



***INVESTIGACIÓN SOBRE LOS RECURSOS  
NATURALES DEL NOROESTE DE MÉXICO,  
PARA EL BIENESTAR COMUNITARIO***



***ALFREDO ORTEGA-RUBIO***

***Coordinador***

***INVESTIGACIÓN SOBRE LOS RECURSOS  
NATURALES DEL NOROESTE DE  
MÉXICO, PARA EL BIENESTAR  
COMUNITARIO***

***Alfredo Ortega-Rubio***

***Coordinador***

***CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS DEL  
NOROESTE S.C. (CIBNOR) LA PAZ,  
B.C.S. MÉXICO, 2025***

***Investigación sobre los recursos naturales del noroeste de México, para el bienestar comunitario.*** Ortega-Rubio Alfredo. (Coordinador). 2025. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. La Paz, Baja California Sur. México. 547 pág: il; 55.

© Derechos Reservados

**Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.**

Instituto Politécnico Nacional # 195. Col. Playa Palo de Santa Rita Sur  
C.P. 23096. La Paz, Baja California Sur. México.

Todos los derechos reservados. El contenido de esta publicación se puede reproducir parcialmente únicamente con autorización previa por escrito de los autores de cada Capítulo y siempre y cuándo se den los créditos correspondientes a los mismos y al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Las opiniones expresadas por los autores (Textos, Tablas, Figuras y Fotografías) no necesariamente reflejan la postura de la institución editora de la publicación.

Diseño Gráfico y Editorial. Alfredo Ortega-Rubio. Fotografía de la Portada. Rubén Andrade.

Primera Edición. Octubre 2025.

**ISBN: 978-607-7634-51-5**

Publicación de investigación del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.



### **Preparación de este documento:**

La edición del libro “***Investigación sobre los recursos naturales del noroeste de México, para el bienestar comunitario***”, estuvo a cargo del Dr. Alfredo Ortega-Rubio. En este libro se describen las principales contribuciones que el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., (CIBNOR), ha aportado en la generación de conocimiento, formación de recursos humanos, y apropiación social del conocimiento científico, enfatizando su incidencia en el bienestar social.

### **Agradecimientos:**

El Coordinador de esta obra agradece a todas y todos las y los Coautores de esta obra, por compartir con la sociedad las aportaciones que en sus distintas actividades han generado para el bienestar de las comunidades humanas del noroeste de México, especialmente las más vulnerables. Asimismo, agradece al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste por la oportunidad de permitirnos generar, a través de los resultados de nuestras investigaciones científicas, alternativas viables con pertinencia social y ambiental, que realmente han sido aplicadas en beneficio de nuestra sociedad, quien es la que nos financia y a quien nos debemos.

### **Para citar esta obra:**

**Ortega-Rubio Alfredo. (Coordinador). 2025. *Investigación sobre los recursos naturales del noroeste de México, para el bienestar comunitario*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. La Paz, B.C.S. México. 547 pp.**

# **INVESTIGACIÓN SOBRE LOS RECURSOS NATURALES DEL NOROESTE DE MÉXICO, PARA EL BIENESTAR COMUNITARIO**

## **ÍNDICE**

### **PRÓLOGO**

*María Elena Álvarez-Buylla Roces \** 1

### **PREFACIO**

*José Alejandro Díaz Méndez \** 3

## **SECCIÓN I INTRODUCCIÓN**

### **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

*José Alfredo Arreola Lizárraga \* y Alfredo Ortega-Rubio* 7

## **SECCIÓN II PROGRAMAS ACADÉMICOS**

### **CAPÍTULO 2. APORTACIONES HISTÓRICAS DEL PROGRAMA ACADÉMICO DE PLANEACIÓN AMBIENTAL Y CONSERVACIÓN AL BIENESTAR COMUNITARIO**

*Alejandro López Cortés \** 15

|                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>CAPÍTULO 3. APORTACIONES HISTÓRICAS DEL PROGRAMA DE AGRICULTURA EN ZONAS ÁRIDAS AL BIENESTAR COMUNITARIO</b> |    |
| <i>Luis Guillermo Hernández Montiel *</i>                                                                       | 39 |

|                                                                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>CAPÍTULO 4. APORTACIONES HISTÓRICAS DEL PROGRAMA DE ACUICULTURA Y SU IMPACTO EN EL BIENESTAR COMUNITARIO</b>           |    |
| <i>Carolina Casanova-Valero, Héctor Acosta-Salmon, Perla Sol Cervantes-Bernal y Danitzia Adriana Guerrero-Tortolero *</i> | 55 |

|                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>CAPÍTULO 5. APORTACIONES HISTÓRICAS DEL PROGRAMA DE ECOLOGÍA PESQUERA COMO VÍNCULO VITAL AL BIENESTAR SOCIAL</b> |    |
| <i>Crisalejandra Rivera-Pérez *</i>                                                                                 | 77 |

### **SECCIÓN III**

#### **UNIDADES FORÁNEAS**

|                                                                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>CAPÍTULO 6. LA UNIDAD FORÁNEA GUERRERO NEGRO: HISTORIA, HUMANISMO Y VINCULACIÓN</b>                                             |    |
| <i>Raúl López Aguilar *, Rogelio Ramírez Serrano†, Rigoberto López Amador, Andrés Orduño Cruz y Marco Antonio Ramírez Mosqueda</i> | 99 |

|                                                                                                                                                                                            |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>CAPÍTULO 7. CONTRIBUCIÓN AL BIENESTAR COMUNITARIO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DESARROLLO TECNOLÓGICO PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA UNIDAD HERMOSILLO</b> |     |
| <i>Juan Bautista Vega Peralta * y José Arturo Sánchez-Paz</i>                                                                                                                              | 117 |

|                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>CAPÍTULO 8. UNIDAD GUAYMAS: UNA TRAYECTORIA DE QUEHACER CIENTÍFICO CON COMPROMISO SOCIAL</b> |     |
| <i>José Alfredo Arreola Lizárraga *</i>                                                         | 133 |

**CAPÍTULO 9. APORTACIONES DE LA UNIDAD NAYARIT AL BIENESTAR COMUNITARIO**

*Alfonso Nivardo Maeda-Martínez \*, Rodolfo Navarro-Murillo, Ricardo García-Morales, Luis Daniel Espinosa-Chaurand, Rosa María Morelos-Castro y Rodolfo Garza-Torres*

149

**SECCIÓN IV**  
**CASOS DE ESTUDIO DEL PROGRAMA DE PLANEACIÓN AMBIENTAL Y CONSERVACIÓN**

**CAPÍTULO 10. VALORACIÓN ECONÓMICA DE RECURSOS GENÉTICOS ASOCIADOS A CONOCIMIENTOS TRADICIONALES EN BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO**

*Gerzaín Avilés-Polanco, Luis Felipe Beltrán-Morales\* y Alfredo Ortega-Rubio*

175

**CAPÍTULO 11. CONTRIBUCIONES DE LOS MANGLARES DEL NOROESTE DE MÉXICO, PARA EL BIENESTAR COMUNITARIO**

*Patricia González-Zamorano\*, Giovanni Ávila-Flores, Blanca Estela Romero López, Jonathan Giovanni Ochoa-Gómez, Mercedes Marlenne Manzano-Sarabia, Joanna Acosta-Velázquez y José Alfredo Arreola-Lizárraga*

191

**CAPÍTULO 12. COSTAS DEL NOROESTE DE MÉXICO**

*Saúl Chávez López \* y Miguel Ángel Imaz Lamadrid*

221

**CAPÍTULO 13. AGROQUÍMICOS Y SUS EFECTOS EN LA SALUD HUMANA**

*Gerardo Alfonso Anguiano Vega, Estela Ruiz Baca, Jesús Ricardo Parra Unda, Jaime Rendón von Osten, María Guadalupe Nieto Pescador y Celia Vázquez Boucard\**

243

**CAPÍTULO 14. APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DEL  
BORREGO CIMARRÓN, POR COMUNIDADES EJIDALES DE  
BAJA CALIFORNIA SUR.**

*Israel Guerrero-Cárdenas\*, Rafael Ramírez-Orduña, Gustavo  
Arnaud, Guillermo Romero-Figueroa, José Ángel  
Armenta-Quintana y Fany Reyes-Bolaños.*

