

Bioeconomía circular del residuo de exoesqueleto de camarón bajo un enfoque de corresponsabilidad ecosistémica

Elithsine Espinel Armas¹  

Franklin Gaviláñez Elizalde²  

María Gabriela Leal³  

Recibido: 23/01/2025 Aceptado: 07/07/2025 Actualizado: 16/12/2025

DOI: 10.17151/luaz.2025.61.3

Resumen

Los residuos del exoesqueleto del *Litopenaeus vannamei* representan un desafío ambiental para la industria ecuatoriana del camarón, pese a su potencial como fuente de quitina y quitosano. Aunque se evidencian importantes aplicaciones técnicas en los sectores químico-ambiental, agrícola-alimentario, y biomédico-farmacéutico, su manejo sigue un paradigma antropocéntrico que prioriza el beneficio económico y humano por sobre la salud ecosistémica. Este estudio propone un marco ético ambiental basado en la responsabilidad y la prevención para reorientar la valorización de este residuo desde una perspectiva no antropocéntrica, articulando lo técnico con la dimensión moral. La pregunta de investigación fue: ¿de qué manera la bioeconomía circular ética fomenta el aprovechamiento sostenible de los desechos del exoesqueleto del camarón? La revisión sistemática se sostuvo en la búsqueda exhaustiva de información relevante y pertinente de acuerdo con las categorías establecidas. Se basa en una revisión sistemática de 76 estudios sobre extracción de quitina y quitosano, aplicaciones en la industria, que mostraron la carencia de criterios de reparación ecosistémica. Los resultados indican que los intentos tecnocientíficos y económico-sociales antropocéntricos no son suficientes para manejar los desechos del camarón de manera que beneficien a los ecosistemas y a los seres vivos, por tanto, se requiere un enfoque no antropocéntrico basado en valores morales para su cuidado y manejo responsable. Concluimos que las 5R – rechazar, reducir, reutilizar, reciclar y restaurar– deben ser internalizadas como un eje central en la práctica investigativa del Estado ecuatoriano.

Palabras clave: ética ambiental, industria, residuo, quitina, quitinoso (fuente: *Tesauro LCSH, EuroVoc*)

Circular bioeconomy of shrimp exoskeleton waste under an ecosystem co-responsibility approach

Abstract

Shrimp exoskeleton waste from *Litopenaeus vannamei* poses significant environmental challenges for Ecuador's shrimp industry, despite its potential as a source of chitin and chitosan. While technical applications exist in chemical-environmental, agri-food, and biomedical-pharmaceutical sectors, current management follows an anthropocentric paradigm that prioritizes economic and human benefits over ecosystem health. This study proposes an environmental ethics framework grounded in responsibility and prevention to reorient waste valorization toward a non-anthropocentric approach, integrating technical and moral dimensions. The research question guiding this work was: *How can an ethical circular bioeconomy promote sustainable utilization of shrimp exoskeleton waste?* Through a systematic review of 76 studies on chitin/chitosan extraction and industrial applications, we identified a critical lack of ecosystem repair criteria. Results demonstrate that current techno-scientific and socio-economic approaches—rooted in anthropocentrism—fail to ensure benefits for ecosystems and living beings. Instead, we argue for a non-anthropocentric model based on moral values for responsible management. We conclude that the 5Rs –Refuse, Reduce, Reuse, Recycle, Restore– must be internalized as a central axis in the investigative practice of the Ecuadorian State.

Keywords: environmental ethics, industry, waste, chitin, chitinous (source: *LCSH Thesaurus*, *EuroVoc*)

Introducción

La acuicultura es el cultivo de especies acuáticas en espacios específicos, su impulso obedece a la creciente demanda de productos marinos. Es una alternativa sostenible que no requiere suelo y ofrece nutrientes biológicamente comparables a los de origen terrestre. El cultivo de camarón se hace en los ambientes costeros y continentales utilizando aguas salobres, marinas e hipersalinas, y que tradicionalmente se realiza por flujo abierto y oxigenación artificiales, ya sea en la modalidad extensiva, semi-intensiva e intensiva. La cría de camarones es el sector más rentable de la industria

acuícola a nivel global, superando a cualquier otra especie marina en generación de ingresos. China lidera la producción, la cual es en gran parte destinada al consumo interno, mientras que India es el principal exportador. En contraste, los países nórdicos y Canadá son los mayores importadores (Cuéllar Sáenz, 2020).

La camaronicultura en Ecuador es el sector de exportación más relevante después del petróleo, y representa el 90 % del sector acuícola, lo que evidencia su significativa importancia para la economía nacional, y por la preferencia gastronómica, básicamente el camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) es ampliamente cultivado. Esta actividad inició a finales de los 60 con un sostenido crecimiento, básicamente las granjas camaroneras se ubican en la región costera, la siembra y producción la realizan durante todo el año. Las exportaciones del camarón durante el año 2023, según Estadísticas de Comercio Exterior del Banco Central del Ecuador, se ubican en 1,214,798,20, TM (peso neto) con un valor FOB de 7,205,228,2 (en miles de USD), lo cual lo ubica como el tercer producto de exportación después del petróleo y el banano (Banco Central del Ecuador [BCE], 2024).

El camarón de tipo *Vannamei* es la especie más capturada por tener mayor demanda, y es considerada como la más resistente a cambios ambientales en su etapa de crecimiento (Cámara Nacional de Acuacultura [CNA], 2024). Su procesamiento genera gran cantidad de exoesqueletos, los mismos que se consideran subproductos (Paredes, 2024, citando a Jiang et al., 2019). Esto da como resultado “una gran cantidad de exoesqueletos de crustáceos provenientes de las diferentes empacadoras del país, que no son aprovechados” (Alvarado, 2011, p.13), o poco reutilizados para la generación de productos potencialmente industrializables.

Aunque la industria camaronera es una fuente importante de recursos económicos, se afirma:

(...) es también de las menos eficientes en el uso de los recursos: hasta el 70% en peso de los camarones cosechados se convierten en residuos, generalmente considerados desechos. Estos desechos comprenden las cabezas, intestinos, colas y exoesqueletos, los cuales son comúnmente arrojados al medio ambiente, causando un grave daño al ecosistema; no obstante, estos residuos son fuente importante de compuestos de interés productivo, como las proteínas, carotenoides, quitina, ácidos grasos poliinsaturados, compuestos fenólicos y minerales como el calcio y fósforo, entre otros (Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo [CIAD], 2022, párr.1-2).

Esto implica retos provocados por el impacto ambiental que genera su producción, pesca, limpieza, comercialización y conservación (Instituto del Agua, s.f.). Los desechos orgánicos provenientes de la pesca debido a su contacto con factores ambientales se descomponen o desintegran de manera acelerada, provocando acumulación de bacterias y otros problemas que provocan insalubridad y por tanto, problemas de salud (Ovalle et al., 2022). Los residuos de la maricultura impactan negativamente los lechos marinos. El uso de hormonas y antibióticos, aunque no siempre respaldado por investigaciones formales, es un tema de preocupación en las comunidades y puede representar un serio desafío para la salud humana. Además, el uso de productos tóxicos antiincrustantes y la propagación de enfermedades a poblaciones silvestres pueden alterar significativamente la dinámica y el equilibrio de los ecosistemas (Wang et al., 2010, citado por Boix, 2022).

Los cálculos muestran que el 8 % del total de las capturas, unos siete millones de toneladas de pescado, por ejemplo, se desperdicia cada año. De este total, la pesca de arrastre del camarón tropical tiene la tasa de descarte más alta, ya que supone el 27 % de los desechos, es decir, 1,8 millones de toneladas (Ministerio del Ambiente, 2013), lo que sumado al promedio de desecho proveniente del cultivo de camarón de la empresa privada, es de 1,143,02 t. Si a esto se adiciona lo que generan otras industrias de alimentos y los desechos de casas, oficinas, escuelas, centros comerciales y todas las industrias de las ciudades en el Ecuador, la cantidad de basura es considerable.

¿Se podría hacer algo con tanto desperdicio? La respuesta de la ciencia es que sí.

Cabanillas et al. (2020) indican sobre los desechos de camarón que “muchos reportes señalan que son una fuente importante de compuestos de interés industrial, entre ellos la quitina y la astaxantina, ampliamente estudiadas en diversas aplicaciones de distintas áreas, incluso con efectos benéficos para la salud” (p. 1). Sobre esto, Mata (2012) explica que la reducción de contaminación por la generación de residuos sólidos, “como los exoesqueletos de camarones provenientes de la producción industrial o el uso doméstico en restaurantes, estos podrían aprovecharse como materia prima para obtener quitina y posteriormente quitosano, utilizando métodos químicos de desacetilación, desproteinización y despigmentación, mediante hipoclorito de sodio” (p.23).

En la actualidad los residuos principalmente son utilizados en la producción de harinas y un alto porcentaje se desecha. Sin embargo, estos desechos pueden ser procesados para generar productos industrialmente utilizables. Los desechos sólidos de la industria camaronera, que están compuestos

principalmente por el cefalotórax, tienen como uno de los principales componentes la quitina, que normalmente se encuentra asociada a proteínas, minerales, lípidos y pigmentos (Velasco et al., 2019).

Por ello, constituye una oportunidad extraordinaria el aprovechamiento de los desechos del camarón y materiales residuales. Así, Alvarado (2011) señala:

Un ejemplo de esto son los exoesqueletos de camarón que en épocas pasadas eran consideradas basura e incluso constituían un problema de contaminación para la sociedad. En países como China este material es muy valorado ya que sirve como componente principal para la elaboración de medicamentos y otras sustancias de la industria farmacéutica (p.1).

La quitina así obtenida con un 40 % de rendimiento, se puede luego obtener quitosano con un 87 % de rendimiento. Según Moreno-Cabrera (2017):

La presencia de grupos aminos en la cadena polimérica ha hecho del quitosano uno de los materiales más versátiles (...) por la posibilidad de realizar una amplia variedad de modificaciones, tales como las reacciones de anclaje de enzimas, reacciones de injerto, obtención de películas entrecruzadas (p. 21).

