

**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

CAPÍTULO 3. APORTACIONES HISTÓRICAS DEL PROGRAMA DE AGRICULTURA EN ZONAS ÁRIDAS AL BIENESTAR COMUNITARIO	
<i>Luis Guillermo Hernández Montiel *</i>	39
CAPÍTULO 4. APORTACIONES HISTÓRICAS DEL PROGRAMA DE ACUICULTURA Y SU IMPACTO EN EL BIENESTAR COMUNITARIO	
<i>Carolina Casanova-Valero, Héctor Acosta-Salmon, Perla Sol Cervantes-Bernal y Danitzia Adriana Guerrero-Tortolero*</i>	55
CAPÍTULO 5. APORTACIONES HISTÓRICAS DEL PROGRAMA DE ECOLOGÍA PESQUERA COMO VÍNCULO VITAL AL BIENESTAR SOCIAL	
<i>Crisalejandra Rivera-Pérez *</i>	77

SECCIÓN III UNIDADES FORÁNEAS

CAPÍTULO 6. LA UNIDAD FORÁNEA GUERRERO NEGRO: HISTORIA, HUMANISMO Y VINCULACIÓN	
<i>Raúl López Aguilar *, Rogelio Ramírez Serrano†, Rigoberto López Amador, Andrés Orduño Cruz y Marco Antonio Ramírez Mosqueda</i>	99
CAPÍTULO 7. CONTRIBUCIÓN AL BIENESTAR COMUNITARIO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DESARROLLO TECNOLÓGICO PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA UNIDAD HERMOSILLO	
<i>Juan Bautista Vega Peralta * y José Arturo Sánchez-Paz</i>	117
CAPÍTULO 8. UNIDAD GUAYMAS: UNA TRAYECTORIA DE QUEHACER CIENTÍFICO CON COMPROMISO SOCIAL	
<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	
<i>Eugenio Alberto Aragón-Noriega *</i>	385

CAPÍTULO 20. LA PESCA COMO DETONANTE DEL BIENESTAR COMÚN DEL PUEBLO YAQUI.	
<i>Edgar Alcántara-Razo*, Jesús Guadalupe Padilla-Serrato, Eugenio Alberto Aragón-Noriega y Guillermo Ismael Padilla-Serrato</i>	405

CAPÍTULO 21. EL CALLO DE HACHA: BIOLOGÍA Y BASES PARA UN MANEJO SUSTENTABLE	
<i>Mercedes Magali Gómez Valdez * y Lucía Ocampo</i>	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	
<i>Gracia Alicia Gómez Anduro *, David Raúl López Aguilar, Julio Antonio Hernández, Efraín Payan Cázares y José Manuel Melero Astorga</i>	455

CAPÍTULO 23. MANEJO DEL RECURSO HÍDRICO EN LOS SISTEMAS AGROACUÍCOLAS	
<i>Yenitze Elizabeth Fimbres Acedo y Rodolfo Garza Torres *</i>	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
Trovo 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 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 E. Vargas Peralta, Paulina Mejía-Ruíz, Fabiola Lafarga de la Cruz y Fausto Valenzuela-Quíñonez*

fvalenzuela@cibnor.mx

Resumen

Los recursos pesqueros a nivel mundial son una fuente relevante de alimento y trabajo generando bienestar para millones de personas. México no es la excepción y existen recursos pesqueros con un alto arraigo regional además de ser clave para el sostenimiento de comunidades pesqueras. El recurso pesquero abulón ha sido promotor del desarrollo de comunidades pesqueras en la costa Occidental de la Península de Baja California siendo una fuente relevante de ingresos para las familias. En años recientes se han presentado reducciones importantes en las capturas debido diversos factores antropogénicos y ambientales, por ello se requiere de la generación de información científica que coadyuve a la conservación y manejo de este recurso. El presente capítulo aborda investigaciones recientes relacionadas con la diversidad genómica del recurso abulón en términos de su estructura genómica poblacional y trazabilidad. Estas investigaciones las han realizado Centros Públicos de Investigación y se enfocan en la generación de información genómica que pueda tener utilidad práctica por parte de los usuarios del recurso y de las autoridades pertinentes.