261

**SECCIÓN V**  
**CASOS DE ESTUDIO DEL PROGRAMA DE**  
**ECOLOGÍA PESQUERA**

**CAPÍTULO 15. VALORIZACIÓN DE PRODUCTOS PESQUEROS  
DEL NOROESTE DE MÉXICO**

*Julio Humberto Córdova Murueta, Norma Y. Hernández  
Saavedra y Crisalejandra Rivera Pérez\**

295

**CAPÍTULO 16. APROVECHAMIENTO DE LA MEDUSA BOLA DE  
CAÑÓN EN EL NOROESTE DE MÉXICO, LA PESQUERÍA Y  
SU DIMENSIÓN HUMANA EN EL CONTEXTO DE LA CRISIS  
DEL SECTOR RIBEREÑO**

*Juana López Martínez, Eloísa Herrera Valdivia, Cintya A.  
Nevárez López \*, Rufino Morales Azpeitia, Javier Álvarez  
Tello y Edgardo B. Farach Espinoza*

319

**CAPÍTULO 17. INVASIÓN DE ASCIDIAS SOBRE BANCOS DE  
HACHAS EN LA BAHÍA DE LA PAZ, BCS**

*Moreno-Dávila Betzabé y Leonardo Huato-Soberanis\**

339

**CAPÍTULO 18. ESTUDIOS GENÉTICOS PARA LA CONSERVACIÓN  
Y MANEJO DE RECURSOS PESQUEROS EN EL NOROESTE  
DE MÉXICO: CASO DE ESTUDIO PESQUERÍA DE ABULÓN.**

*Jorge Alberto Mares-Mayagoitia, Carmen Elvira Vargas-Peralta,  
Paulina Mejía-Ruíz, Fabiola Lafarga-de-la-Cruz, Fausto  
Valenzuela-Quiñonez\**

363



**CAPÍTULO 19. IMPACTO SOCIAL DE LA PESCA EN LAS  
COMUNIDADES LITORALES DEL ALTO GOLFO DE  
CALIFORNIA**

*Eugenio Alberto Aragón-Noriega \**

385

**CAPÍTULO 20. LA PESCA COMO DETONANTE DEL BIENESTAR  
COMÚN DEL PUEBLO YAQUI.**

*Edgar Alcántara-Razo\*, Jesús Guadalupe Padilla-Serrato,  
Eugenio Alberto Aragón-Noriega y Guillermo Ismael  
Padilla-Serrato*

405

**CAPÍTULO 21. EL CALLO DE HACHA: BIOLOGÍA Y BASES PARA  
UN MANEJO SUSTENTABLE**

*Mercedes Magali Gómez Valdez \* y Lucía Ocampo*

431

**SECCIÓN VI  
CASOS DE ESTUDIO DEL PROGRAMA DE  
AGRICULTURA DE ZONAS ÁRIDAS**

**CAPÍTULO 22. CULTIVANDO EL FUTURO DE LAS ETNIAS DEL  
NOROESTE DE MÉXICO CON CIENCIA AGRÍCOLA Y  
BIENESTAR COMUNITARIO**

*Gracia Alicia Gómez Anduro \*, David Raúl López Aguilar,  
Julio Antonio Hernández, Efraín Payan Cázares y José  
Manuel Melero Astorga*

455

**CAPÍTULO 23. MANEJO DEL RECURSO HÍDRICO EN LOS  
SISTEMAS AGROACUÍCOLAS**

*Yenitze Elizabeth Fimbres Acedo y Rodolfo Garza Torres \**

471

**CAPÍTULO 24. RECURSOS VEGETALES EMERGENTES PARA LA  
AGRICULTURA DE ZONAS ÁRIDAS ANTE EL  
AGOTAMIENTO HÍDRICO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO**

*Joselyn Seminario Peña, Alejandra Nieto Garibay \*, Enrique  
Troyo Diéguez y Bernardo Amador Murillo*

505

**SECCIÓN VII  
CONCLUSIONES**

**CAPÍTULO 25. CONCLUSIONES**

*Luis Felipe Beltrán Morales \* y Alfredo Ortega Rubio*

531

## **PRÓLOGO**

Este libro integra investigaciones de diversos sistemas socioecológicos en ambientes terrestres, marinos y costeros del Noroeste de México. Refleja la calidad, diversidad y profundidad de las investigaciones que se llevan a cabo en uno de los más importantes Centros de Investigación de la Región: el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. CIBNOR, coordinado por el CONAHCYT.

Un grupo destacado de investigadores de este Centro Público del CONAHCYT resume sus resultados de sistemas agrícolas, de explotación de algunos recursos marinos, de manglares, hasta de microorganismos, entre otros. Todas las investigaciones reseñadas en este libro se han desarrollado con un claro compromiso social y se han desarrollado con rigor científico. Los resultados de los estudios integrados en este volumen son relevantes para la conservación, uso, manejo y aprovechamiento de importantes recursos naturales de la región Noroeste. El CIBNOR ha sido un faro de conocimiento y catalizador para el avance de las ciencias socio-ambientales en la Región y en el país.

Algunos de los resultados sintetizados en este libro, se podrán usar para elaborar propuestas más concretas de mayor incidencia en diversas comunidades a favor de la conservación de sus ecosistemas, de la biodiversidad regional, y también de la calidad de vida de sus comunidades, sobre todo, las más vulnerables. A partir de los estudios resumidos acá, se podrán, por ejemplo, elaborar planes de manejo, de explotación o conservación relevantes para la Región, en colaboración con las comunidades locales y los distintos niveles de gobierno.

**Dra. María Elena Álvarez-Buylla Roces**

**Directora General del CONAHCYT.**

**Cd. de México, a 16 de junio, 2024**

# PREFACIO

A casi medio siglo de su creación, el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C (Cibnor-Conahcyt) ha mostrado su compromiso no solo con la generación de conocimiento de alto rigor y la formación de especialistas científicos, sino con la atención de problemáticas sociales y ambientales orientadas a la conservación y aprovechamiento de recursos naturales, por el sector social y productivo del Noroeste de México, impulsando también, desde uno de los territorios más aislados, la conciencia social sobre el cuidado de medio ambiente.

En el trabajo que han desarrollado a lo largo de los años, las y los investigadores del Cibnor, encontramos bosquejos de lo que en la nueva Ley General en Materia de Humanidades, Ciencias, Tecnologías e Innovación, se garantiza como derecho humano a la ciencia, con el fin de que toda persona goce de los beneficios del desarrollo científico y tecnológico y de otros derechos humanos facilitados por el ejercicio de las humanidades, ciencias, tecnologías e innovación, con un enfoque centrado en la persona, que incluya la preservación y protección del ambiente, pues es de esta forma, como el pueblo de México puede acceder al bienestar.

Este libro que nos entrega el Cibnor, arroja luz sobre el excepcional trabajo llevado a cabo por las y los investigadores de este Centro Conahcyt, a lo largo de su historia. En sus líneas se encontrará como lugar común el diálogo de saberes, y con diferentes actores sociales que enriquecen el quehacer científico desarrollado en muchas ocasiones en el territorio, como el lugar de encuentro natural. La obra es más que un compendio de aportes y resultados de investigación, son testimonio del compromiso incansable de su personal científico, tecnológico y administrativo que han convertido a Cibnor-Conahcyt en una referencia nacional, indiscutible, en ciencias biológicas y en el uso, manejo y preservación de los recursos naturales.

Asimismo, esta obra es un homenaje a las Unidades Foráneas de Cibnor-Conahcyt que han nacido en varias ciudades de nuestro país convirtiéndose en motores que impulsan la búsqueda de respuestas a las preguntas más apremiantes de su entorno socio-ecológico relacionado con problemáticas regionales y locales. Temas comunes son el agua; la alimentación; la producción y el impacto ambiental de las actividades productivas como la agrícola, pecuaria y pesca; el valor de los conocimientos tradicionales; el impacto del cambio climático en los ecosistemas, entre otros temas, que se cruzan con los Programas Nacionales Estratégicos del Conahcyt, en la búsqueda de soluciones integrales que tengan incidencia en el mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades y el bienestar de las personas.