La producción anual de quitina y quitosano purificado, en los últimos diez años, se estima en 1,600 toneladas, siendo Estados Unidos y Japón los principales productores, y en menor escala en India, Italia y Polonia. Se estima que la producción mundial actual está cerca de las 70 mil toneladas, cifra que resulta insuficiente para satisfacer la demanda global de este compuesto, utilizado preferentemente como agente quelante y floculante en el tratamiento de aguas residuales. Además, se lo emplea en la industria cosmética y alimentaria, lo cual produce aumento en su demanda, ya que las empresas las visualizan el crecimiento significativo en sus ventas cuando “las aplicaciones específicas de quitina y quitosano sean incorporadas a las legislaciones nacionales y, en particular, una vez que se reconozca su inocuidad, funcionalidad y versatilidad en la industria del cuidado de la salud” (Capitillo-Maita et al., 2023, p.2).

Hasta julio de 2023, el suministro disponible para la utilización interna del camarón fresco sin cabeza y sin cáscara tuvo una producción neta de 1,143,020 t, de las cuales se exportan 981,381 t, quedando para consumo interno 161,812 t. Si el promedio de masa (peso) de un camarón mediano es de 20 g, el desecho (cabeza y cáscara) sería de 8 g (Ministerio de Agricultura, 2023; Moreira y

Méndez, 2024), por lo tanto, el desecho del total de exportación estaría en un valor aproximado de 685 812 (t), y de 457 208 (t), para el desecho proveniente del camarón de consumo interno.

Por tanto, la pregunta de investigación que se plantea para esta investigación es ¿de qué manera la responsabilidad ambiental como valor moral de ética ambiental fomenta el aprovechamiento sostenible de los desechos del exoesqueleto del camarón de la industria?

Esta investigación surge de la evidente necesidad de generar conciencia y educación ambiental a la población de las comunidades y localidades urbanas con el fin de promover el desarrollo sostenible, por ello es conveniente orientar las actividades humanas hacia un esquema de sustentabilidad congruente con la protección del patrimonio natural, que asegure a largo plazo la conservación e incremento del buen estado de este.

Esta investigación se justifica en la necesidad de equilibrar el desarrollo económico con la sostenibilidad ambiental, considerando no solo el bienestar humano, sino también la preservación de la naturaleza. Si bien la economía debe impulsar el progreso de los pueblos, su impacto en los recursos naturales ha sido históricamente negativo, afectando la capacidad de la Naturaleza para cumplir su función simbiótica y poniendo en riesgo su existencia. El modelo económico actual ha exacerbado la crisis ambiental, pero el aprovechamiento sostenible de desechos como el exoesqueleto del camarón ofrece una oportunidad para mitigar este problema. Este enfoque promueve prácticas éticas y responsables que beneficien al sector tecnocientífico, la industria acuícola y la pesca artesanal, fomentando una relación más armónica entre economía y medio ambiente.

Materiales y métodos

El presente estudio, de enfoque cualitativo, se basa en una revisión sistemática mediante una búsqueda exhaustiva en bases de datos académicas como Scopus, Web of Science, Google Scholar y repositorios digitales de instituciones de educación superior. Se emplearon términos clave como quitina, quitosano, exoesqueleto de camarón, acuicultura, ética ambiental, sostenibilidad e industria camaronera, entre otros, para identificar estudios relevantes. La selección incluyó 76 documentos publicados en los últimos 10 años para asegurar la relevancia y actualidad de la información, abarcando artículos revisados por pares, tesis, informes técnicos y actas de conferencias.

Los estudios seleccionados se clasificaron según aplicaciones de los subproductos, metodologías de extracción y tendencias en el manejo de residuos de camarón. El análisis cualitativo permitió identificar desafíos y oportunidades en el uso sostenible de estos desechos, bajo el enfoque de la sostenibilidad ambiental y social.

A partir de la pregunta de investigación, sobre si los avances tecnocientíficos y económico-sociales industriales actuales, predominantemente antropocéntricos, son suficientes para garantizar un aprovechamiento sostenible del exoesqueleto de camarón que beneficie a los ecosistemas y a todos los seres vivos desde una perspectiva no antropocéntrica. El objetivo general es proponer un marco ético ambiental basado en la responsabilidad y la prevención como valores morales para promover la revalorización y aprovechamiento sostenible de estos desechos, desde una perspectiva no antropocéntrica. Para alcanzarlo, se plantearon tres objetivos específicos: (a) analizar la producción bibliográfica sobre el aprovechamiento bioquímico sustentable del desecho de camarón y sus aplicaciones, (b) explorar el contexto socioeconómico y ambiental de su manejo, y (c) destacar la corresponsabilidad ecosistémica con base en la bioeconomía circular y ética ambiental.

Resultados

Los principales resultados producto de la revisión sistemática se presentan a continuación:

El aprovechamiento bioquímico sustentable del desecho del camarón y sus diversas aplicaciones

Para Boix (2022), la acuicultura marina en general y de crustáceos en particular (cangrejo y camarón) se integra de forma directa en el medio marino como un elemento más de contaminación ambiental. Hasta el año 2022, según datos del Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca-Ecuador [MPCE], el camarón ocupó el primer lugar de exportación no-petrolera, con el 23,6 %, convirtiéndose en un pilar de la economía ecuatoriana, con un aporte de 280,000 empleos directos e indirectos (Amerise, 2024). Las especies cultivadas en Ecuador son *Litopenaeus vannamei* o camarón patiblanco (95 %), y también *Rimopenaeus faoe* o camarón cebra, *Penaeus stylirostris* o camarón azul, *Penaeus monodon* o camarón tigre, aunque en menor proporción (Cobo, 1973; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2020).

La actividad industrial del procesamiento de pelado de camarón y otros crustáceos (cangrejos, langostas y langostinos) genera grandes cantidades de residuos sólidos que representan un

importante desafío ambiental. Estos residuos contienen como componente principal la quitina de amplia aplicación, fácil comercio y actualidad tecnológica. La quitina y el quitosano son materiales orgánicos, capaces de sustituir a otros productos ya existentes, que impactan negativamente de manera directa o indirecta al medio ambiente. La recuperación de los residuos sólidos de la cabeza y el exoesqueleto del camarón sirve para la obtención de quitina, y su transformación en quitosano, mediante procesos químicos de desacetilación, un polímero natural con propiedades de biocompatibilidad, biodegradabilidad y formación de filmes.

La quitina es abundante y se puede purificar a partir del exoesqueleto del camarón, es el polímero azucarado más abundante en la naturaleza después de la celulosa.

Posee una estructura lineal de alto peso molecular constituida por unidades de N-acetil-D-glucosamina unidas por enlaces β -D (1,4). Es altamente insoluble y presenta baja reactividad. La principal fuente de obtención de la quitina son los desechos de los crustáceos (..) La composición química proximal en porcentaje base seca del exoesqueleto del camarón corresponde a quitina 24.5, proteína 43.3, carbonato de calcio 28.2, y lípidos 5,4. Es decir, la quitina representa, aproximadamente, un 35% de la composición del exoesqueleto del camarón (Colina et al., 2014, pp. 22-23).

Cabarcas et al. (2011) muestran que las condiciones óptimas de extracción de quitina en frío de los exoesqueletos de camarón son “una concentración de 10 M y una cantidad de ácido clorhídrico de 100 ml por cada 30 gramos de cáscaras a tratar. El grado de desacetilación del quitosano producido por método frío es de 79.15% el cual es un valor aceptable comercialmente” (p.66).

Así también, el quitosano como polímero es una excelente materia prima requerida en diversas áreas. Para Ávila Akerberg (2019) los métodos químicos básicos para la obtención de quitosano de los exoesqueletos de camarón, previamente reducidos a polvo, implican tres procesos clave: desproteínización-hidrólisis, desmineralización-remoción-despigmentación y desacetilación. Los métodos químicos utilizan ácidos y bases fuertes (HCL y NaOH), mientras que el método biológico utiliza microorganismos mantenidos en biorreactores que llevan a cabo el proceso enzimático (Castro-Piedra et al., 2015). A diferencia del método químico, el método biológico es más ambientalmente amigable y, con un diseño adecuado, resulta más viable para su implementación a gran escala. Guilera (2017) en su investigación estableció las bases para el diseño y construcción de un biorreactor a gran escala para la producción de quitosano.

En la obtención del quitosano, la quitina extraída puede decolorarse mediante una extracción con solvente o la oxidación de los pigmentos remanentes. La calidad del material obtenido se evalúa mediante las técnicas de caracterización de espectroscopia en el infrarrojo, valoración potenciométrica y el método Kjeldahl (Colina et al., 2014; Velasco et al., 2019)

En cuanto a estructura bioquímica, la quitina de los crustáceos está íntimamente asociada a proteínas, sales inorgánicas tipo carbonato de calcio y lípidos incluyendo los pigmentos, de tal manera que el aislamiento de sus componentes implica varias etapas para obtener una quitina y quitosano purificados. El exoesqueleto de las almejas y ostras contienen cantidades significativas de quitina; sin embargo, las producciones del polímero son bajas apenas del 6 y 4 % respectivamente, por su contenido mineral que es muy alto, cenizas al 90 y 85 %, correspondientemente (Velasco et al., 2019; Ortega y Aparicio, 2020). Las características de la quitina y el quitosano varían según la fuente de origen y el método de obtención. Estos polímeros se diferencian en su distribución, masa molecular y nivel de acetilación.

Además, se ha reportado que el quitosano controla el crecimiento de bacterias, hongos y levaduras y ha sido aplicado para suprimir estos organismos en tejidos de plantas y alimentos. Se ha establecido que el quitosano no puede ser dirigido por los seres humanos así que está considerado como una fibra dietética con un contenido calórico cero (Cabarcas et al., 2011, p.25).

Sin embargo, todos estos desechos están sometidos a condiciones ambientales de degradación que mayoritariamente lo hacen variedades de microorganismos bacterianos, arqueanos y micóticos, en ecosistemas particulares que además intervienen factores físicos y químicos.