Palabras clave: Abulón, pesca, genómica poblacional, manejo pesquero, trazabilidad

Abstract

Global fishery resources are a significant source of food and employment, providing well-being for millions of people worldwide. Mexico is no exception, with fisheries resources deeply rooted in regional identity and crucial for sustaining fishing communities. The abalone fishery resource has played a key role in the development of fishing communities along the West Coast of the Baja California Peninsula, serving as a significant source of income for families. However, in recent years, there have been significant reductions in catches due to various anthropogenic and environmental factors. Therefore, there is a need for generating scientific information that contributes to the conservation and management of this resource. This chapter addresses recent research related to the genomic diversity of the abalone resource in terms of its population genomic structure and traceability. These studies have been conducted by Public Research Centers and focus on generating genomic information that can be practically useful for resource users and relevant authorities.

keywords: Abalone, fishing, population genomics, fisheries management, traceability

Introducción

La pesca a nivel mundial representa una actividad de elevada relevancia debido a que genera alimento, ingresos y bienestar para millones de personas (FAO 2022). Por ello, es necesario generar información científica que permita mantener la sostenibilidad de los recursos pesqueros en el largo plazo para mantener esta actividad (FAO 2022). En México, el abulón desempeña un papel crucial tanto desde

INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO COMUNITARIO

una perspectiva ecológica como socioeconómica, siendo un recurso emblemático en la región de la Península de Baja California. En 2012, la producción total de este recurso, incluyendo captura y cultivo, alcanzó las 516 toneladas en peso vivo. En 2021, esta cifra disminuyó significativamente a 281 toneladas en peso vivo, con un valor de 121 millones de pesos (CONAPESCA 2021), una reducción del 46 % respecto a 2012. En ese mismo año, el abulón ocupó el lugar número 49 en la producción pesquera de México por volumen, el lugar 26 por su valor y el lugar 13 entre las especies pesqueras exportadas. La captura representó el 84% con 236 toneladas, mientras que la producción por cultivo fue de solo 45 toneladas (16%), con Baja California produciendo el 59% y Baja California Sur el 41%.

En México se encuentran presentes siete de las ocho especies de abulón que habitan en la costa occidental del Pacífico (Geiger y Owen 2012), incluyendo el abulón rayado (*Haliotis assimilis*; Dall, 1878), chino (*Haliotis sorenseni*; Linnaeus, 1758), negro (*Haliotis cracherodii*; Leach, 1814), amarillo (*Haliotis corrugata*; Wood, 1828), pinto (*Haliotis kamtschatkana*; Jonas, 1845), rojo (*Haliotis rufescens*; Swainson, 1822) y azul (*Haliotis fulgens*; Philippi, 1845). De estas especies, cinco están incluidas como especies comerciales en la Carta Nacional Pesquera (Figura 57; DOF 2023). Sin embargo, las especies principales en términos de producción son el abulón azul, que representa el 78.4%, y el abulón amarillo, con el 21.1% de las capturas.