Desde Conahcyt reconocemos el trabajo que se realiza en el Cibnor-Conahcyt y deseamos que esta obra contribuya a la reflexión del bien que representa la ciencia, cuando su interés es el bien público, el bien común.

**Dr. José Alejandro Díaz Méndez**

**Titular de la Unidad de Articulación Sectorial y Regional, CONAHCYT.**

**Cd. de México, a 16 de junio, 2024**

## **CAPÍTULO 15**

### **VALORIZACIÓN DE PRODUCTOS PESQUEROS DEL NOROESTE DE MÉXICO**

Julio Humberto Córdova Murueta, Norma Y. Hernández Saavedra  
y Crisalejandra Rivera Pérez\*

\* crivera@cibnor.mx

#### **Resumen**

El capítulo aborda la importancia histórica y cultural de la pesca artesanal, destacando su papel en la subsistencia de comunidades costeras y su contribución a la seguridad alimentaria local. Se discute cómo la creciente demanda global de pescado ha impulsado la industrialización de la pesca, especialmente en regiones como el noroeste de México. Aunque la industria pesquera tiene un impacto significativo en la economía y la alimentación, también genera desafíos ambientales debido al desperdicio de subproductos. Se examinan los esfuerzos para valorizar estos subproductos, destacando investigaciones que buscan extraer compuestos de alto valor económico y nutricional. Además, se explora el potencial de estos compuestos en diversas industrias, desde la alimentaria hasta la farmacéutica y la cosmética, y se destaca la importancia de adoptar tecnologías innovadoras para promover una industria pesquera más sostenible y rentable.

**Palabras clave:** pesquerías, valor agregado, bioactivos, subproductos.



### **Abstract**

The chapter addresses the historical and cultural importance of artisanal fishing, highlighting its role in the subsistence of coastal communities and its contribution to local food security. It discusses how the growing global demand for fish has driven the industrialization of fishing, especially in regions like northwest Mexico. Although the fishing industry has a significant impact on the economy and food supply, it also poses environmental challenges due to the waste of byproducts. Efforts to valorize these byproducts are examined, with a focus on research aimed at extracting compounds of high economic and nutritional value. Additionally, the potential of these compounds in various industries, from food to pharmaceuticals and cosmetics, is explored, underscoring the importance of adopting innovative technologies to promote a more sustainable and profitable fishing industry.

**Keywords:** fisheries, value-added, bioactive compounds, subproducts.

### **Introducción**

La pesca artesanal se erige como una actividad humana arraigada en tradiciones milenarias, representando la conexión íntima entre las comunidades costeras y sus entornos marinos. Durante miles de años, la producción pesquera ha permitido sostener a grupos poblacionales itinerantes (nómadas) y pequeñas sociedades humanas asentadas en las orillas de esteros, caletas, barras, lagunas, desembocaduras de ríos, costas marinas, etcétera (Rodríguez Galicia, 2017). Además de proporcionar alimento, esta actividad era un componente común en sus ceremonias (López Chavarría, 1997). Este tipo de pesca no solo contribuía y sigue contribuyendo a la seguridad alimentaria de las comunidades locales, sino que también preserva la diversidad biológica marina al evitar prácticas destructivas. La pesca artesanal ha permitido la cohesión social al mantener vínculos culturales con el mar y promover el intercambio intergeneracional de saberes, convirtiéndose así

en una actividad esencial que fusiona la subsistencia, la identidad cultural y la gestión responsable de los recursos acuáticos.

La creciente demanda de pescado, destinado a combatir el hambre gracias a sus nutrientes básicos como proteínas, grasas, carbohidratos, y sustancias como minerales y vitaminas (Stansby, 1962), ha propiciado un aumento en las pesquerías industriales a nivel mundial. Los peces contienen 72% de agua, 19% de proteínas y 8% de grasa, entre los que destacan EPA y DHA (Tang et al., 2009). Si embargo, su composición y, por tanto, su valor nutritivo está influenciado por diversas variables como la especie, edad, medio en que viven, tipo de alimentación, época de captura, entre otros (Nazrul y Razzaq, 2005). En México, la región noroeste del país, especialmente las áreas costeras de estados como Baja California, Sonora y Sinaloa, presenta un alto porcentaje de actividad pesquera debido a una combinación de factores geográficos, climáticos y económicos (véase la Figura 43). A nivel global, nuestro país ocupa el puesto 16 en cuanto a la producción de pescados y mariscos (EDF, 2023), y se estima que en México se consumen de 8 a 13 kg anuales de pescado por persona según cifras del Consejo Mexicano de Promoción de Productos Pesqueros (Comepesca, 2021). Sin embargo, el desarrollo de estas actividades productivas está condicionado al estado físico de los activos productivos, como embarcaciones y unidades de producción.

## VALORIZACIÓN PRODUCTOS PESQUEROS



Figura 43. Principales (11) pesquerías comerciales en la Región Noreste de México. Atún aleta amarilla y barrilete (Pacífico Mexicano); ostión y mejillón (Baja California); ostión, langosta roja, mejillón y jurel (Baja California Sur); calamar gigante (Alto Golfo de California); y jaiba, camarón, sardina crinuda (Sonora, Sinaloa, Nayarit). Tomado de COMEPESCA (2024).

Según el Registro Nacional de Pesca y Acuicultura (RNPA), la flota pesquera mexicana está constituida por 76,306 embarcaciones, de las cuales 2,020 son embarcaciones mayores y 74,286 son embarcaciones menores (ribereñas) registradas (DOF, 2020).

La industria pesquera es responsable de la producción de cantidades significativas de productos marinos y procedentes del mar, donde solo el 40% de la captura se destina al consumo humano, mientras que más del 60% (cabeza, piel, pedacería, aletas, y víscera) se descarta (Dekkers et al., 2011). Como resultado, se generan cantidades considerables de residuos (Chalamaiah et al., 2012), lo que provoca graves problemas ambientales atribuibles al hecho de que estos desechos

no tienen una aplicación directa. El problema dual que surge de las industrias de procesamiento de pescado, comprendiendo problemas ambientales y aplicaciones menos rentables para subproductos y desechos, ha resaltado la necesidad de obtener valorización a partir de los residuos de procesamiento de pescado y, al mismo tiempo, contribuir a una industria pesquera más sostenible.

La industria pesquera ha realizado algunos esfuerzos para abordar de manera eficiente los desechos de pescado, incluyendo su aplicación como alimento para animales, fertilizantes para plantas, aceite de pescado y harinas de pescado (Ferraro et al., 2010). Sin embargo, en el contexto de la valorización de biodesperdicios, estos productos no resultan económicamente atractivos para las industrias pesqueras (Hsu, 2010; Caruso, 2015). A pesar de ello, el paradigma está cambiando y el procesamiento de subproductos puede transformar un producto de bajo valor en uno capaz de cubrir todos los costos de procesamiento y eliminación, con un consecuente mayor valor agregado y un menor daño ambiental (Schmidt, 2016).

Estos residuos derivados del procesamiento de pescados y mariscos incluyen la carcasa, la cabeza, la piel, las escamas, los huesos, las vísceras y las conchas. En este contexto, las investigaciones se han enfocado en la búsqueda de productos de mayor valor que podrían ser extraídos de estos subproductos pesqueros, tales como proteínas (enzimas proteolíticas, hidrolizados de proteínas, péptidos bioactivos, colágeno y gelatina), aceites de pescado e hidroxiapatita (Liceaga-Gesualdo & Li-Chan 1999; Montero & Gómez-Guillen 2000; Chantanchum et al., 2016). La extracción de estos compuestos muestra un considerable potencial económico, dado su reconocido impacto positivo en la salud humana. Designados como compuestos de potencial valor agregado, estos productos ofrecen numerosas posibilidades de aplicación, desde la industria alimentaria hasta la farmacéutica, médica y cosmética (Rivera-Pérez et al., 2023; Caruso, 2015; Kim & Mendis, 2006; Gildberg et al., 2004). De esta manera, la exploración de nuevas metodologías para extraer y purificar productos de alto valor a partir de los desechos de pescado

## **VALORIZACIÓN PRODUCTOS PESQUEROS**

emerge como una excelente oportunidad para las industrias de procesamiento de pescado, permitiéndoles agregar mayor valor a lo que anteriormente se consideraba como desperdicio.