Moreno-Cabrera (2017) menciona que en su estudio consiguió: “quitosano con calidad media/alta ya que sus valores de humedad (10.37%) y material insoluble (1.08%) no se encuentran muy por encima de los necesarios en comparación con el quitosano comercial (13.67%-11.69% de humedad y 0.94%–0.34% de material insoluble)” (p.47). En cuanto al rendimiento global los resultados indican una muy baja cantidad de porcentaje de rendimiento (0.04 %), por lo que se requeriría una alta cantidad de materia prima para la obtención de una adecuada cantidad de quitosano, lo cual es provocado por diversas variables.

a) *Aplicaciones químico-ambientales de la quitina-quitosano y otros derivados del exoesqueleto de camarón*

Cada año, toneladas de plásticos se acumulan en el ambiente, permaneciendo inalterables entre 100 y 500 años debido a su lenta degradación, que ocurre principalmente por fragmentación en partículas pequeñas. Estas partículas se distribuyen en los mares, alcanzando concentraciones de entre 3 y 30 kg/km², ríos, sedimentos y suelos, mientras que los plásticos no biodegradables son comúnmente desechados, afectando gravemente al medio ambiente debido a su estructura molecular resistente. En contraste, los biopolímeros como la quitina y el quitosano, provenientes de fuentes renovables, ofrecen una alternativa prometedora para desarrollar empaques sostenibles y mitigar este problema ecológico. Aunque los plásticos degradables tienen la ventaja de descomponerse en un período corto (entre 0,2 y 24 meses), su alto costo de producción limita su adopción. Por ello, es crucial impulsar aplicaciones que reduzcan los costos de los biopolímeros, haciéndolos más competitivos en el mercado.

Otra aplicación la señalan Andrade et al. (2017) obtuvieron y caracterizaron dos materiales en el laboratorio a partir del exoesqueleto de camarón: cáscara de camarón decationizada (CCD) y quitina (Qt). La Qt es viable para ser empleada en la remoción del colorante natural ácido carmínico de sistemas acuosos.

El proceso de remoción del colorante ácido carmínico es altamente dependiente del pH, presentando las mejores remociones a pH ácido (5.5). El desempeño de Qt en la remoción del colorante es similar al de una quitosana comercial (Qsc) a pH ácido (5.5) con valores de remoción prácticamente idénticos para los 4 tiempos estudiados (7 a 11 mg de colorante removido por g de adsorbente en intervalos de 10 a 80 minutos). La Qt mantiene su eficiencia a pH de 7, mientras que para Qsc cae un 50%. A pH alcalino se afecta drásticamente la eficiencia de remoción. (Andrade et al., 2017, p.1057)

En otro estudio, se experimentó con diversas metodologías para la extracción de quitina a partir del exoesqueleto de camarón, además de caracterizar el producto, el método fue validado mediante análisis de los residuos sólidos generados del procesamiento industrial del cangrejo azul o jaiba (*Callinectes sapidus*) y del camarón (*Litopenaeus vannamei*) tras haber sido clasificados según su tipo de residuo sólido. Las muestras se secaron a temperaturas controladas y posteriormente fueron molidas y tamizadas. “Los resultados obtenidos en la extracción de quitina para caparazón fueron de 11,9 %, para abdomen 14,1 %, tenazas 14,5 %, cabeza de camarón 13,5 % y exoesqueleto de

camarón 33,7 %. Todos con grados de pureza aprovechables para los diferentes propósitos industriales” (Belandria y Morillo, 2008, p.17).

Los resultados de otra investigación en la que obtuvieron quitosano a partir de residuos de cáscaras de camarón mediante variación en tiempo de desacetilación, temperatura y concentración de hidróxido de sodio, para la elaboración de dos papeles, realizada por Villegas et al. (2024) señalan que estos: “fueron caracterizados por espectroscopía de infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR), grado de desacetilación (GD), espesor, humectabilidad (ángulo de contacto), humedad y cenizas” (Villegas et al., 2024, p.34). Se elaboraron dos tipos de papel de quitosano, con características similares en cuanto a humedad y apariencia y buena calidad, con grados de desacetilación de 66 y 68 %

Luna et al. (2024) consideran que el quitosano es reconocido por su uso extendido en la creación de nanosistemas para la liberación de componentes bioactivos en el campo biomédico, por su biocompatibilidad, capacidad de biodegradación y baja toxicidad. Los autores reportan:

Se obtuvieron nanopartículas de quitosano modificado con ácido octanoico (QsH) para encapsular y transportar el carvacrol (CAR), un compuesto antimicrobiano y antioxidante presente en el aceite esencial de orégano y tomillo. La modificación del quitosano se realizó mediante una reacción de amidación con ácido octanoico, confirmada por espectroscopía FTIR, logrando un grado de sustitución del 15 %. Las nanopartículas (NPs) se prepararon mediante gelificación iónica con tripolifosfato pentasódico (TPP) como agente reticulante, utilizando proporciones específicas de QsH/CAR (25 %, 50 % y 75 % p/p). Las NPs con un 50 % de CAR presentaron un tamaño promedio de 200 nm, potencial Z de 13.44 mV y forma ovoide, según imágenes de AFM. Los ensayos demostraron actividad antimicrobiana significativa contra *E. coli* y *S. aureus*, siendo más efectiva contra bacterias Gram positivas. Estos resultados destacan a las NPs de QsH/CAR como biomateriales prometedores para aplicaciones biomédicas (Luna et al., 2024, p.31).

La obtención de quitina blanqueada combina procesos convencionales de desproteización y desmineralización con un blanqueo no convencional mediante ozono. “Los resultados de espectroscopía FTIR indicaron que con el ozono se logra una quitina más pura (grado de acetilación de 95 %) en comparación con etapas convencionales a base de cloro o solventes” (Hernández et al., 2010, p.93). Este enfoque destaca por su bajo impacto ambiental, al no generar contaminación,

prescindir de agua, realizarse a temperatura ambiente con menos reactivos y completarse en pocos minutos, alineándose con los principios de la química ecológica y sostenible.

Baque y Celi (2022) señalan que el plástico no degradable puede ser sustituido por un biopolímero de quitosano derivado de desechos de camarón para desarrollar películas poliméricas más sostenibles. Para la obtención de quitosano se realizaron tres métodos con resultados favorables el 1 y 2, el quitosano fue caracterizado por FTIR. “La película polimérica se obtiene mediante una solución de quitosano y ácido acético, una vez formada se evalúa sus propiedades como solubilidad, contenido de humedad y espesor, obteniéndose como resultados 24,85 %, 15,61 % y 141 μm , respectivamente” (Baque y Celi, 2022, p. 8), cumpliendo con los requisitos establecidos.

Por otro lado, Moreno-Cabrera (2017) desarrolló bioplásticos a partir de exoesqueletos de camarón provenientes de desechos de restaurantes de comida marina, generando un material con alto valor agregado para aplicaciones diversas. Estos estudios destacan el potencial del quitosano como alternativa ecológica para empaques en la industria camaronera.

Castellanos et al. (2010) investigaron el uso de quitina obtenida de exoesqueletos de camarón, provenientes de residuos de restaurantes, para la remoción de cadmio en sistemas dopados en laboratorio. La quitina fue procesada mediante desproteínización y decationización, secada al vacío a 50 °C durante cuatro horas y utilizada como adsorbente. La cantidad de cadmio removido se determinó a partir del cadmio residual en solución, formando un complejo coloreado con 5,7-dibromo-8-hidroxiquinolina (DBHQ), cuya concentración fue medida con un espectrofotómetro Hach DR5000 a 396 nm. La eficiencia de la quitina fue comparada con quitosana, zeolita y carbón activado comerciales, destacando su potencial como alternativa sostenible para la remoción de metales pesados. Los resultados indican que “la quitina obtenida en el laboratorio presenta las mejores remociones de cadmio (16 a 29 mg de Cd/gr de quitina) en comparación con el resto de los materiales probados” (Castellanos et al., 2010), muestra el doble de eficiencia en comparación con la quitosana comercial.

En otra aplicación, López (2022) destaca que el quitosano posee propiedades ideales como floculante de cromo en aguas residuales, gracias a su alto grado de desacetilación (alrededor del 75 %), solubilidad y bajo contenido de materia insoluble, comparable al quitosano comercial. Además, presenta baja retención de humedad y una viscosidad adecuada para esta aplicación. Cuando el grado de desacetilación supera el 80 %, el material se transforma en quitano, ampliando sus posibilidades de uso.

Por su parte, Aguirre (2021) señala que la quitina extraída del exoesqueleto de camarón presenta una alta capacidad de adsorción de plomo, ofreciendo una alternativa económica, sostenible y efectiva en comparación con otros métodos. Además, el exoesqueleto contribuye a aumentar los niveles de pH y reducir la contaminación del agua, haciéndola apta para usos como irrigación agrícola o piscicultura.

b) *Aplicaciones agrícolas-alimentarias de la quitina-quitosano y otros derivados del exoesqueleto de camarón*

Estudios muestran importantes aplicaciones en el ámbito agrícola y alimentario. Así, Bauer et al. (2022) cita a Shahidi et al. (1999): “existen diferentes hipótesis, las cuales están relacionadas con su naturaleza catiónica, lo que le permite reaccionar con moléculas y superficies cargadas negativamente como las paredes microbianas” (p.10). Al interactuar con las membranas celulares de los microorganismos, que tienen carga negativa, sus moléculas cargadas positivamente inducen la liberación de componentes proteicos e intracelulares. Gracias a estas propiedades, el quitosano se utiliza en la agricultura como recubrimiento de frutos, controlando su deterioro postcosecha. También se emplea como matriz para la liberación controlada de fertilizantes y productos químicos para el control de plagas (Bauer et al., 2022).

Como bioestimulante en el cultivo del cacao, el quitosano mejora la fisiología vegetal, reduciendo significativamente el uso de productos químicos. Fortalece las defensas de la planta, haciéndola más saludable y resistente a plagas y enfermedades. Los bioestimulantes, como los derivados del quitosano, se aplican tanto de forma foliar como al suelo, obteniendo excelentes resultados en el crecimiento de las plantas de cacao (López, 2024).