ESTUDIOS GENÉTICOS PARA LA CONSERVACIÓN

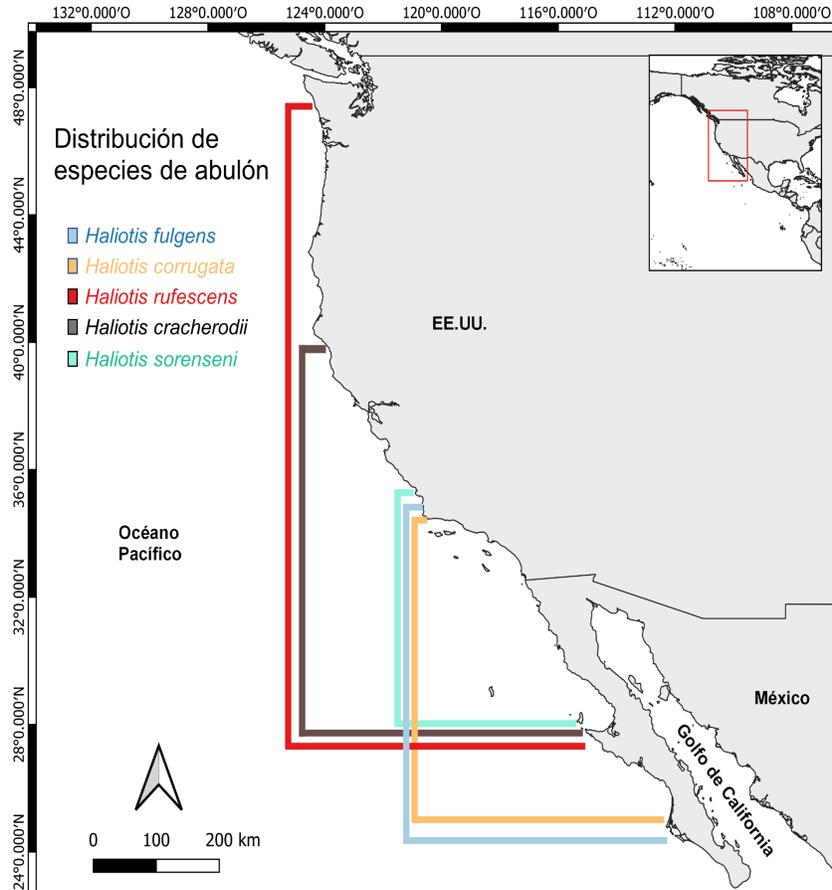


Figura 57. Rango de distribución de las principales especies comerciales de abulón en México.

El manejo de la pesquería de abulón se basa en la Norma Oficial Mexicana 005-PESC-1993 (NOM-005-PESC-1993) y establece cuatro áreas administrativas que fueron implementadas debido a la variación en las características biológicas en cada zona, cada área tiene una talla legal mínima, así como una temporada de veda específica: zona I (150 mm, Julio 1–Noviembre 30); zonas II (145 mm, Agosto 1–Diciembre 31) y III (140 mm, Agosto 1–Diciembre 31), y zona IV (120 mm, Septiembre 1–Enero 31) (Figura 58; DOF 2023). Adicionalmente, existen áreas concesionadas a las cooperativas que se dedican a esta actividad y se les asigna una cuota de captura con base en la evaluación de stock. La pesca se lleva a cabo mediante buceo autónomo llamado “Hooka”, la unidad de pesca la constituyen regularmente tres personas el motorista, el cabo de vida y el buzo.

INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO COMUNITARIO

Pese a las medidas de manejo y gran compromiso de los pescadores para mantener el recurso en niveles saludables, se han presentado graves descensos principalmente por la sobrepesca, enfermedades, factores ambientales y pesca ilegal o no reportada (Ponce et al., 2013; Searcy et al., 2010). Lo anterior genera la necesidad de proveer de información a las cooperativas y autoridades que coadyuven a la implementación de medidas de manejo espaciales y así como la inspección y vigilancia.