### **Valorización de los productos de la pesca**

Existen diversos usos potenciales de los distintos componentes que constituyen pescados y mariscos, que proveen un valor agregado al producto. El valor agregado se refiere a cualquier proceso o actividad que aumenta el valor económico de un producto más allá de su estado original. Esto puede implicar transformaciones físicas, como el fileteado o el envasado, la incorporación de ingredientes adicionales para crear productos elaborados o la mejora de la presentación y la comercialización del producto (Ikbal et al., 2021). El valor agregado puede incluir también aspectos relacionados con la calidad, la seguridad alimentaria, la sostenibilidad o el origen del producto, lo que lo hace más atractivo para los consumidores y puede justificar un precio más alto en el mercado. Además de la transformación de los productos comestibles como el filete, las partes no comestibles han logrado ser un foco de atención para el desarrollo de nuevos productos (ver Figuras 44 y 45).

Los principales productos generados a partir de estos residuos son harinas de pescado; sin embargo, tienden a tener un bajo valor comercial. Los estudios desarrollados en el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C., en la Línea Estratégica de Maximización del Valor Económico de Productos Pesqueros del Programa de Ecología Pesquera, enfocan sus esfuerzos en identificar moléculas con potencial valor económico a los productos y subproductos de la pesca, promoviendo su uso y aprovechamiento integral e implementando tecnologías basadas en el conocimiento científico.

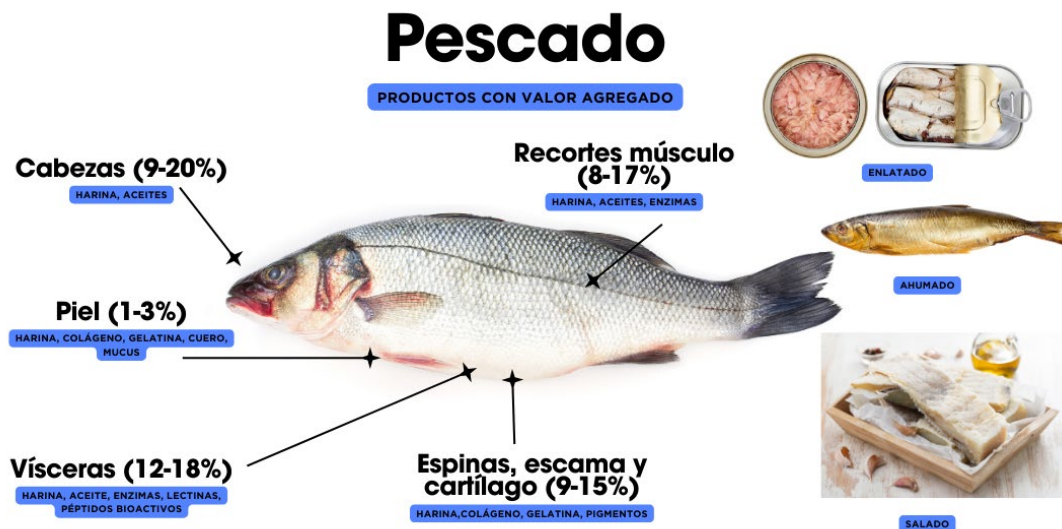


Figura 44. Productos con valor agregado derivados de la pesca, músculo y residuos del procesamiento (Creado con Canva).

A continuación, se mostrarán los usos potenciales que, en función del conocimiento científico actual generado por CIBNOR (Tabla 9), pueden presentar algunos subproductos de la pesca, por el aprovechamiento conjunto de un grupo de componentes moleculares (proteínas, aceites), o bien por el aprovechamiento de una molécula o macromolécula concreta (colágeno, proteasas, etc.)



Figura 45. Productos con valor agregado derivados de los mariscos (Creado con Canva).

Tabla 9. Principales biomoléculas identificadas en CIBNOR con potencial biotecnológico.

| Molécula o producto de interés obtenido | Nombre del recurso                                                                  | Tipo de desecho             | Referencias                                                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>VALORIZACIÓN PRODUCTOS PESQUEROS</b> |                                                                                     |                             |                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Concentrados de proteína</b>         | Camarón blanco<br><i>Litopenaeus vannamei</i>                                       | Cabeza                      | Córdova-Murueta et al., 2013; 2018.                                                                                                                                                                |
|                                         | Langostilla<br><i>Pleuroncondes planipes</i>                                        | Vísceras, Hepatopáncreas    | Cordova-Murueta et al., 2018; García-Carreño et. al. 1992; García-Carreño y Haard, 1994                                                                                                            |
|                                         | Calamar gigante<br><i>Dosidicus gigas</i>                                           | Manto                       | Córdova-Murueta y García-Carreño, 2002, 2001; De La Fuente-Betancourt et al., 2006, 2009; Palafox et al., 2009;                                                                                    |
|                                         | Almeja<br><i>Megapitaria squalida</i>                                               | Vísceras                    | Córdova Murueta et al., 2018                                                                                                                                                                       |
|                                         | Fauna de acompañamiento                                                             | Músculo                     | Córdova Murueta et al., 2007                                                                                                                                                                       |
| <b>Enzimas</b>                          | <i>Debaryomyces hansenii</i>                                                        | Biomasa                     | Hernández-Saavedra et al.1995; Hernández-Saavedra y Ochoa, 1999; Ramírez Orozco, Hernández-Saavedra y Ochoa, 2001;                                                                                 |
|                                         | Corales                                                                             | Tejido                      | Paz-García et al., 2012                                                                                                                                                                            |
|                                         | Camarón blanco<br><i>Litopenaeus vannamei</i>                                       | Cabeza                      | Córdova-Murueta et al., 2013; 2018.                                                                                                                                                                |
|                                         | Langostilla<br><i>Pleuroncondes planipes</i>                                        | Vísceras, Hepatopáncreas    | Cordova-Murueta et al., 2018; García-Carreño et. al. 1994, 1999; Hernández-Cortes et al. 1999; García-Carreño y Haard, 1994                                                                        |
|                                         | Camarón blanco<br><i>Litopenaeus vannamei</i>                                       | Hepatopáncreas<br>Branquias | Arreola et al., 2023; Córdova-Murueta et al., 2004, 2003, 2013, 2017; Hernández Cortés et al., 1997, 2017; Rojo-Arreola et al., 2023; Sainz et al., 2005; Sainz Hernández y Córdova Murueta, 2009; |
|                                         | Otros decápodos                                                                     | Hepatopáncreas              | Hernández-Cortes 2021                                                                                                                                                                              |
| <b>Péptidos bioactivos</b>              | Abulón<br><i>Haliotis fulgens</i> y<br><i>Haliotis corrugata</i>                    | Vísceras                    | Rivera-Pérez, Ponce González y Hernández-Saavedra, 2023                                                                                                                                            |
| <b>Proteínas</b>                        | Madre perla y concha nácar<br><i>Pinctada mazatlanica</i> ,<br><i>Pteria sterna</i> | Concha                      | Rivera-Pérez et al., 2019a; Rivera et al., 2020; Rivera-Pérez et al., 2019b; Arroyo Loranca et al., 2020; Arroyo Loranca et al., 2023                                                              |
|                                         | Callo de hacha<br><i>Atrina maura</i>                                               | Concha                      | Domínguez Beltrán, 2023.                                                                                                                                                                           |
|                                         | Mano de León<br><i>Nodipecten subnudosus</i>                                        | Concha                      | Rojas Sánchez, 2024                                                                                                                                                                                |
| <b>Quitina</b>                          | Camarón blanco<br><i>Litopenaeus vannamei</i>                                       | Cabeza                      | Córdova-Murueta et al., 2013; 2018.                                                                                                                                                                |

### **2.1 Harinas de pescado**

Las harinas de pescado normalmente se elaboran a partir de sardinas y anchovetas y son expuestas a muy altas temperaturas, lo cual disminuye su utilidad. Mediante hidrólisis *in vitro* de harinas de pescado secadas a diferentes temperaturas, se demostró que a medida que aumenta la temperatura de secado, los valores de digestibilidad se ven seriamente afectados (Córdova-Murueta et al., 2007; Córdova-Murueta & García -Carreño 2001), lo cual demuestra que exponer la proteína a altas temperaturas de secado reducen la utilidad y el valor de las proteínas de pescado, así como su valor nutritivo. No obstante, este estudio demostró que al reducir la temperatura de secado se obtendrá un producto de mucho más valor y con mejores propiedades nutritivas.