Otro estudio realizado por Lárez Velásquez et al. (2019), citando a Ozeretskovskaia O, et al. (2009), encontraron que el tratamiento con quitosano en la agricultura induce mecanismos de defensa en las plantas. Estos incluyen la suberización durante el proceso de cicatrización de heridas en patatas y el estímulo en la producción de metabolitos secundarios en ciertos vegetales. Además, el quitosano activa receptores específicos en plantas como la zarzamora (*Rubus fruticosus*) y la col china de hojas sueltas (*Brassica rapa*), lo que les permite reconocer oligómeros de quitosano. Se han aislado lectinas con la capacidad de unirse a estos fragmentos de quitosano (Lárez Velásquez et al., 2019).

El estudio para la conservación de arilos del achotillo o rambután (*Nephelium lappaceum*) utiliza recubrimientos comestibles a base de quitosano y aloe vera, considerados ingredientes ideales para el desarrollo de películas comestibles. Además, el quitosano actúa como floculante para la remoción de partículas, y se emplea también en aplicaciones medicinales y cosméticas (Castro, 2014).

Ríos-Ruiz et al. (2020) evaluaron los efectos del quitosano como aditivo en concentraciones del 5 % y 10 % en un medio de cultivo *Agar Dextrosa Sabouraud*. Después de 72 horas, ambas concentraciones lograron una inhibición total del crecimiento del inóculo, mientras que en la muestra control se observó un notable crecimiento, confirmando su efectividad.

En la industria alimentaria, Gaffrey, (2014) enfatiza que “existen antecedentes confiables de que el quitosano no es tóxico y su ingesta está reconocida como la de un polisacárido más” (p.77). Se utilizó en una mayonesa con pH 2, activando su capacidad quelante de grasas, lo que ayuda en la absorción de grasas y la reducción calórica al momento de la ingesta. Por otro lado, Martínez-León et al. (2019) demostraron que la adición de un 30 % de harina de residuo de camarón en las dietas de novillas aumentó la ganancia de peso diaria y redujo indicadores de estrés por calor, facilitando también la gestación. En cuanto al quitosano, Domínguez y Martínez (2019) informaron que, tras el proceso de despigmentación, desmineralización y desproteinización del exoesqueleto de camarón blanco, se obtuvieron 35,2 g de quitosano por cada 100 g de harina, con un grado de desacetilación de 78,9 %. Este quitosano se utilizó para recubrir ñame y ají panameño en Ecuador, ayudando a retrasar el pardeamiento y la pérdida de agua en el ñame, pero sin éxito en el ají.

c) *Aplicaciones biomédicas-farmacéuticas de la quitina-quitosano y otros derivados del exoesqueleto de camarón*

Rojas et al. (2019) destacan la relevancia de los biomateriales en medicina para la restauración de tejidos, productos que ofrecen biocompatibilidad, estabilidad y resistencia mecánica. Para ello comparan dos métodos para obtener quitosano a partir de cáscaras de camarón: químico y electroquímico. El método químico tiene un rendimiento del 10 % utilizando altas concentraciones de agentes alcalinos y condiciones de alta presión y temperatura, produciendo un quitosano con un peso molecular y grado de desacetilación variables. El método electroquímico, en cambio, muestra un rendimiento del 15 % con bajas concentraciones de soluciones ácidas y un sistema de dos electrodos, logrando también un quitosano con características similares, pero con mejores condiciones de proceso (Rojas et al., 2019).

En otro estudio, Lara et al. (2019) sintetizaron hidrogeles de quitosano y carboximetil quitosano (CMQ) como sistemas de liberación de fármacos, encontrando que el hidrogel de CMQ tiene una capacidad de absorción de agua superior (9 veces su peso seco) en comparación con el de quitosano (5 veces su peso seco). Al encapsular ácido acetilsalicílico y monitorear su liberación en un entorno simulado gástrico, el hidrogel de CMQ mostró propiedades fisicoquímicas superiores y una capacidad de liberación controlada más eficiente que el de quitosano, ya que puede comportarse como *policatión* en ambientes ácidos y como *polianión* en medios neutros o básicos.

Castro-Piedra et al. (2015) destacan las propiedades biológicas del quitosano como un excelente candidato para usarse como soporte análogo de la matriz extracelular en terapias de regeneración celular y en la ingeniería de reposición de tejidos. En su estudio, evaluaron membranas biopoliméricas de quitosano y colágeno para el cultivo de fibroblastos dérmicos, esenciales para aplicaciones biomédicas. Para garantizar la esterilización de estas membranas, se probaron dos métodos antimicrobianos: tratamientos químicos (etanol, antibióticos y acetona) y físicos (rayos X, radiación UVC). El mejor resultado se obtuvo con la incubación con antibióticos y antimicóticos durante 48 horas, ya que preservó la integridad física y química de la matriz, sin interferir en la adhesión y proliferación celular.

En otro estudio, Muñoz (2015) diseñó una forma farmacéutica con micropartículas de ciprofloxacino de liberación prolongada utilizando quitosano para la administración oral. En una investigación realizada en la Universidad Central del Ecuador, Achig, (2019) demostró que es posible sintetizar nanopartículas de quitosano a partir de quitina extraída del exoesqueleto de camarón, con el objetivo de utilizar estas nanopartículas para el encapsulamiento de colorantes naturales. El quitosano fue obtenido mediante un proceso de hidrólisis básica, logrando un rendimiento del 26,07 %. Los resultados obtenidos son:

El quitosano se caracterizó por valoración potenciométrica y espectrometría FTIR (...) El espectro FT-IR y el resultado de grado de desacetilación permitió concluir que la molécula no fue alterada en su estructura y que podría ser aplicable para productos de la industria farmacéutica, cosmética y alimenticia (Achig, 2019, p.46).

El contexto socioeconómico y medio ambiental del manejo y uso de los desechos del camarón

Es fundamental reconocer la urgencia de transformar la economía lineal, que sigue el modelo de extraer, producir, consumir y desechar, ya que ha demostrado ser insostenible para los límites de

nuestro planeta. La transición hacia una economía circular busca optimizar los sistemas productivos, reduciendo al mínimo la generación de residuos. Esta nueva economía promueve una mayor eficiencia ecológica a través de los principios de reciclar, reutilizar y reducir después del consumo, dejando el desecho como última opción al final del ciclo.

Rodríguez (2022) defiende que la economía azul, dentro del marco de la economía circular, debe impulsar una transición ecológica que favorezca el crecimiento sostenible a largo plazo en sectores como el transporte marítimo, la pesca y la acuicultura, incluyendo también las energías renovables y sectores vinculados a las costas. El apoyo a la I+D+i en economía circular y cambio climático, junto con financiamiento público, es clave para impulsar inversiones sostenibles en PYMES y fortalecer la economía azul. En la industria marítima, la sostenibilidad y la economía son interdependientes, y la transición hacia un modelo circular debe ser gradual.

Bailón y Sablón (2022) analizan una empresa dedicada a la producción, comercialización y exportación de camarones. La exportación anual de la empresa es de más de 900 contenedores y cuenta con varias líneas para el procesamiento de camarones (congelación, liofilización, ahumado, salado, salmuera y conservas). En la fábrica se procesan dos productos: camarón entero con cabeza y colas de camarón. Los autores evaluaron la aplicación de los principios de la economía circular, que en promedio fue de 2,87/7, clasificando a la empresa en un nivel medio en la aplicación de la economía circular.

La empacadora de camarón opera con altos estándares de calidad, impulsando el crecimiento económico del sector y apoyando a pequeños productores. Sin embargo, enfrenta desafíos en la gestión de residuos, lo que afecta la sostenibilidad ambiental, y no emplea energía renovable en sus procesos, ya que el estudio revela que, en cuanto a los desechos de camarón, no aplica los principios de economía circular, ya que no considera un mecanismo para reutilizarlos de manera eco-amigable, desperdiciando su potencial utilización. La empresa procesa 2,500,000 libras de camarón con cabeza cada 12 días, de las cuales 400,000 libras son peladas para obtener camarón en cola, agregando valor al producto. Sin embargo, este procesamiento genera 34,375 libras diarias de cabezas y 6,500 libras de cáscaras como desperdicio, lo que equivale mensualmente al 50 % en cabezas y 18 % en exoesqueleto del camarón procesado.

En el estudio de Cadeza-Espinosa et al. (2017) muestran que la producción de quitosano a partir de residuos de camarón es económicamente viable a largo plazo, con ingresos estimados en \$1,608,000. Este proceso aprovecha los desechos de la cadena productiva del camarón para generar

ingresos adicionales y fomentar la sostenibilidad. Además, los bioproductos derivados, como biomateriales, bioplásticos y alimentos funcionales, diversifican las oportunidades económicas y reducen el impacto ambiental al reutilizar desperdicios. La obtención de quitosano se posiciona como una alternativa rentable y sostenible en el mercado químico-industrial.

Alvarado (2011) analiza la factibilidad de exportar exoesqueletos de camarón como materia prima para la industria farmacéutica china, destacando que los desechos de la industria alimentaria acuícola pueden ser aprovechados como un recurso valioso. Propone un macroproyecto de recolección, procesamiento y exportación de exoesqueletos, que incluye etapas como escurrimiento, deshidratación, compactación y embalaje. Este enfoque promueve la sostenibilidad al reciclar materiales residuales en lugar de considerarlos basura.

En este mismo ámbito de sostenibilidad económica, Cadeza (2014) analiza la viabilidad para la implementación de una red de valor para el quitosano extraído de *Penaeus vannamei*, señalando que el 40 % de la producción de camarón en México se convierte en desperdicio orgánico. Utilizando herramientas como el valor actual neto (VAN) y ecuaciones de Black-Scholes y Merton, concluye que combinar la producción de camarón con la extracción de quitosano es significativamente más rentable. El VAN total de producir camarón y quitosano alcanza los \$42,708 millones, lo que representa una rentabilidad 234 veces mayor en comparación con la producción de camarón sola. Ambos estudios destacan el potencial económico y sostenible de transformar desechos en productos de alto valor. Se demostró que la integración de la producción de quitosano a la cadena de valor del camarón eleva el VAN total a \$42.708 millones, demostrando una rentabilidad 234 veces mayor que la producción de camarón por sí sola (Cadeza, 2014). Esto demuestra que la diversificación y aprovechamiento de subproductos como la quitina y el quitosano no solo optimizan el uso de los recursos, sino que también representan un modelo de negocio altamente rentable y sostenible a largo plazo.