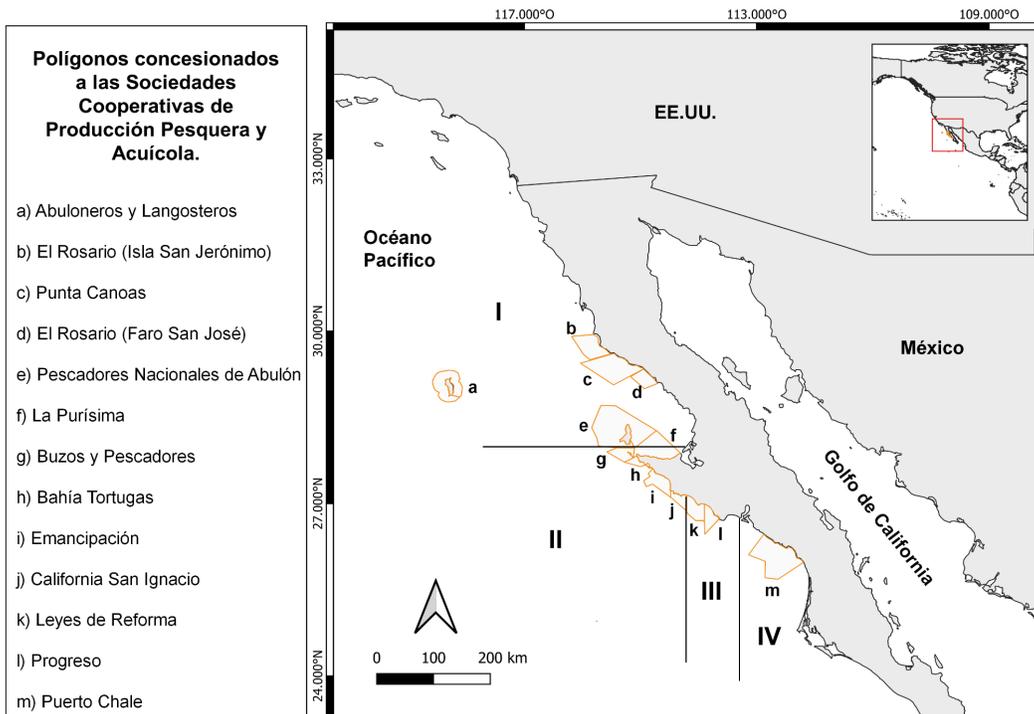


Figura 58. Representación de las Áreas Administrativas para el aprovechamiento del recurso abulón en números romanos, y disposición de los polígonos concesionados a algunas de las sociedades cooperativas de producción pesquera y acuícola con permiso de pesca de abulón en la costa Pacífico de la península de Baja California en letras.

Otra problemática tiene que ver con la sustitución de especies de abulón con especies de menor valor comercial en marcas de abulón enlatado que no pertenecen a las cooperativas productoras de abulón, por lo que se deben generar

herramientas que brinden certidumbre de las especies y potencialmente del origen natal del contenido (Aranceta-Garza et al., 2011; Vargas-Peralta et al., 2022).

En este sentido, se han realizado investigaciones desarrollando recursos genómicos para solventar algunos de estos problemas que impactan al recurso. Estudios genéticos revelan discrepancias entre las poblaciones naturales y las zonas de captura establecidas como medidas de manejo para regular su aprovechamiento, tanto en el caso de abulón amarillo (Mares-Mayagoitia et al., 2021) como del abulón azul (Mejía-Ruíz et al., 2020, 2023). Esto es sumamente relevante ya que las futuras evaluaciones de stock dependen de este insumo para evaluar el estado de la población. Asimismo, se ha desarrollado investigaciones relacionadas a la certificación y origen natal de la producción. A continuación, se describen algunas de estas investigaciones y su relación con la incidencia para el manejo, inspección y vigilancia del recurso abulón.

Estudios genéticos de la pesquería de abulón

2.1 Estudios de genética/genómica poblacional

Una de las piezas clave para el manejo pesquero se basa en la evaluación de stock. Usualmente estos modelos asumen unidades poblacionales independientes lo que impacta directamente en las estimaciones de los puntos de referencia del recurso (Ovenden et al., 2015). Por ello generar información de la genética-poblacional permite comprender cómo se arregla espacialmente las poblaciones, su conectividad y cómo se forman grupos con adaptaciones potenciales, generando información necesaria para establecer estrategias integrales de manejo y conservación (Valenzuela-Quiñonez, 2016).

INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO COMUNITARIO

Los estudios sobre estructura genética de abulones se centran en la naturaleza neutral de las poblaciones, en la descripción de patrones demográficos como la migración, diversidad genética, deriva génica (Gutiérrez-González et al., 2007; Díaz-Viloria et al., 2009; Munguía-Vega et al., 2015; Lowe et al., 2017; Mejía-Ruíz et al., 2020). Recientemente, con el uso de SNPs (*Single Nucleotide Polymorphism*, por sus siglas en inglés), se ha podido profundizar en la naturaleza adaptativa del recurso mediante la obtención de marcadores candidatos a selección y, con ello, inferir el impacto del cambio climático en el arreglo espacial de grupos de la región con adaptaciones locales (Nielsen et al., 2009; Mares-Mayagoitia et al., 2021, 2024).

A continuación, se describe el progreso de los estudios en estructura genómico-poblacional del abulón azul y el abulón amarillo en la costa Pacífico de la península de Baja California (Figura 59), dependiendo de la cobertura espacial de estudio y la incorporación de marcadores moleculares con mayor resolución para ambas especies.

