiento de semillas, el quitosano contribuye al incremento de porcentaje de germinados, a la reducción del tiempo para germinar y al aumento del tamaño de tallo y la raíz (Riseh *et al.*, 2023).

La capacidad antimicrobiana del quitosano radica principalmente en su grado de desacetilación, que indica el número de grupos acetilo presentes en la cadena polimérica. Si la quitina tiene un grado de desacetilación superior al 50 %, entonces es considerada quitosano (Sánchez-Machado *et al.*, 2024). La remoción de los grupos acetilos en la molécula implica la formación de grupos N-glucosamina, los cuales, a través de sus cargas eléctricas positivas, provocan la ruptura de la membrana celular microbiana e impiden

el transporte molecular inter y extracelular, lo que afecta negativamente a su metabolismo (como la degradación de proteínas y componentes celulares), y resulta en la inhibición del crecimiento microbiano (Chen *et al.*, 2023). Así mismo, se ha demostrado que los revestimientos de semillas a base de quitosano son capaces de lograr más del 80 % de inhibición de ataque de áfidos (insectos) en cultivos, debido al estímulo de producción de anticuerpos por parte de la planta. Además, el rendimiento de la planta puede aumentar un 20 % debido a la permeabilidad selectiva del revestimiento en función del consumo de agua y la retención de dióxido de carbono, ambos compuestos fundamentales para el desarrollo vegetal (Zeng *et al.*, 2012).

CONCLUSIÓN

El origen biológico del quitosano implica que su producción es posible de forma masiva o, incluso, como aprovechamiento de los subproductos de la industria pesquera (exoesqueletos de crustáceos y moluscos); esta condición convierte al quitosano en un recurso renovable para sus diferentes aplicaciones. En el caso del revestimiento de semillas, el quitosano confiere propiedades antimicrobianas contra posibles patógenos que afecten la germinación o que conduzcan a su deterioro; así mismo, resulta interesante cómo este polímero natural fomenta el crecimiento de las plantas una vez germinadas, con respecto a aquellas que no cuentan con este estímulo.

Es prioritario continuar con las líneas de investigación sobre el quitosano y los posibles agentes adicionales que interaccionen en un solo sistema (revestimiento) para potenciar la protección a la semilla, el crecimiento de la plántula y el incremento de la productividad de la planta. Finalmente, con el objetivo de que la producción de quitosano sea más sustentable, los métodos de extracción o síntesis de quitosano deben ser de bajo costo, estar basados en solventes económicos y de bajo impacto ambiental, y en tratamientos energéticos (por ejemplo, la aplicación de ultrasonido para la desacetilación de la quitina). De esta forma, la aplicación de revestimientos de semilla a base de quitosano puede ser un método

importante para países que tengan la necesidad de proteger sus cultivos y mejorar su producción agrícola.

R E F E R E N C I A S

- Alimi BA, Pathania S, Wilson J, Duffy B and Frias JMC (2023). Extraction, quantification, characterization, and application in food packaging of chitin and chitosan from mushrooms: A review. *International Journal of Biological Macromolecules* 237:124195. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.124195>.
- Chen Y, Liu Y, Dong Q, Xu C, Deng S, Kang Y, Fan M and Li L (2023). Application of functionalized chitosan in food: A review. *International Journal of Biological Macromolecules* 235:123716. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.123716>.
- Hisham F, Maziati Akmal MH, Ahmad F, Ahmad K and Samat N (2024). Biopolymer chitosan: Potential sources, extraction methods, and emerging applications. *Ain Shams Engineering Journal* 15(2):102424. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102424>.
- Islam N, Hoque M and Taharat SF (2023). Recent advances in extraction of chitin and chitosan. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 39,28: DOI: <https://doi.org/10.1007/s11274-022-03468-1>.
- Issahaku I, Tetteh IK and Tetteh AY (2023). Chitosan and chitosan derivatives: Recent advancements in production and applications in environmental remediation. *Environmental Advances* 11: 100351. <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2023.100351>.
- Kou S (Gabriel), Peters LM and Mucalo MR (2021). Chitosan: A review of sources and preparation methods. *International Journal of Biological Macromolecules* 169:85-94. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.12.005>.
- Pellis A, Guebitz GM and Nyanhongo GS (2022). Chitosan: Sources, Processing and Modification Techniques. *Gels* 8(7), 393. DOI: <https://doi.org/10.3390/gels8070393>.
- Riseh RS, Vazvani MG and Kennedy JF (2023). The application of chitosan as a carrier for fertilizer: A review. *International Journal of Biological Macromolecules* 252:126483. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.126483>.
- Sánchez-Machado DI, López-Cervantes J, Escárcega-Galaz AA, Campas-Baypoli ON, Martínez-Ibarra DM and Rascón-León S (2024). Measurement of the degree of deacetylation in chitosan films by FTIR, ¹H NMR and UV spectrophotometry. *MethodsX* 12:102583. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mex.2024.102583>.
- Zeng D, Luo X and Tu R (2012). Application of Bioactive Coatings Based on Chitosan for Soybean Seed Protection. *International Journal of Carbohydrate Chemistry* 2012:104565. DOI: <https://doi.org/10.1155/2012/104565>.

Adrián Arroyo Galván
Centro de Investigación en Ciencia Aplicada
y Tecnología Avanzada, Unidad Altamira
Instituto Politécnico Nacional
adrian.arroyo.g7@hotmail.com



© Honorio Cruz. Detalle de *La vasija del gallo 1*. Cerámica de alta temperatura, 150 x 50 x 52 cm.