La corresponsabilidad ecosistémica en base a la bioeconomía circular y ética ambiental en un contexto no-antropocéntrico

Para abordar los problemas ambientales en la acuicultura, se requiere una comprensión global de la sostenibilidad, dado que su nivel actual es bajo (Gudynas, 2010; FAO, 2020). Esto demanda nuevas políticas que mitiguen y prevengan daños ambientales adicionales. En este contexto, las "3R" de la ecología (reducir, reutilizar y reciclar), propuestas en los años 70 por Gary Anderson, representan una estrategia ética para gestionar y reducir residuos. Este concepto ha evolucionado, ha sido

defendido políticamente por el primer ministro japonés Koizumi Junichiro en 2004, y ampliado en el movimiento Zero Waste de Bea Johnson en 2008, añadiendo los principios de rechazar y respetar.

Sobre educación ambiental, Martínez (2012) dice que: “es un instrumento fundamental para alcanzar los grandes objetivos 3R para un desarrollo sustentable para que la población adquiera conocimientos acerca de la naturaleza, la cultura y la sociedad, y que contribuyan a la solución de los problemas ambientales (...)”. (p.70). Asimismo, la educación ambiental o ecológica, mediante la concientización del conocimiento biológico y la adquisición de actitudes éticas y morales fomenta el compromiso para contribuir al cambio de modelos de comportamiento humano (conductuales) a partir del desarrollo y la práctica ética de valores (normas), actitudes (moralidad) y habilidades (lenguaje y comunicación dialógica y cordial) que le permitan a la población formarse criterios propios, asumir su responsabilidad general y desempeñar funciones constructivas a favor del medio ambiente, es decir, una ética ambiental renovada y sólida (Cancino y Zapata, 2023; Gaviláñez-Elizalde et al., 2024).

La corresponsabilidad ambiental requiere una conciencia renovada y sólida que fomente valores morales psico-conductuales, concretados en las 5R: rechazar productos perjudiciales para el ambiente, reducir el uso y desperdicio de recursos, reutilizar materiales, reciclar desechos, y respetar la Naturaleza, incluyendo toda forma de vida como sujeto moral (Calvo, 2022). Estas prácticas promueven la protección de la biodiversidad y el respeto por las diferencias culturales y sexuales, asegurando la dignidad y la vida de todos los seres, reafirmando la obligación ética de los humanos como agentes morales hacia el cuidado del planeta. Por tanto, “la responsabilidad de los seres humanos es velar que la biodiversidad y los recursos abióticos sean sostenibles a largo plazo” (Gaviláñez-Elizalde, 2018, p.95).

Es así como la responsabilidad en el trabajo tecnocientífico para la conservación de la naturaleza en un contexto no-antropocéntrico implica adoptar un enfoque que no coloque al ser humano como centro, sino que reconozca a todos los seres vivos y sistemas naturales como sujetos con valor intrínseco. En este marco, la investigación y el desarrollo tecnológico deben orientarse a preservar los ecosistemas, respetando su integridad y complejidad. Esto incluye minimizar el impacto ambiental, promover prácticas sostenibles y éticas, y reconocer la interdependencia entre las especies y los sistemas ecológicos, evitando la explotación o alteración en beneficio exclusivo de la humanidad (Gaviláñez-Elizalde et al., 2024).

Discusión

Algunas aplicaciones químico-ambientales, agrícolas-alimentarias y biomédicas-farmacéuticas de la quitina-quitosano y otros derivados del exoesqueleto de camarón –así como algunos análisis y propuestas socioeconómicas y medioambientales–, evidencian el utilitarismo tecnocientífico que los seres humanos anteponen cuando se trata de su bienestar y beneficio. Este tema de ético-ambientales, es un ejemplo de antropocentrismo tradicional alejado de la consideración moral que los humanos deberían practicar hacia la Naturaleza, la cual, paradójicamente, es la poseedora de vida –en este caso, de crustáceos como los camarones– y al mismo tiempo es instrumentalizada para satisfacer necesidades alimentarias humanas.

Desde razones alimenticias y económicas, los seres humanos generan desechos que posteriormente son tratados en función de su propio beneficio, configurando así un círculo utilitarista social químico-ambiental, agrícola-alimentario y biomédico-farmacéutico. Es en este contexto, la responsabilidad ética orientada al cuidado y a la precaución respecto de la vida de los ecosistemas, debe ser concientizada e internalizada para beneficio de los otros seres vivos y el espacio en donde habitan aquellos. Estos valores todavía están ausentes en la tecnociencia, es decir, no ha sido valorada moralmente, a raíz de esto surge la pregunta ¿en dónde queda el cuidado, la precaución y la consideración hacia todo lo demás que no sea humano?

Las investigaciones y sus diversas aplicaciones mencionadas demuestran la factibilidad de reusar el desecho de camarón con fines en su mayoría antropocéntricos. El aprovechamiento sustentable del desecho del camarón refleja una práctica utilitarista antropocéntrica, profundamente ligada a intereses económicos. A pesar de su enfoque en la sostenibilidad, esta estrategia responde principalmente a la maximización de beneficios humanos, manteniendo vigente la idea de externalización, donde los seres humanos buscan optimizar recursos naturales para su propia supervivencia (Lessenich, 2019). Este enfoque predomina en la economía global, donde el acaparamiento y la explotación de recursos siguen siendo comunes, priorizando el bienestar humano por encima de la conservación y el equilibrio de los ecosistemas. Por esta razón, la adopción de una postura no-antropocéntrica requiere de la práctica del extensionismo moral de reconocimiento del valor intrínseco (Gaviláñez-Elizalde, 2018, p.251).

Los resultados obtenidos sobre el manejo y uso de los desechos de camarón a través de aplicaciones químicas tecnocientíficas demuestran la viabilidad de reciclaje mediante procesos que imitan los ciclos naturales de la biodegradación realizados por consorcios microbianos (Bailón y Ramos, 2024),

que con su metabolismo logran la degradación progresiva, realizada por ejemplo por las especies de bacterias (Barman, 2020; Guerrero, 2023). La naturaleza, a través de su bioquímica y metabolismo celular, ha gestionado siempre estos desechos sin depender de la intervención humana, aunque la industrialización extrema amenaza este equilibrio. Si no fuera posible obtener productos útiles como quitina y quitosano del desecho de camarón, la tecnociencia no se ocuparía de ello, subrayando la necesidad de un enfoque más holístico y respetuoso con los ecosistemas.

De este modo se plantea la pregunta metaética: ¿son suficientes los intentos tecnocientíficos y económico-sociales antropocéntricos en el manejo y uso del desecho del camarón para beneficio de los ecosistemas y de todos los seres vivos? Se asevera que no son suficientes. La responsabilidad de los investigadores tecnocientíficos se vería incompleta si no se reconoce que su labor debe superar el enfoque antropocéntrico, que ha llevado al enriquecimiento material de unos pocos y a la desigualdad social. Aunque la naturaleza no humana continúa existiendo a pesar del abuso y desdén, se destaca que algunos de los resultados obtenidos del manejo de desechos de camarón, aunque positivos para el medio ambiente, siguen siendo un reflejo de una visión centrada únicamente en los intereses humanos.

A continuación, se sintetizan algunos estudios tecnocientíficos considerados favorables para el medio ambiente. Estos se organizan en tres grandes grupos, todos ellos con un enfoque claramente antropocéntrico:

- *Aplicaciones químicas-ambientales:* se destacan por ser biorenovables, biodegradables y biocompatibles. Actúan como coagulantes y floculantes, eliminando o reduciendo metales pesados, pigmentos, olores y polímeros sintéticos. Además, no son tóxicas para los humanos y pueden sustituir a los fungicidas químicos. En diversas aplicaciones –como la elaboración de membranas poliméricas, geles para electroforesis y soportes cromatográficos–, el quitosano también mejora la durabilidad y propiedades antimicrobianas de las prendas, haciéndolas útiles en medicina y deportes. En comparación con los coagulantes inorgánicos, presenta ventajas como menores cantidades necesarias, mejor separación de fases, mayor eficiencia a bajas temperaturas y menor volumen de sedimentos, siendo además más amigable con el medio ambiente debido a su biodegradabilidad y ausencia de sustancias tóxicas, hace que los procesos sean más limpios, contribuyendo al cuidado del planeta (Giraldo, 2015).

- *Aplicaciones agrícolas-alimentarias:* el quitosano se utiliza como biofertilizante, mejorando los mecanismos de defensa vegetal y los nutrientes del suelo. Se aplica como recubrimiento en follajes, frutas, verduras, semillas y flores debido a sus propiedades físicas y químico-biológicas, como ser biodegradable, no tóxico, biocompatible, comestible y antimicrobiano. Derivado de la quitina, el quitosano es un biopolímero catiónico cuya densidad de cargas positivas le otorga propiedades antibacterianas y antimicóticas, lo que lo hace eficaz contra bacterias, hongos filamentosos y levaduras; es utilizado en la fabricación de empaques biodegradables para la conservación de alimentos, contribuyendo a la sostenibilidad. El quitosano se utiliza en suplementos nutricionales, antioxidantes, prebióticos y nutraceuticos, además de actuar como espesante, estabilizante de color, emulsificante y clarificador de bebidas. Su capacidad para inhibir microorganismos lo convierte en un material de embalaje eficaz para prolongar la vida útil de los alimentos, inhibiendo patógenos como *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* (Giraldo, 2015).
- *Aplicaciones biomédicas-farmacéuticas:* se utiliza en vendajes antibacterianos que retienen más agua que los materiales tradicionales, previenen la deshidratación y se retiran sin dañar el tejido regenerado. Los injertos de quitosano recubiertos con hidrogel inhiben la replicación del virus de inmunodeficiencia humana (VIH) y son resistentes a *Escherichia coli*, reduciendo el riesgo de infecciones en materiales farmacéuticos implantados (Giraldo, 2015). Además, facilita la creación de materiales biocompatibles como biosensores y nanofibras, actuando como modificador de la respuesta biológica, inmunopotenciador y estimulante; es utilizado en la regeneración de piel, hueso y cartílago, así como en sensores de glucosa y para la detección de fenoles en aguas residuales industriales (Lárez Velásquez, 2008).