ESTUDIOS GENÉTICOS PARA LA CONSERVACIÓN

ANTECEDENTES EN GENÉTICA DEL RECURSO ABULÓN

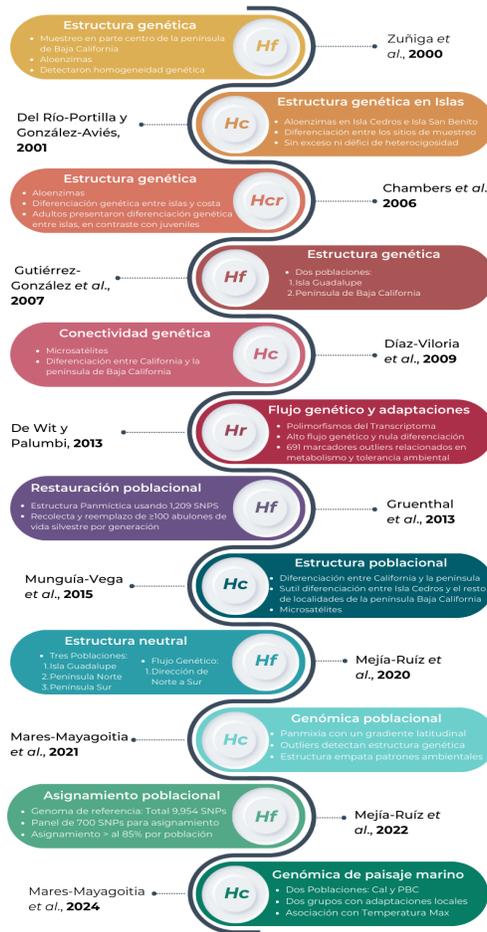


Figura 59. Recopilación histórica de estudios genético/genómico poblacionales del recurso abulón en México.

2.1.1 Abulón Azul (*Haliotis fulgens*).

En una primera aproximación, un estudio de estructura genética empleando microsatélites como marcador molecular, se identificaron dos poblaciones de abulón azul en la península de Baja California, separando la localidad de Isla Guadalupe de las ocho localidades restantes muestreadas en la península desde Isla Cedros

INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO COMUNITARIO

hasta Bahía Magdalena (Gutiérrez-González et al., 2007). Sin embargo, se consideró como una población panmíctica para fines de manejo.

Posteriormente, Mejía-Ruiz et al. (2020) obtuvieron 2,170 marcadores SNP e identificaron tres poblaciones: 1) la localidad de Isla Guadalupe con respecto, 2) las localidades de la parte norte de la Península de Baja California (PBC; Faro San José e Isla San Jerónimo), y 3) las localidades del sur de la PBC, de Isla Cedros a La Bocana (Figura 60). Asimismo, describió un flujo genético con dirección norte-sur predominante en la región norte de la PBC y un flujo genético bidireccional en la porción sur de la PBC, patrones que empatan con las características oceanográficas locales. Además, tanto los estudios realizados con microsatélites como con SNPs, señalarían que un efecto de aislamiento por distancia explicaría significativamente el tipo de estructura genética observada en el abulón azul e indicarían que las zonas administrativas dispuestas para su manejo no coinciden con las unidades biológicas, por lo que sugieren una revisión sobre la evaluación de la población y las zonas de manejo.