### **2.2 Hidrolizados de proteína**

Otra estrategia de valorización de residuos pesqueros y de especies de bajo valor comercial es la obtención de concentrados de proteínas mediante los procesos de hidrólisis enzimática y cambio de pH (pH-shift). Estos procesamientos permiten la generación de péptidos pequeños (2-20 aminoácidos). En el producto no hidrolizado, estos péptidos de cadena corta están intactos dentro de la secuencia de las proteínas parentales, pero pueden liberarse mediante la acción de la hidrólisis enzimática bajo condiciones aceleradas utilizando enzimas proteolíticas como alcalasa, proteasa, tripsina y pepsina (Sarmadi e Ismail, 2010; Chalamaiah et al., 2012). Se ha descrito que los hidrolizados de pescado tienen excelentes propiedades fisicoquímicas, incluyendo una mayor solubilidad, propiedades emulsionantes, propiedades espumantes, capacidad de retención de agua y capacidad de unión de grasas, lo que a su vez aumenta la palatabilidad del alimento y simplifica la absorción biológica de nutrientes (Kasumyan & Døving, 2003; Bhaskar et al., 2007; Gajanan et al., 2016). Esta estrategia de aprovechamiento se ha implementado a partir de langostilla (García-Carreño et al., 1999), calamar gigante



(*Dosidicus -gigas*) (de la Fuente et al., 2006, 2009; Palafox et al., 2009), cabezas de camarón (Córdova-Murueta et al., 2013) e incluso a partir de vísceras de almeja *Megapitaria squalida* (Córdova Murueta et al., 2018).

### 2.3 Enzimas

Las enzimas son importantes en diversos procesos en la industria, medicina e investigación y representan una fuente de ingresos muy significativa. Las investigaciones de la Línea Estratégica IV del PEP han demostrado que el ambiente marino posee una variedad de enzimas con potencial biotecnológico, entre las que destacan enzimas antioxidantes con potencial uso como antiinflamatorio a partir de levaduras marinas (Hernández-Saavedra & Ochoa 1999; Ramírez Orozco et al., 2001). También se han identificado enzimas digestivas de diferentes organismos con potencial uso como suplementos alimenticios, como las de langostilla (García-Carreño, 1992; García-Carreño & Haard 1993), varias especies de langosta (Biboverdugo et al., 2015; 2016, Rodríguez-Siordia et al., 2018; Rojo et al., 2010, 2013), y varias especies de camarones (Arreola et al., 2023; Córdova-Murueta et al., 2004; Sainz-Hernández & Córdova-Murueta 2009), estas últimas que provienen casi exclusivamente del sistema digestivo del recurso y que han permitido dilucidar algunos aspectos de su proceso de digestión para tener herramientas de diseño de alimentos aplicables a las diferentes fases de su cultivo. Además, se han identificado enzimas clave que funcionan como marcadores moleculares para determinar la presencia de más de una población de organismos (Paz-García et al., 2012; Hernández Cortés 2021). Las propiedades de las enzimas son muy diversas, al igual que los organismos marinos que sostienen las pesquerías.

### 2.4 Proteínas de la concha de moluscos

Las conchas de moluscos, que representan el 6% del peso total del organismo, son uno de los residuos menos aprovechados, y toneladas de ellas son descartadas anualmente. Las conchas de moluscos contienen proteínas de interés ambiental y comercial, ya que las proteínas de estos organismos sésiles, al ser susceptibles a cambios climáticos, pueden funcionar como marcadores de cambios ambientales, como la acidificación (Flores-Higuera, 2020; Domínguez-Beltrán, 2023) y la variabilidad de temperatura (Rojas Sánchez, 2024).

Además, las proteínas de las conchas han demostrado tener potencial en la industria biomédica, ya que las proteínas del nácar han mostrado actividad de cristalización *in vitro*, la cual se puede modular mediante modificaciones en sus propiedades fisicoquímicas (Rivera-Pérez et al., 2019ab; Arroyo Loranca et al., 2023). Estas características hacen que, a su vez, puedan ser potencialmente empleadas en la industria cosmética y osteogénica, esta última derivada de su homología con la formación de hueso en humanos.

### **2.5 Nuevos productos**

El valor agregado no solo se da cuando hay un aprovechamiento de un subproducto, sino también mediante la modificación del producto principal para mejorar sus propiedades organolépticas o su vida útil en anaquel. En CIBNOR, hemos contribuido al desarrollo de nuevos productos enlatados de moluscos sin alterar sus propiedades nutricionales e incrementando su vida útil. De esta manera, esta estrategia de conservación permite ampliar los alcances de su venta más allá de la región donde se produce (CONACyT-PEI. Número de Proyecto: 253040).

### **2.6 Compuestos bioactivos**

Los compuestos bioactivos son sustancias químicas presentes en alimentos y otros materiales biológicos que pueden ejercer efectos beneficiosos para la salud. En el

mercado actual, se ha observado un creciente interés en los compuestos bioactivos derivados de fuentes marinas, especialmente en el contexto de productos pesqueros. Por ejemplo, las vísceras de abulón, usualmente desechadas como subproductos de la pesca de abulón, tras la hidrólisis con enzimas comerciales y su posterior separación mediante cromatografía de filtración en gel. Se encontró actividad antimicrobiana en fracciones de proteínas de *Haliotis corrugata* contra varias bacterias y de *H. fulgens* contra seis cepas bacterianas y hongos. Además, ciertas fracciones mostraron actividad citotóxica, inhibiendo el crecimiento celular del cáncer de próstata en un rango del 30.4 al 53.8%. Algunas fracciones seleccionadas redujeron la expresión de gelatinasas mmp-2 y mmp-9 inducidas y no inducidas en células PC3. Esto sugiere que las vísceras de abulón son una fuente potencial de péptidos antimicrobianos y anticancerígenos (Rivera-Pérez et al., 2023<sup>a</sup>; Rivera-Pérez et al., 2022).

### 2.7. Valorización de productos pesqueros para el bienestar comunitario

Dar valor agregado a los residuos de la pesca conlleva una serie de beneficios tanto a nivel económico como social, con un impacto significativo en el bienestar comunitario. En primer lugar, la transformación de los residuos pesqueros en productos con valor añadido contribuye a maximizar el rendimiento económico de la industria pesquera, reduciendo la cantidad de desperdicios y aprovechando al máximo los recursos disponibles. Esto puede resultar en una mejora de la rentabilidad para los pescadores y las empresas relacionadas con la pesca.

Además, la creación de valor agregado a partir de residuos pesqueros fomenta la innovación y la diversificación en la cadena de suministro, generando oportunidades de empleo y desarrollo de nuevas habilidades en las comunidades pesqueras a través de una economía circular sustentable. Un ejemplo notable es el caso de los moluscos, que son emblemáticos de la zona de Baja California Sur. A partir de estudios realizados por las principales instituciones educativas de la región,

incluyendo CIBNOR, se ha planteado el aprovechamiento integral de callo de hacha (*Atrina maura*), desde su músculo abductor o mejor conocido como callo hasta el aprovechamiento de subproductos (vísceras, gónadas y conchas) (Gámez-Vázquez et al., 2023), para generar una nueva fuente de ingreso adicional para las comunidades pesqueras (ver Figura 46).

En este ejercicio, por una economía circular sustentable en La Paz, se plantean tres propuestas: 1) secado de los residuos para aprovecharlos como aditivo para aves, ya que estos residuos son ricos en ácidos grasos; 2) uso como fertilizante para la producción de hierbas aromáticas y fuente de enzimas proteolíticas; y 3) extracción del calcio de las conchas de moluscos para su uso como aditivo a aves, aunque las conchas también pueden ser usadas como captadoras de metales pesados para descontaminar agua.



Figura 46. Propuesta de economía circular del recurso de callo de hacha (*Atrina maura*).