También, se usa en membranas para proteger suturas quirúrgicas y en odontología para la regeneración de tejidos periodontales. El quitosano es un excelente componente en la base de lentes de contacto y facilita la formulación de medicamentos clínicos (antiacné), humectantes y antisépticos en cosmetología, además de medios de cultivo en biología debido a sus propiedades antitumorales, antifúngicas y antibacterianas. En medicamentos orales, controla la grasa, el colesterol y las úlceras, encapsula lípidos y actúa como anticoagulante. Asimismo, se emplea en cápsulas para adelgazar y como aditivo bactericida en productos como jabones y cremas, además de ser un agente hidratante que dosifica otros activos en cosmética (Lárez Velásquez, 2008).

Los estudios sobre el manejo de desechos de camarón siguen un enfoque antropocéntrico, buscando beneficios económicos sin abordar adecuadamente el daño ambiental causado por actividades humanas. Aunque las prácticas tecnocientíficas aplican los principios de las 5R, la conciencia ambiental es insuficiente, ya que el enfoque principal está en aprovechar los desechos por su valor económico, más que por un respeto moral hacia la Naturaleza. Esto ignora la necesidad de un enfoque ético que considere a los ecosistemas y seres vivos en su individualidad biológica y no solo como recursos para los humanos (Gaviláñez-Elizalde, 2018a)

¿Estamos, acaso, cayendo en la vanidad de pensar que, debido al constante bombardeo de información de los medios de comunicación y los *mass media*, que emplean un discurso atractivo para promover sus intereses mercantiles, la Naturaleza está abocada a un fin apocalíptico y que la intervención de la tecnociencia es, según ellos, la única solución para salvar al mundo? (Acevedo-Merlano, 2020).

Por ello, es necesario fortalecer el valor de la responsabilidad orientado al cuidado y a la precaución, de modo que la práctica de los profesionales académicos y los investigadores transite ética y moralmente hacia un contexto no-antropocéntrico. Desde una perspectiva biología, este giro implica reconocer la existencia de un valor intrínseco en no-humano de la Naturaleza, para que los resultados de su accionar social repercutan no solo a favor de lo humano sino de la vida en general de toda la Naturaleza (Gaviláñez-Elizalde et al., 2024).

Este hecho, aun cuando ha sido reconocido por las generaciones actuales académicas, no ha favorecido la consideración y respeto por la vida en cuanto a las futuras generaciones de la gran biodiversidad de todas las especies biológicas, concepto que es la base del desarrollo sostenible (Guillén et al., 2020). Con estas ideas, se articula lo planteado respecto que la significativa vulnerabilidad de la naturaleza frente a la intervención tecnológica humana revela una situación extraordinaria, ya que toda la biósfera del planeta está susceptible a posibles alteraciones, por ello, “hace imprescindible considerar que no sólo debe anhelarse el bien común humano, sino también el de toda la Naturaleza extrahumana” (De Siqueira, 2001, p. 279).

La responsabilidad en la ética ambiental, según Hans Jonas, se basa en la comprensión de que la vida humana depende de otras formas de vida y que nuestras acciones tienen un impacto destructivo en la Naturaleza. Este principio de responsabilidad implica un "cuidado" integral, que va

más allá de lo emocional, y es crucial para preservar el medio ambiente frente a los avances científicos y tecnológicos (De Siqueira, 2001). Este cuidado también puede convertirse en una herramienta para construir justicia social, ampliada hacia la Naturaleza. Así, se reconoce la responsabilidad de proteger a aquellos que no pueden defenderse, rompiendo con el descuido y la insensibilidad hacia el entorno (Moratalla, 2019).

Es necesario fomentar la conciencia ecológica. En este sentido, González (2015) sostiene que vincular el principio de responsabilidad predictiva con la internalización de una ecoética profunda facilita el cuidado y la precaución. Una moralidad que promueva una actitud de alerta ante los riesgos antropocéntricos que aún persisten en la cultura tecnocientífica fortalecería el principio de responsabilidad en la ética ambiental, impulsando las prácticas de cuidado y la precaución que esta demanda.

En este análisis crítico, es fundamental entender que la Naturaleza no depende de los seres humanos para su conservación; ella posee la capacidad de sostenerse por sí misma. Si se concibe el reciclaje como un proceso de recolección y transformación de materiales para crear nuevos productos, es importante reconocer que la Naturaleza ya realiza este ciclo de manera autónoma, demostrando una relación continua entre agente, causa y efecto. En esta línea, Burgui (2015) indica: “se necesita una visión sistémica de una ética ambiental, de la Naturaleza o una ética de la vida, cuyo núcleo básico es común al de la bioética” (p.265). Desde el principio de la responsabilidad orientado al cuidado y la precaución, dicha ética debería reconocer el bien en sí mismo que constituye la vida de la Naturaleza –incluida la humana– y fortalecer una ética normativa capaz de superar la tecnociencia académica utilitarista subordinada al capital económico.

Díaz (2021, cita a Haraway, 2020):

La Naturaleza, en definitiva, no es un lugar físico al que uno pueda acudir, ni un tesoro para confinarlo y peor acumularlo, ni una esencia para ser salvada o corrompida. La Naturaleza no está oculta y, por lo tanto, no necesita ser revelada. No constituye un texto para ser leído según los códigos de la matemática y la biomedicina. Y tampoco es lo “otro” que ofrece origen, reabastecimiento y servicio. Ni madre, ni enfermera, ni esclava, la Naturaleza no es una matriz, un recurso, o una herramienta para la reproducción del hombre (p. 414).

El ser humano, como agente moral, tiene la responsabilidad de respetar la vida de la Naturaleza, reconociéndola como portadora de un valor intrínseco. Este bien en sí mismo no solo es propio de

la Naturaleza, sino que también es compartido por los seres humanos, quienes, al igual que otros seres vivos, dependen de la simbiosis natural que la Naturaleza ha permitido a través de la evolución. Para conservar un verdadero hogar humano, es esencial concienciar e internalizar el respeto hacia la Naturaleza, reconociendo su valor intrínseco y extendiendo la moralidad a todos los seres vivos y no vivos que componen el ecosistema (Gaviláñez Elizalde et al., 2024).

Asimismo, en la ética ambiental, el valor intrínseco –según Gaviláñez Elizalde et al. (2024)– “implica reconocer y atribuir “valor moral” a los elementos naturales y a los ecosistemas en sí mismos, independientemente de su utilidad para los seres humanos o para cualquier otra cosa” (p. 20). La ética ambiental defiende que la Naturaleza tiene un valor propio e inherente, que no depende de su utilidad para los humanos. Desde esta visión, la Naturaleza merece ser respetada y preservada simplemente por el hecho de existir. Este enfoque busca fomentar una actitud de respeto y cuidado hacia el medio ambiente, reconociendo la importancia de proteger los ecosistemas y todas las formas de vida que habitan en él.

Esta perspectiva propone un cambio en la forma de valorar la Naturaleza, viéndola como un fin en sí misma y no solo como un recurso. Esto genera una responsabilidad ética hacia su protección, reconociendo su valor intrínseco más allá de su utilidad para los humanos.

La responsabilidad moral que debería orientar los productos de las investigaciones experimentales no se encuentra plenamente incorporada en muchos procesos, ya que la ética ambiental aún no está plenamente definida ni consolidada en diversos ámbitos profesionales. La responsabilidad ética humana recae en la concientización y comprensión de la vida celular y su capacidad para reparar los daños que los seres humanos causan a los ecosistemas que mantienen la vida. En cuanto a los problemas ambientales, la falta de alternativas de gestión o el desconocimiento de estas por parte de las empresas, genera una gestión inadecuada de los residuos, lo que impacta negativamente en los ecosistemas marinos, terrestres y humanos. Esta problemática varía según la técnica de cultivo, la especie y las características de la instalación acuícola, lo que influye en la magnitud del impacto ambiental.

Conclusiones

Esta investigación demuestra que el exoesqueleto de *Litopenaeus vannamei*, tradicionalmente considerado un residuo, posee un potencial transformador como recurso estratégico para la

bioeconomía circular, gracias a las aplicaciones versátiles de la quitina y quitosano en sectores ambientales, agrícolas y biomédicos. Sin embargo, su aprovechamiento sostenible exige trascender el paradigma antropocéntrico dominante –que reduce la naturaleza a su utilidad humana–, e implementar un modelo de corresponsabilidad ecosistémica que: (1) vincule los avances tecnológicos de la quitina y el quitosano con indicadores de reparación ecológica, (2) reconozca el valor intrínseco de la naturaleza mediante políticas y estrategias que promuevan la responsabilidad moral que guíe las acciones humanas hacia la protección y conservación del planeta, (3) implemente las 5R ampliadas (rechazar, reducir, reutilizar, reciclar y restaurar) como imperativo moral, donde la restauración activa compense los impactos. Solo así se trascenderá el antropocentrismo, transformando este residuo en un recurso regenerativo que equilibre progreso humano y salud planetaria.