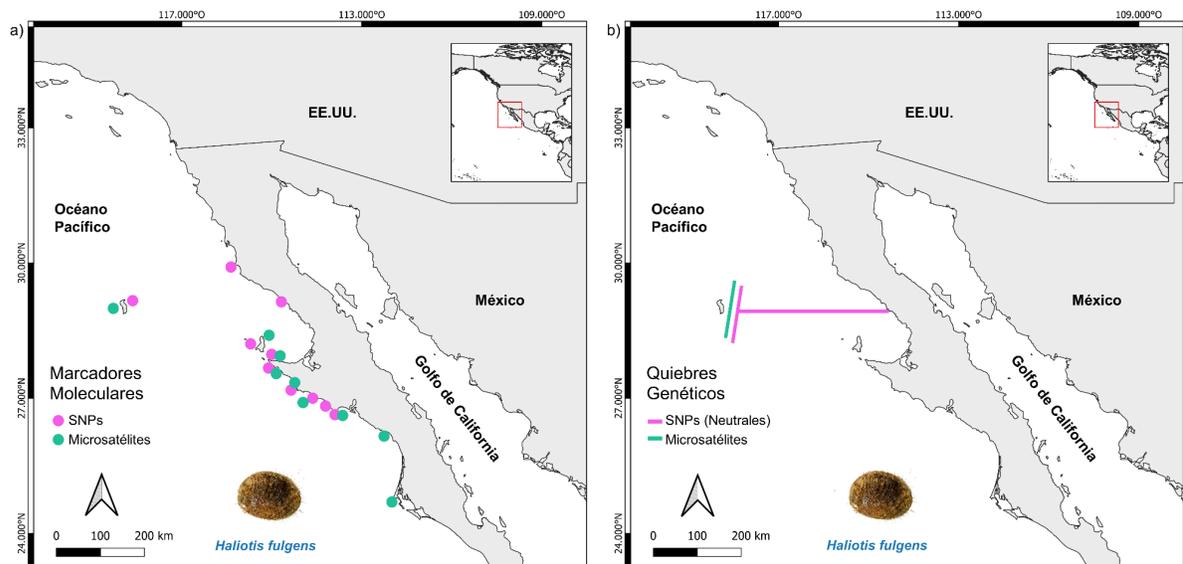


Figura 60. Comparativa de la cobertura espacial entre los estudios con distintos marcadores moleculares (a) y los respectivos quiebres genéticos del abulón azul (b).

2.1.2 Abulón Amarillo (*Haliotis corrugata*).

El caso del abulón amarillo abarca estudios más contrastantes en cuanto a cobertura espacial, tipo y cantidad de marcadores moleculares se refiere. Inicialmente, Del Río-Portilla y González-Avilés (2001) realizaron un muestreo focalizado en Isla Cedros e Isla San Benito, al centro de la PBC, emplearon aloenzimas y obtuvieron ocho *loci* en seis muestras provenientes de dos zonas de Isla Cedro y una más en Isla San Benito. Concluyeron que, además de no presentar exceso, ni déficit en niveles de heterocigosidad, el abulón amarillo presentó una estructura genética que diferenciaba las localidades muestreadas y, por tanto, podrían ser consideradas como poblaciones independientes para su aprovechamiento.

Estudios posteriores en los que se emplearon microsatélites como marcadores moleculares en un rango espacial más amplio, los resultados fueron contrastantes y elucidaron nuevos paradigmas sobre la estructura genética del abulón amarillo. Díaz-Viloria et al., en 2009, incluyeron la localidad de Isla San Clemente, California (EE. UU.) a su muestreo de cuatro localidades en la península de Baja California y, con ocho *loci* microsatélites de ADN, encontraron diferenciación genética entre la localidad de Estados Unidos (EE. UU.) con respecto a las localidades de México. Sin embargo, no encontraron diferenciación genética entre las localidades de la península de Baja California, difiriendo de los resultados previos de Del Río-Portilla y González-Avilés (2001), y sugirieron que la estructura genética en México debía considerarse panmíctica (una sola población). Por su parte, Munguía-Vega et al. (2015), realizaron un estudio considerando una cobertura espacial similar y encontraron patrones de estructura genética similar, es decir, diferenciación genética entre la localidad de San Diego, California con respecto a las localidades de México. Sin embargo, reportaron una señal de diferenciación genética sutil entre Isla Cedros y las localidades de Isla Natividad, La Bocana y Punta Abreojos en la PBC.

INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO COMUNITARIO

Recientemente, Mares-Mayagoitia et al. (2024) abarcando casi el total del rango de distribución de la especie, obtuvieron 2,231 SNPs de naturaleza neutral e identificaron dos poblaciones: 1) California, EE. UU., y 2) las localidades de la PBC, con un patrón de conectividad genética débil de norte a sur entre ellas, y un mayor flujo genético al interior de las localidades de la PBC. Además, detectaron nueve marcadores con potencial adaptativo, con los que identificaron dos grupos con potenciales adaptaciones locales y con un patrón de estructura genética distinto al de los marcadores neutrales: 1) un grupo Norte, desde las localidades de California hasta Isla Cedros al centro de la PBC, y 2) un grupo Sur, desde Isla Natividad hasta la localidad de San Juanico (Figura 61).

Este patrón de potencial adaptativo fue consistente con análisis de Asociación Genotipo-Ambiente, en los que las agrupaciones se relacionaron significativamente con los valores máximos de la temperatura superficial del mar de la región, coincidiendo además con las Eco-regiones Marinas de la zona, *Southern California Bight* (SCB) y *Magdalena Transition* (MT) (Spalding et al., 2007). La SCB coincide con el grupo Norte, desde California hasta Punta Eugenia, se encuentra bajo el efecto permanente de la Corriente de California y arrastra aguas frías a lo largo del año, especialmente durante las estaciones invierno-primavera.

Mientras la MT coincide con el grupo Sur, desde Punta Eugenia hasta Cabo, con dos patrones a lo largo del año, uno frío en las estaciones invierno-primavera y otro cálido en verano-otoño bajo la influencia de la Contracorriente Ecuatorial del Norte (Aquad et al., 2011; Durazo 2015).