## **VALORIZACIÓN PRODUCTOS PESQUEROS**

La creación de productos de mayor valor nutricional, como suplementos alimenticios o cosméticos a partir de residuos, no solo abre nuevos mercados, sino que también promueve la sostenibilidad ambiental al reducir la presión sobre los recursos pesqueros y provee bienestar comunitario, ya que contribuye a la mejora de las condiciones de vida de las comunidades costeras al generar empleo local, aumentar los ingresos y fortalecer la resiliencia económica. Además, al impulsar prácticas más sostenibles y responsables, se fomenta la conservación de los ecosistemas marinos y se preserva el medio ambiente, asegurando la continuidad de los recursos para las generaciones futuras.

### **Conclusiones**

En la búsqueda de un enfoque más sostenible y completo en la industria pesquera, se han desarrollado diversas estrategias para aprovechar tanto los recursos pesqueros como sus residuos, como vísceras y conchas, con el objetivo de agregarles un potencial valor. Innovadoras iniciativas han surgido para transformar estos subproductos en productos finales de alto valor nutricional, cosmético o farmacéutico. El procesamiento de las vísceras de pescado para obtener aceites ricos en omega-3, proteínas y péptidos bioactivos, así como la utilización de conchas para la obtención de calcio y marcadores, son ejemplos notables. Estas prácticas no solo maximizan el rendimiento económico de la pesca, sino que también reducen la generación de residuos, promoviendo un enfoque más circular y sostenible. Al dar valor agregado no solo a los recursos pesqueros sino también a sus subproductos previamente desechados, se contribuye significativamente a la eficiencia económica, la innovación y la preservación de los ecosistemas marinos. Este enfoque integral no solo beneficia a la industria, sino que también refleja un compromiso hacia la responsabilidad ambiental y el desarrollo económico equitativo.

## **Importancia Social**

La pesca artesanal tiene un profundo impacto social al representar mucho más que una actividad económica: constituye un pilar de identidad, cohesión y resiliencia en las comunidades costeras. Al estar estrechamente ligada a prácticas ancestrales, ha permitido no solo la subsistencia alimentaria, sino también el fortalecimiento de la cultura local mediante la transmisión intergeneracional de saberes, técnicas y valores relacionados con el manejo del mar. Esta actividad fomenta la autonomía económica de las comunidades y genera empleos directos e indirectos, particularmente en regiones con limitado acceso a otras fuentes de ingreso. En el contexto actual, iniciativas orientadas a la valorización de subproductos pesqueros, como la extracción de compuestos bioactivos o la transformación de residuos en insumos útiles, tienen un efecto multiplicador en el bienestar comunitario. Estas estrategias promueven una economía circular que diversifica fuentes de ingreso, impulsa el emprendimiento local, reduce la dependencia de la pesca extractiva y contribuye a la sostenibilidad ambiental. Casos como el aprovechamiento integral del callo de hacha en Baja California Sur ilustran cómo el conocimiento científico puede articularse con las capacidades locales para mejorar la calidad de vida, fortalecer la seguridad alimentaria y preservar la cultura pesquera. Así, la pesca artesanal y su valorización son instrumentos clave para el desarrollo social equitativo y sostenible.

## **Perspectivas**

La adición de valor y la diversificación de productos podrían convertir más del pescado en alimento u otros productos valiosos, proporcionando fuentes adicionales de ingresos para procesadores y vendedores. Cuando se trata de subproductos acuáticos, el enfoque suele centrarse en productos finales de mayor valor, como la extracción de compuestos bioactivos para utilizarlos como ingredientes alimentarios, suplementos o nutraceuticos. De estos subproductos de

procesamiento se pueden obtener también otros compuestos valiosos, como el colágeno, la gelatina, la quitina, la quitosana, enzimas y proteínas específicas, péptidos bioactivos y pigmentos, con diversas aplicaciones en la industria alimentaria, de envasado y farmacéutica. No obstante, estos procesos pueden requerir una inversión inicial elevada y el uso intensivo de tecnología, lo cual no resulta práctico ni beneficioso para los procesadores a pequeña escala. La inversión inicial en innovaciones puede ser especialmente alta, ya sea para adquirir nuevos equipos o maquinaria sofisticada, así como para utilizar reactivos en la extracción de aislados en laboratorio. Además, se necesitará invertir en el capital humano, por ejemplo, para desarrollar nuevas habilidades y fortalecer capacidades (Peñarubia et al., 2022).

Antes de implementar nuevas tecnologías y dar valor agregado a un producto, es necesario realizar estudios de mercado para garantizar la demanda del producto. Es crucial conocer si hay posibles compradores o consumidores y entender su comportamiento de compra. Al final, es el consumidor quien determina qué adquirir. Además, contar con un entorno político favorable que apoye la adopción de nuevas tecnologías y productos mediante la oferta de incentivos puede ser crucial (Venugopal et al., 2014).

### **Literatura citada**

- Arreola, L. R., Quiroz-Guzmán, E., Caballero, J. L., Ponce García, E. I., Córdova Murueta, J. H., & García Carreño, F. L. (2023). Shrimp hepatopancreatic crude enzymes as aids in rice bran hydrolysis: Potential contributors to sustainable aquaculture. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 23(9). <https://doi.org/10.4194/TRJFAS22332>
- Arroyo Loranca, R. G., Rivera Pérez, C., Hernández Adame, L., Cruz Villacorta, A. A., Rodríguez López, J. L., & Hernández Saavedra, N. Y. (2023). Efecto de iones y concentración de proteína Ps19, una proteína de la concha de *Pteria sterna*, en los polimorfos de carbonato de calcio: Polimorfos de carbonato de

- calcio en Concha Nácar. *Biotecnia*, 25(2), 136–145.  
<https://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/view/1885>
- Arroyo-Loranca, R. G., Rivera-Perez, C., Hernandez-Adame, L., Cruz Villacorta, A. A., Rodriguez-Lopez, J. L., & Hernandez-Saavedra, N. Y. (2023). Effect of ion and protein concentration of Ps19, a shell protein from *Pteria sterna*, on calcium carbonate polymorph. *Biotecnia*, 25(2), 136–145.
- Bhaskar, N., Sudeepa, E. S., Rashmi, H. N., & Tamil Selvi, A. (2007). Partial purification and characterization of protease of *Bacillus proteolyticus* CFR3001 isolated from fish processing waste and its antibacterial activities. *Bioresource Technology*, 98(13), 2758–2764.  
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.09.033>
- Bibo-Verdugo, B., O'Donoghue, A. J., Rojo-Arreola, L., Craik, C. S., & García-Carreño, F. (2016). Complementary proteomic and biochemical analysis of peptidases in lobster gastric juice uncovers the functional role of individual enzymes in food digestion. *Marine Biotechnology*, 18(2), 201–214.  
<https://doi.org/10.1007/s10126-015-9681-5>
- Bibo-Verdugo, B., Rojo-Arreola, L., Navarrete-del-Toro, M. A., & García-Carreño, F. (2015). A chymotrypsin from the digestive tract of California spiny lobster, *Panulirus interruptus*: Purification and biochemical characterization. *Marine Biotechnology*, 17(4), 416–427. <https://doi.org/10.1007/s10126-015-9626-z>
- Caruso, G. (2015). Fishery wastes and by-products: A resource to be valorised. *Journal of Fish Biology*, 9(1), 80–83.
- Chalamaiah, M., Dinesh Kumar, B., Hemalatha, R., & Jyothirmayi, T. (2012). Fish protein hydrolysates: Proximate composition, amino acid composition, antioxidant activities and applications: A review. *Food Chemistry*, 135(4), 3020–3038. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.06.100>
- Chantachum, S., Benjakul, S., & Sriwirat, N. (2000). Separation and quality of fish oil from precooked and non-precooked tuna heads. *Food Chemistry*, 69(3), 289–294. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(99\)00266-6](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(99)00266-6)
- CONACyT-PEI. (2018). Número de Proyecto: 253040. Diseño de un prototipo de enlatado para incrementar la vida de anaquel de callo de hacha *Atrina maura*.
- Comepesca. (2024, January 31). #PescaConFuturo. <https://pescaconfuturo.com/11-pescados-mariscos-certificacion-sustentable-mexico/>
- Comepesca. (2021). Aumentan mexicanos consumo de pescado. <https://amqueretaro.com/mexico/2021/03/14/aumentan-mexicanos-consumo-de-pescado/>