Referencias bibliográficas

- Acevedo-Merlano, Á. (2020). El animé como lienzo para analizar las tensiones entre prácticas epistémicas ancestrales y tecnocientíficas. *Utopía y Praxis Latinoamericana* 25(89), 211-226. <https://www.redalyc.org/journal/279/27963020004/html/>
- Achig Vega, B.A. (2019). *Síntesis de nanopartículas de quitosano a partir de quitina de exoesqueleto de camarón para encapsulamiento de colorantes naturales* [Trabajo de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/7b456cab-1448-4765-84d8-605cd2cc07d0>
- Aguirre Valdiviezo, L.A. (2021). *Propuesta de adsorción de plomo con quitina y quitosano del exoesqueleto del camarón por descargar de agua contaminada de industria minera*. [Trabajo de pregrado, Universidad Agraria del Ecuador]. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/AGUIRRE%20VALDIVIEZO%20LEONARDO%20ANDRES.pdf>
- Alvarado, F. (2011). Análisis de factibilidad de la exportación de cáscaras de camarón como materia prima para la industria farmacéutica china: investigación de mercado [Trabajo de grado, Universidad Casa Grande]. <https://dspace.casagrande.edu.ec/items/412f549d-beba-4f33-8f91-95878180fe82>

- Amerise, A. (2024). Cómo Ecuador se convirtió en el mayor exportador mundial de camarones (y qué papel clave jugó China). BBC NEWS MUNDO. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-65247655>
- Andrade, J. A., López Villaseñor, R., Ramírez, C. A., y Delgado, E. (2017). Remoción de ácido carmínico de sistemas acuosos usando materiales derivados de la cáscara de camarón. *Coloquio de Investigación Multidisciplinaria*. https://www.researchgate.net/publication/326069200_Remocion_de_acido_carminico_de_sistemas_acuosos_usando_materiales_derivados_de_la_cascara_de_camaron
- Araiza Díaz, V. (2021). Reinventing nature to take over the capitalocene: Donna haraway's proposal. *Andamios*, 18(46), 411–439. <https://doi.org/10.29092/uacm.v18i46.851>
- Ávila Akerberg, V. (2019). *Sustentabilidad ambiental. Una visión interdisciplinaria de los DAAD-Alumni en México*. IanArcos, KaliDevi.
- Bailón Arévalo, E. Y., y Sablón-Cossío, N. (2022). Evaluación de la economía circular en una empacadora de camarón en Ecuador. *AquaTechnica: Revista Iberoamericana de Acuicultura*, 4(3), 134–142. <https://doi.org/10.33936/at.v4i3.5275>
- Bailón Barahona, D.E., y Ramos Matabay, M.N. (2024). *Caracterización de consorcios microbianos mediante metagenómica para la degradación de diclofenaco* [Trabajo de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional de la Universidad Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/28346>
- Banco Central del Ecuador. (2024). *Estadísticas de Comercio Exterior*. https://contenido.bce.fin.ec/documentos/informacioneconomica/SectorExterno/ix_ComercioExterior.html
- Baque Choez, B. N., y Celi Aguirre, M. A. (2022). *Elaboración de bioplástico a partir del quitosano obtenido del exoesqueleto del camarón para el diseño de un empaque de conserva y exportación* [Trabajo de pregrado, Escuela Superior politécnica del Litoral]. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/56637>
- Barman, D. (2020). Bioremediation of waste waters and application in aquaculture - A mini review. *Research Biotica*, 2(1), 20. <https://doi.org/10.54083/resbio.2.1.2020.20-25>

- Bauer, J. L., Villegas, L. F., y Zucchetti, A. (2022). Aplicaciones del quitosano en la agricultura, la industria y la salud. *South Florida Journal of Environmental and Animal Science*, 2(2), 37–45. <https://doi.org/10.53499/sfjeasv2n2-001>
- Belandria Briceño, J. C., y Morillo de Montiel, N. J. (2008). Recuperación de quitina a partir de los residuos sólidos generados del procesamiento industrial de crustáceos. *Revista Cubana de Química*, 10(3), 17-26. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=443543715003>
- Boix Miralles, M. (2022). *Impacto de la acuicultura marina en el medio ambiente y análisis de posibles soluciones* [Trabajo de pregrado, Universidad de Zaragoza]. Repositorio Institucional de Documentos de la Universidad de Zaragoza. <https://zaguan.unizar.es/record/117782>
- Burgui Burgui, M. (2015). Hans Jonas: conservación de la naturaleza, conservación de la vida. *Cuadernos de Bioética*, 26(2), 253-266. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87541128006>
- Cabanillas Bojórquez, L. A., Gutiérrez Grijalva, E. P., y Heredia J. B. (2020). Desechos de camarón: un coctel de oportunidades para la industria. *Revista de Ciencia*. <https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php/ediciones-anteriores/articulos-fuera-de-los-volumenes-publicados-online/818-desechos-de-camaron-un-coctel-de-oportunidades-para-la-industria>
- Cabarcas Lorduy, M., Marimón Bolívar, W., y Miranda Marzola, M. (2011). *Diseño de un proceso económico y competitivo para la extracción de quitina y producción de quitosano a partir de exoesqueletos de camarón* [Trabajo de pregrado, Universidad de Cartagena]. <https://repositorio.unicartagena.edu.co/server/api/core/bitstreams/71416408-ae0e-4da5-9745-a76e25cf1be4/content>
- Cadeza Espinosa, M. (2014). Estudio de factibilidad para la implementación de una red de valor de quitosano extraído de *Penaeus Vannamei*; opción de desarrollo económico y sustentable [Trabajo de maestría, Colegio de Postgraduados]. <http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/handle/10521/2440>
- Cadeza-Espinosa, M., Brambila-Paz, J., Chalita-Tovar, L. E., y González-Estrada, A. (2017). Evaluación financiera con la metodología de opciones reales de una inversión para producir quitosano

- con base en desperdicio de camarón. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 14(4), 533–545.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722017000400533
- Calvo, P. (2022). Una ética de la investigación en el marco de las éticas aplicadas. *Veritas*, (52), 29-51. <https://ojs.uc.cl/index.php/veritas/article/view/56903/>
- Cámara Nacional de Acuacultura. (2024). *Estadísticas Cámara Nacional de Acuacultura*.
<https://www.cna-ecuador.com/estadisticas/>
- Cancino Rodezno, A., y Zapata Clavería, M. A. (2023). Reemplazar ideas, reducir equívocos y refinar argumentos: una reinterpretación de las 3R de la experimentación animal. *Revista Colombiana de Bioética*, 18(1). <https://doi.org/10.18270/rcb.v18i1.3875>
- Capitillo-Maita, D., Castillo-Rivas, J., Gil-Álvarez, J. A., y Pérez-Torres, T. (2023). Uso de quitosano como coagulante y floculante en el tratamiento de aguas residuales provenientes de plantas de pegamento y pintura. *Informador Técnico*, 87(2).
<https://doi.org/10.23850/22565035.5559>
- Castellanos Márquez, M. A., Leyva Reyes, N., Ramírez, C. A., y Andrade, A. (2010). Desempeño de la quitina obtenida a partir de cáscara de camarón en la remoción de cadmio de sistemas acuáticos. *“Coloquio de Investigación Multidisciplinaria.”*
<https://www.researchgate.net/publication/309493097>
- Castro García, M. R. (2014). *Estudio para la conservación de arilos de Rambután (Nephelium lappaceum) aplicando recubrimientos comestibles a base de quitosano y aloe vera* [Trabajo de pregrado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí].
<https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/339?locale=en>
- Castro-Piedra, S. E., Calvo-Castro, L. A., Alvarenga-Venutolo, S., Centeno-Cerdas, C., Ramos-Madrigal, M., Vega-Baudrit, J., Zamora-Mora, V., y Rojas-Chaves, M. (2015). Membranas de colágeno y quitosano de fuentes alternativas: evaluación para su uso potencial en ingeniería de tejidos. *Tecnología en Marcha*, 58-68. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v28s1/0379-3982-tem-28-s1-58.pdf>
- Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. (2022). *Desechos de camarón y su potencial en la agricultura: hacia una transición agroecológica*. <https://www.ciad.mx/desechos-de-camaron-y-su-potencial-en-la-agricultura-hacia-una-transicion-agroecologica/>

- Cheung, R. C., Ng, T. B., Wong, J. H., y Chan, W. Y. (2015). Chitosan: An update on potential biomedical and pharmaceutical applications. *Marine Drugs*, 13(8), 5156–5186. <https://doi.org/10.3390/md13085156>
- Cobo Cedeño, M. (1973). *El cultivo del camarón en el Ecuador*. <https://www.fao.org/4/ac866s/AC866S32.htm>
- Colina, M., Ayala, A., Rincón, D., Molina, J., Medina, J., Ynciarte, R., Vargas, J., y Montilla, B. (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* 15(1), 21-43. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4554249>
- Cuéllar Sáenz, J. A. (2020). *Cultivo de camarón en Latinoamérica*. *Veterinaria Digital*. <https://www.veterinariadigital.com/articulos/cultivo-de-camaron-en-latinoamerica/>
- De Siqueira, J. E. (2001). El principio de responsabilidad de Hans Jonas. *Acta Bioethica*, 7(2). <http://dx.doi.org/10.4067/S1726-569X2001000200009>
- Domínguez García, B. C., y Martínez, Y. A. (2019). *Obtención y caracterización de quitosano a partir del exoesqueleto de camarón Litopenaeus vannamei cultivado en la provincia de Coclé y su aplicación como recubrimiento comestible para la industria alimentaria* [Trabajo de pregrado, Universidad de Panamá]. <https://up-rid.up.ac.pa/6400/>
- Gaffrey, M. (2014). *Mayonesa con quitosano* [Trabajo de pregrado, Universidad Fasta]. <http://redi.ufasta.edu.ar:8082/jspui/handle/123456789/3684>
- Gavilánez Elizalde, F., Espinel Armas, E., y Gavilánez Monge, I. M. (2024). El significado del valor intrínseco en la ética ambiental. *Pensamiento Actual*, 24(42). <https://doi.org/10.15517/pa.v24i42.60227>
- Gavilánez-Elizalde, F. (2018a). *Caracterización del valor intrínseco antropogénico de la biodiversidad: El no-antropocentrismo y el ecocentrismo andino del E Kawsay como forma de conservación de la naturaleza no-humana y la vida* [Tesis de doctorado, Euskal Herriko Unibertsitatea]. <https://addi.ehu.es/handle/10810/32063>
- Gavilánez-Elizalde, F. (2018b). Repensando en la conservación. *Revista Razón y Palabra*, 22(3), 439-455. <https://www.revistarazonypalabra.org/index.php/ryp/article/view/1267>

- Giraldo Pedraza, J.D. (2015). Propiedades, obtención, caracterización y aplicaciones del quitosano. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3350.9287>
- González, G. (2015). El “principio de responsabilidad” de Hans Jonas a la luz de la conciencia ecológica. *Nómaditas*, 46(2). https://doi.org/10.5209/rev_noma.2015.v46.n2.51421
- González-León, L.M., Rizo Porro, M., y Ramos Sánchez, L. (2024). Biorrefinería marina: oportunidades y desafíos para la economía cubana. *Revista de Producción Animal*, 36(1), 99–114. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-79202024000100099
- Gudynas, E. (2010). Sociedad, Economía y Política: Desarrollo sostenible: una guía básica de conceptos y tendencias hacia otra economía. *Otra Economía*, 4(6). https://biblioteca.hegoa.ehu.eus/downloads/18430/%2Fsystem%2Fpdf%2F2627%2FDesarrollo_sostenible._Una_gu_a_b_sica.pdf
- Guerrero Cajas, V.A. (2023). *Uso de bacterias biorremediadoras para reducir la materia orgánica en los cultivos de camarón blanco (Litopenaeus vannamei)* [Trabajo de grado, Universidad Técnica de Machala]. Repositorio de la UTMACH. <https://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/22688>
- Guilera Rovira, J. (2017). *Diseño biorreactor para la obtención de quitosano* [Trabajo de pregrado, Escola Técnica Superior d'Enginyers Industrials de Barcelona]. https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/101139/TFG_Javier_Guilera_v.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Guillén de Romero, J., Calle García, J., Gavidia Pacheco, A., y Vélez Santana, A. (2020). Desarrollo sostenible: Desde la mirada de preservación del medio ambiente colombiano. *Revista de Ciencias Sociales*, 26(4), 293–307. <https://scholar.archive.org/work/s7oo37uqzzb53ogdptxhruuvua/access/wayback/https://produccioncientificaluz.org/index.php/rcs/article/download/34664/36569>
- Hernández, C., Ruiz, M., Castellanos, M., Andrade, A., Leyva, N., y Ramírez, C. (2010). Empleo de ozono en la obtención de quitina blanqueada a partir de cáscaras de camarón. *BIOPMAT - Biopolímeros: Fuentes, Transformación, Producción y Aplicaciones Innovadoras*. <https://www.researchgate.net/publication/309493170>

- Instituto del Agua. (s.f.). *Impacto ambiental de la acuicultura: consecuencias y soluciones sostenibles en nuestro ecosistema acuático*. <https://institutodelagua.es/acuicultura/impacto-ambiental-de-la-acuiculturaacuicultura/>
- Lárez Velásquez, C. (2008). Algunas potencialidades de la quitina y el quitosano para usos relacionados con la agricultura en Latinoamérica. *Revista UDO Agrícola*, 8(1), 1-22 . <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3094823.pdf>
- Lárez Velásquez, C., Rojas Pirela, M., Chirinos, A., y Rojas Avelizapa, L. (2019). Nuevos retos en agricultura para los biopolímeros de quitina y quitosano. Parte 1: efectos beneficiosos para los cultivos. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 20(3), 118–136. <https://reviberpol.org/2019/05/01/nuevos-retos-en-agricultura-para-los-biopolimeros-de-quitina-y-quitosano-1-efectos-beneficiosos-para-los-cultivos/>
- Lessenich, S. (2019). *La sociedad de la externalización*. Herder Editorial.
- López Muñoz, J.R. (2022). *Obtención y caracterización fisicoquímica de quitosano a partir de exoesqueleto de camarón para su aplicación en el tratamiento de aguas residuales* [Trabajo de pregrado, Instituto Tecnológico Superior de Misantla]. <https://rinacional.tecnm.mx/bitstream/TecNM/5208/1/TIA41O~1.PDF>
- López Espinoza, K.E. (2024). *Importancia de los bioestimulantes en el cultivo de cacao (Theobroma cacao L.)*. Universidad Técnica de Babahoyo. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/16069>
- Luna, M., Beltrán, O., Encinas, D., Méndez, P., Ballesteros, M., Valencia, D., Topete, A., López, M., Vadez, M., y Juárez, J. (2024). Actividad antibacteriana de nanopartículas de quitosano modificado, hidrofobizado con ácido octanoico, cargadas con carvacrol. *Revista Materiales Avanzados*. https://revista.iim.unam.mx/index.php/materialesa_avanzados/article/view/28
- Martínez Castillo, R. (2012). Ensayo crítico sobre educación ambiental. *Diálogos Educativos*, (24). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4156233>
- Martínez-León, R., García-López, R., y Gutiérrez-González, D. (2019). Utilización de harina de residuo de camarón (*Litopenaeus vannamei*) en novillas. *Pastos y Forrajes*, 42(1), 68–72. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942019000100068

- Mata, N. (2012). *El Aprovechamiento del exoesqueleto del camarón*. [Trabajo de grado, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo]. http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/jspui/bitstream/DGB_UMICH/8071/1/FIQ-L-2012-0123.pdf
- Ministerio de Agricultura. (2023). *Balance alimentos Camarón*.
- Ministerio del Ambiente. (2013). *Impactos ambientales provocados por la pesquería de arrastre de camarón en Ecuador*. www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/01/Impactos-de-la-pesqueria-arrastre-Ecuador-1.pdf
- Ministerio de Ambiente del Ecuador. (2018). Estrategia Nacional de Educación Ambiental para el Desarrollo Sostenible 2017-2030. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/07/ENEA-ESTRATEGIA.pdf>
- Moratalla, A. D. (2019). Care and responsibility: From Hans Jonas to Carol Gilligan. *Pensamiento*, 75(283), 357–373. <https://doi.org/10.14422/pen.v75.i283.y2019.019>
- Moreira, D., y Méndez, Y. (2024). *Caracterización de bacterias nativas con potencial probiótico en el cultivo de camarón (Litopenaeus vannamei) en Guayas, Ecuador*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/7208>
- Moreno-Cabrera, I. (2017). *Obtención de películas plastificadas de quitosano obtenidas a partir de exoesqueletos de camarón en la región norte de Veracruz* [Trabajo de pregrado, Universidad Veracruzana].
- Muñoz, B. (2015). *Elaboración y estudio de micropartículas de ciprofloxacino de liberación prolongada a nivel del colon* [Tesis de doctorado, Universidad de Granada]. <http://hdl.handle.net/10481/48550>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2020). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020*. FAO. <https://doi.org/10.4060/ca9229es>
- Ortega, C., y Aparicio, X. (2020). Quitosano: una alternativa sustentable para el empaque de alimentos. *Revista Digital Universitaria*, 21(5). <https://doi.org/10.22201/cuaieed.16076079e.2020.21.5.4>

- Ovalle Torres, B.S., Barraza Torres, O., Hernández López, J.A. (2022). Obtención de quitosano a partir de residuos pesqueros y su valoración potenciométrica. *Brazilian Journal of Science*, 2(2), 32–38. <https://doi.org/10.14295/bjs.v2i2.240>
- Paredes Aguilar, E.A. (2024). *Extracción de quitosano del exoesqueleto del camarón (Litopenaeus vannamei) para su uso como estabilizante en yogur natural*. [Trabajo de pregrado, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]. Repositorio Digital UCSG. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/22434/1/T-UCSG-PRE-TEC-CA-5.pdf>
- Ríos-Ruiz, C., Bojórquez Vejar, G., Cárdenas Robles, A., Mariscal Camacho, J., Justo López, A., y Nito Carreño, M. (2020). Quitosano como fungicida a partir de exoesqueleto de camarón. *Revista de Ciencias Tecnológicas*, 3(1), 57–62. <https://recit.uabc.mx/index.php/revista/issue/view/7>
- Rodríguez Barroso, R.M. (2022). El papel de la economía circular en la economía azul y la transición ecológica. En *Informe de Sostenibilidad en España 2022: indicadores, retos y oportunidades de la economía azul*. <http://hdl.handle.net/10498/31115>
- Rojas, A., Vásquez, R., Imbert, J., Estrada, J., Cobos, M., y Veloz, M. (2019). Estudio comparativo de la obtención quitosano por los métodos químico y electroquímico a partir de exoesqueletos de camarón. *Memorias del congreso nacional de la sociedad mexicana de electroquímica*. www.smeq.org.mx/Memorias/XXXIVSMEQ.pdf
- Velasco, J., Narváez, G., Ramírez, R., y Pérez, L. (2019). Producción de quitosano a partir de desechos de camarón generados del procesamiento industrial. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume4/4/10/127.pdf>
- Villegas Peralta, Y., González Tineo, P., Sánchez Duarte, R.G., y Aguilar Ruiz, A.A. (2024). Obtención de papel de quitosano a partir de cáscara de camarón. *Investigación e Innovación en Ingeniería*, 3(1), 34–47. <https://doi.org/10.32997/rin-2024-4676>

Potencial conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe potencial conflicto de intereses en la realización de la presente investigación.

Fuentes de financiación

La investigación fue financiada con recursos propios de los investigadores.

1 Especialista en Gestión de Procesos Educativos, Magíster en Educación Superior. Docente-investigadora Titular de la Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Químicas, Quito. Ecuador. Correo electrónico: eeepinel@uce.edu.ec, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5800-7035>, Google Scholar: <https://scholar.google.com/citations?hl=en&user=Ruk3ZVsAAAAJ>

2 Odontólogo. Ecólogo, Ph. D. Science & Values Of Biology, Docente-investigador de la Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Químicas, Quito. Ecuador. Correo electrónico: ggavilanez@uce.edu.ec, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9419-3496>, Google Scholar: <https://scholar.google.es/citations?user=B5pMGbkAAAAJ&hl=es>

3 Licenciada en Química, Ph. D. Química. Docente-investigadora de la Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Químicas, Quito. Ecuador. Correo electrónico: mgleal@uce.edu.ec, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1458-4751>, Google Scholar: <https://scholar.google.com/citations?user=z-Tp7qcAAAAJ&hl=es>

Para citar este artículo: Espinel Armas, E., Gavilánez Elizalde, F., y Leal, M.G. (2025). Bioeconomía circular del residuo de exoesqueleto de camarón bajo un enfoque de corresponsabilidad ecosistémica. *Revista Luna Azul*, (61), 31-64. DOI: <https://doi.org/10.17151/luaz.2025.61.3>

Esta obra está bajo una [Licencia de Creative Commons Reconocimiento CC BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



Código QR del artículo