- Córdova-Murueta, J. H., Navarrete del Toro, M. A., & García-Carreño, F. (2018). Estrategias para obtener proteína a partir de productos y sub-productos de la pesca normalmente no aprovechados. *Recursos Naturales y Sociedad*, 4(1), 22-31. <https://doi.org/10.18846/renaysoc.2018.04.04.01.0002>
- Córdova-Murueta, J. H., & García-Carreño, F. (2001). The effect on growth and protein digestibility of shrimp *Penaeus stylirostris* fed with feeds supplemented with squid (*Dosidicus gigas*) meal dried by two different processes. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 10(3), 35–47. [https://doi.org/10.1300/J030v10n03\\_04](https://doi.org/10.1300/J030v10n03_04)
- Córdova-Murueta, J. H., García-Carreño, F. L., & Navarrete-del-Toro, M. A. (2013). pH-Solubilization process as an alternative to enzymatic hydrolysis applied to shrimp waste. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 13(4), 639–646. [https://doi.org/10.4194/1303-2712-v13\\_4\\_09](https://doi.org/10.4194/1303-2712-v13_4_09)
- Córdova-Murueta, J. H., García-Carreño, F. L., & Navarrete-Del-Toro, M. A. (2004). Effect of stressors on shrimp digestive enzymes from assays of feces: An alternate method of evaluation. *Aquaculture*, 233(1-4), 439–449. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.10.012>
- Córdova-Murueta, J. H., Navarrete-del-Toro, M. A., & García-Carreño, F. (2007). Concentrates of fish protein from bycatch species produced by various drying processes. *Food Chemistry*, 100(2), 705–711. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.10.029>
- de la Fuente, G. B. (2006). Proteína de manto de calamar gigante (*Dosidicus gigas*): Almacenamiento y procesamiento (Tesis doctoral). CIBNOR, La Paz, Baja California Sur, México.
- de-la-Fuente-Betancourt, G., García-Carreño, F., Navarrete-del-Toro, M. A., & Córdova-Murueta, J. H. (2009). Effect of pH and temperature on jumbo squid proteins. *Journal of Food Biochemistry*, 33(2), 260–272. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4514.2009.00216.x>
- Dekkers, E., Raghavan, S., Kristinsson, H. G., & Marshall, M. R. (2011). Oxidative stability of mahi mahi red muscle dipped in tilapia protein hydrolysates. *Food Chemistry*, 124(2), 640–645. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.06.088>
- DOF. (2020, December 30). Programa Nacional de Pesca y Acuicultura 2020-2024. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5609194&fecha=30/12/2020#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5609194&fecha=30/12/2020#gsc.tab=0)
- Domínguez-Beltrán, R. V. (2023). Efecto de la variación de pH en la estructura de la concha y el tejido del manto de juveniles de callo de hacha (*Atrina maura*) (Tesis de maestría). CIBNOR, La Paz, Baja California Sur, México.

- EDF. (2023, February 15). El cambio climático amenaza pesquerías cruciales para la alimentación y el bienestar social de millones de mexicanos. <https://mexico.edf.org/prensa/el-cambio-climatico-amenaza-pesquerias-cruciales-para-la-alimentacion-y-el-bienestar-social>
- Ferraro, V., Cruz, I. B., Jorge, R. F., Malcata, F. X., Pintado, M. E., & Castro, P. M. L. (2010). Valorisation of natural extracts from marine source focused on marine by-products: A review. *Food Research International*, 43(9), 2221–2233. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.07.034>
- Flores-Higuera, F. A., Reyes-Bonilla, H., Luis-Villaseñor, I. E., Mazón-Suástegui, J. M., & Guerrero-Tortolero, D. A. (2019). Hábitos alimenticios del erizo blanco *Triptena depressus* (Agassiz, 1863) en dos localidades de Baja California Sur, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 90(1), e902830. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2019.90.2830>
- Flores-Irigoyen, M., Brulé, T., Moo-Campos, R. H., & Colás-Marrufo, T. (2014). Composición de la captura, pesquería artesanal de moluscos y equinodermos de una comunidad costera de la Península de Yucatán, México. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 42(1), 100–113. <https://doi.org/10.3856/vol42-issue1-fulltext-10>
- García-Carreño, F., Dimes, L. E., & Haard, N. F. (1993). Substrate-gel electrophoresis for composition and molecular weight of proteinases or proteinaceous proteinase inhibitors. *Analytical Biochemistry*, 214(1), 65–69. <https://doi.org/10.1006/abio.1993.1457>
- García-Carreño, F. L. (1992). The role of digestive proteases in feeding and growth of the red abalone, *Haliotis rufescens*. In S. A. Shepherd, M. J. Tegner, & S. A. Guzmán del Prío (Eds.), *Abalone of the world: Biology, fisheries and culture* (pp. 123-138). Blackwell.
- García-Carreño, F., & Navarrete-del-Toro, M. A. (2018). Purification and characterization of proteases from the hepatopancreas of the shrimp *Penaeus californiensis*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 90(2), 333-340. [https://doi.org/10.1016/0305-0491\(88\)90224-3](https://doi.org/10.1016/0305-0491(88)90224-3)
- García-Carreño, F., & Navarrete-del-Toro, M. A. (2006). Digestive proteases in juvenile red abalone *Haliotis rufescens* fed natural food. *Aquaculture*, 254(1-4), 65-72. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.11.032>
- García-Carreño, F., & Navarrete-del-Toro, M. A. (1998). Digestive proteinases from the hepatopancreas of the white shrimp *Penaeus vannamei*. *Comparative*

- Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology, 121(3), 353-360. [https://doi.org/10.1016/S0305-0491\(98\)10067-8](https://doi.org/10.1016/S0305-0491(98)10067-8)
- García-Carreño, F., & Haard, N. F. (1993). Characterization of proteinase classes in langostilla (*Pleuroncodes planipes*) and crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) extracts. *Journal of Food Biochemistry*, 17(2), 97-113. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4514.1993.tb00854.x>
- García-Carreño, F., Navarrete-del-Toro, M. A., & Haard, N. F. (1994). Characterization of proteinase classes in the digestive systems of the marine molluscs *Mytilus edulis*, *Perna perna* and *Carcinostrea virginica*. *Marine Biology*, 119(1), 71-79. <https://doi.org/10.1007/BF00350108>
- Gildberg, A. (2004). Enzymes and bioactive peptides from fish waste related to fish silage, fish feed and fish sauce production. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 13(2), 3–11. [https://doi.org/10.1300/J030v13n02\\_02](https://doi.org/10.1300/J030v13n02_02)
- Hernández-Cortes, P. (2021). Bioinformatic analysis of substrate binding sites in decapod brachyurin-C collagenases. *Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology*, 57, 115–125. <https://doi.org/10.1134/S0022093021010117>
- Hernández-Saavedra, N. Y., Hernández-Saavedra, D., & Ochoa, J. L. (1995). Factors affecting the distribution of the genus *Candida* (Berkhout) along the west coast of Baja California Sur. *Systematic and Applied Microbiology*, 18, 109-112. [https://doi.org/10.1016/S0723-2020\(11\)80457-1](https://doi.org/10.1016/S0723-2020(11)80457-1)
- Hernández-Saavedra, N. Y., & Ochoa, J. L. (1999). Copper-zinc superoxide dismutase from the marine yeast *Debaromyces hansenii*. *Yeast*, 15, 657-668. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0061\(19990615\)15:8<657::AID-YEA410>3.0.CO;2-U](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0061(19990615)15:8<657::AID-YEA410>3.0.CO;2-U)
- Hsu, K.-C. (2010). Purification of antioxidative peptides prepared from enzymatic hydrolysates of tuna dark muscle by-product. *Food Chemistry*, 122, 42–48. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.02.013>
- Ikbal, A., Swarnadyuti, N., & Chowdhury, S. (2021). Role of value-added fish products for boosting entrepreneurship. *Green Reports*, 2(5), 28-31.
- Kasumyan, A. O., & Døving, K. B. (2003). Taste preferences in fishes. *Fish Physiology and Biochemistry*, 4, 289–347.
- Kim, S. K., & Mendis, E. (2006). Bioactive compounds from marine processing byproducts: A review. *Food Research International*, 39, 383–393. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2005.10.010>

- Liceaga-Gesualdo, A., & Li-Chan, E. C. (1999). Functional properties of fish protein hydrolysate from herring (*Clupea harengus*). *Journal of Food Science*, 64, 1000–1004. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1999.tb12268.x>
- López Chavarría, J. L. (1997). *Panorama del derecho mexicano. Derecho pesquero*. Instituto de Investigaciones Jurídicas, UNAM. Mc Graw & Hill. <https://repositorio.unam.mx/contenidos/5005218>
- Montero, P., & Gomez-Guillen, M. C. (2000). Extracting conditions for megrim (*Lepidorhombus boschii*) skin collagen affect functional properties of the resulting gelatin. *Journal of Food Science*, 65, 434–438. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb16022.x>
- Nazrul, I., & Razzaq, A. (2005). Seasonal variation of the proximate composition of freshwater gobi, *Glossogobius aureus* (Hamilton) from the River Padma. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 8, 532-536. <http://dx.doi.org/10.3923/pjbs.2005.532.536>
- Palafox, H., Córdova-Murueta, J. H., Navarrete del Toro, M. A., & García-Carreño, F. (2009). Protein isolates from jumbo squid (*Dosidicus gigas*) by pH-shift processing. *Process Biochemistry*, 44, 584–587. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2009.02.011>
- Paz-García, D. A., Chávez-Romo, H. E., Correa-Sandoval, F., Reyes-Bonilla, H., López-Pérez, A., Medina-Rosas, P., & Hernández-Cortés, M. P. (2012). Genetic connectivity patterns of corals *Pocillopora damicornis* and *Porites panamensis* (Anthozoa: Scleractinia) along the west coast of Mexico. *Pacific Science*, 66(1), 43-61. <https://doi.org/10.2984/66.1.3>
- Peñarubia, O., Toppe, J., Ahern, M., Ward, A., & Griffin, M. (2022). How value addition by utilization of tilapia processing by-products can improve human nutrition and livelihood. *Reviews in Aquaculture*, 2, 32-40.
- Ramírez-Orozco, M., Hernández-Saavedra, N. Y., & Ochoa, J. L. (2001). *Debaromyces hansenii* development in a non-sterile sea water-CIO<sub>2</sub> peptone containing culture medium. *Canadian Journal of Microbiology*, 47(7), 676-679. <https://doi.org/10.1139/cjm-47-7-676>
- Rivera-Pérez, C., Magallanes Domínguez, C., Domínguez Beltrán, R. V., Ojeda-Ramírez de Areyano, J. J., & Hernández-Saavedra, N. Y. (2019a). Biochemical and molecular characterization of N66 from the shell of *Pinctada mazatlanica*. *PeerJ*, 7, e7212. <https://doi.org/10.7717/peerj.7212>
- Rivera-Pérez, C., Arroyo-Loranca, R. G., & Hernández Saavedra, N. Y. (2022). An acidic protein, Hf15, from *Halotis fulgens* involved in biomineralization. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part A, Molecular & Integrative Physiology*, 272, 111276. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2022.111276>

- Rivera-Pérez, C., Ponce González, X. P., & Hernández Saavedra, N. Y. (2023). Antimicrobial and anticarcinogenic activity of bioactive peptides derived from abalone viscera (*Haliotis fulgens* and *Haliotis corrugata*). *Scientific Reports*, 13, 15185. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-41491-w>
- Rivera-Pérez, C., Ojeda-Ramírez de Areyano, J. J., & Hernández-Saavedra, N. Y. (2019b). Purification and functional analysis of the shell matrix protein N66 from the shell of the pearl oyster *Pteria sterna*. *Comparative Biochemistry and Physiology: Part B*, 235, 19-29. <https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2019.05.007>
- Rivera-Pérez, C., Flores-Sánchez, I. A., Ojeda Ramírez de Areyano, J. J., Rojas Posadas, D. I., & Hernández-Saavedra, N. Y. (2020). A shell matrix protein of *Pinctada mazatlanica* produces nacre platelets in vitro. *Scientific Reports*, 10, 20201. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-76900-2>
- Rodríguez Galicia, B. (2017). La pesca Mesoamericana. Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM. <http://ru.iiia.unam.mx:8080/handle/10684/103>
- Rodríguez-Siordia, I., Rojo-Arreola, L., Navarrete del Toro, M. A., & García-Carreño, F. (2018). American lobster Cathepsin D, an aspartic peptidase resistant to proteolysis and active in organic solvents, non-ionic detergents, and salts. *International Journal of Biological Macromolecules*, 107, 1501–1509. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.10.021>
- Rojas Sánchez, D. (2024). Plasticidad fenotípica de las proteínas de la matriz de la concha de mano de león *Nodepecten subnodosus* (Tesis de maestría). CIBNOR, La Paz, Baja California Sur.
- Rojo-Arreola, L. R., Quiroz-Guzmán, E., Caballero, J. L., Ponce García, E. I., Córdova Murueta, J. H., & García-Carreño, F. (2023). Shrimp hepatopancreatic crude enzymes as aids in rice bran hydrolysis: Potential contributors to sustainable aquaculture. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 23(9). <https://doi.org/10.4194/TRJFAS22332>
- Rojo-Arreola, L., García-Carreño, F., & Navarrete del Toro, M. A. (2013). Cold-adapted digestive aspartic protease of the clawed lobsters *Homarus americanus* and *Homarus gammarus*: Biochemical characterization. *Marine Biotechnology*, 15, 87–96. <https://doi.org/10.1007/s10126-012-9461-4>
- Rojo, L., Muhlia-Almazán, A., Saborowski, J., & García-Carreño, F. (2010). Aspartic cathepsin D endopeptidase contributes to extracellular digestion in clawed lobsters *Homarus americanus* and *Homarus gammarus*. *Marine Biotechnology*, 12, 696–707. <https://doi.org/10.1007/s10126-010-9257-3>

- Rojo, L., Sotelo-Mundo, R., García-Carreño, F., & Gráf, L. (2010). Isolation, biochemical characterization, and molecular modeling of American lobster digestive cathepsin D1. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part B*, 157, 394–400. <https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2010.08.009>
- Sainz-Hernández, J. C., & Córdova-Murueta, J. H. (2009). Activity of trypsin from *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 290, 190–195. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.02.034>
- Sainz-Hernández, J. C., García-Carreño, F. L., Córdova-Murueta, J. H., & Cruz-Hernández, P. (2005). Whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*, Boone, 1931) isotrypsins: Their genotype and modulation. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 326(1), 105–113. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2005.05.021>
- Sarmadi, B. H., & Ismail, A. (2010). Antioxidative peptides from food proteins: A review. *Peptides*, 31, 1949–1956. <https://doi.org/10.1016/j.peptides.2010.06.020>
- Schmidt, Dornelles, R.C.P., R.O. Mello, E.H. Kubota, M.A. Mazutti, & I.M. Kempka Demiate. (2016). Collagen extraction process. *International Food Research Journal*, 23(3), 913–922. [http://www.ifrj.upm.edu.my/23%20\(03\)%202016/\(1\).pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/23%20(03)%202016/(1).pdf)
- Stansby, M. (1962). *Analytical methods, industrial fishery technology*. Londres, Inglaterra: Chapman y Hall.
- Tang, H., Chen, L., Xiao, C., & Wu, Y. T. (2009). Fatty acid profiles of muscle from large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea* R.) of different age. *Journal of Zhejiang University Science B*, 10, 154–158. <https://doi.org/10.1631/jzus.B0820176>
- Venugopal, V., Shahidi, F., & Lee, T. C. (1995). Value-added products from underutilized fish species. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 35(5), 431–453. <https://doi.org/10.1080/10408399509527708>

**Para citar esta obra:**

***Córdova Murueta, J.H., N. Y. Hernández Saavedra y C. Rivera Pérez\*. 2025.  
Valorización de productos pesqueros del noroeste de México. En:  
Ortega-Rubio A. (Coord.) Investigación sobre los recursos naturales  
del noroeste de México, para el bienestar comunitario. (pp. 295-318).  
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. La Paz, B.C.S.  
México. 547 pp.***