ESTUDIOS GENÉTICOS PARA LA CONSERVACIÓN

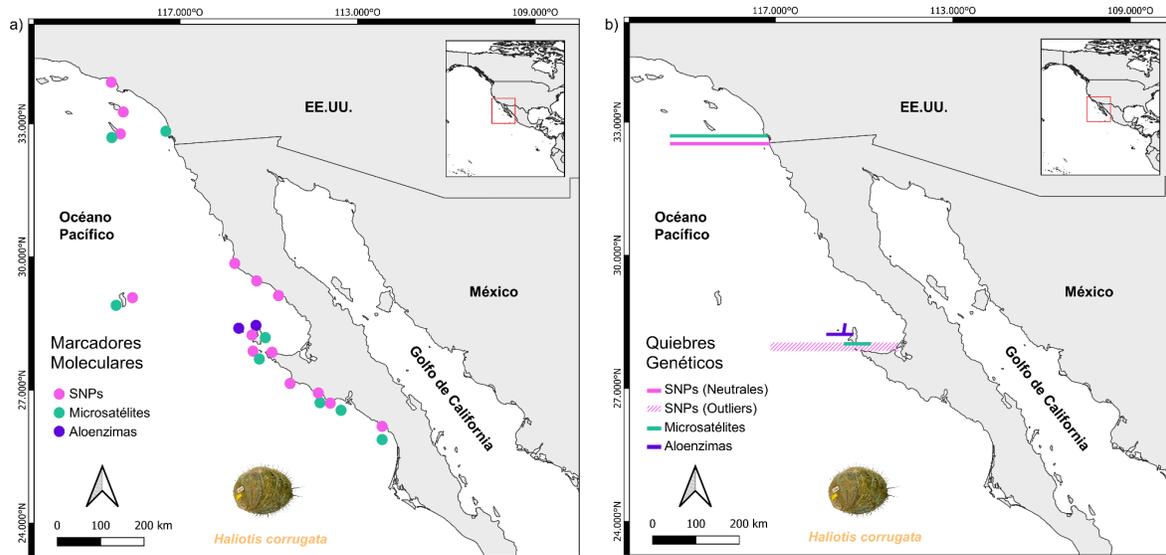


Figura 61. Comparativa de la cobertura espacial entre los estudios con distintos marcadores moleculares (a) y los respectivos quiebres genéticos del abulón amarillo (b).

2.2 Trazabilidad

2.2.1 Identificación de especies de abulón

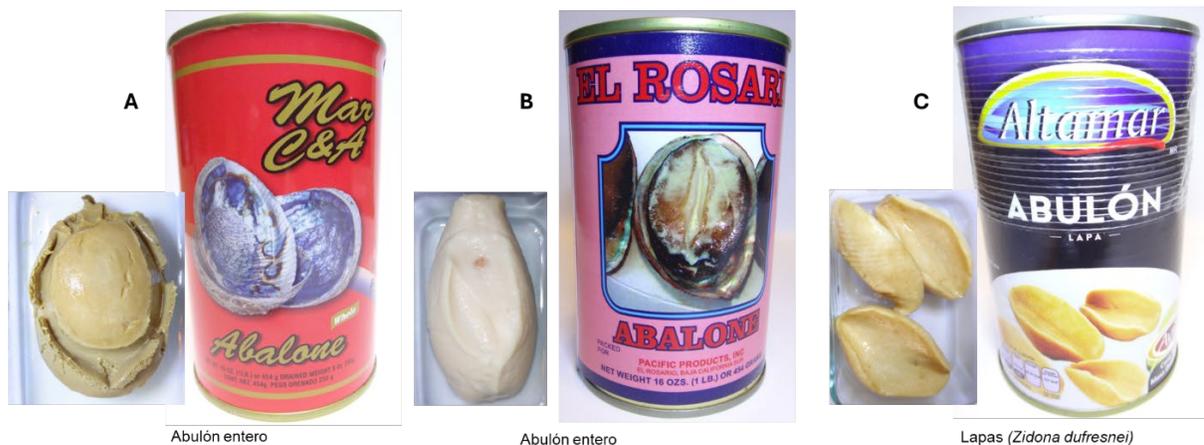
La aplicación y regulación de la ley en la trazabilidad de productos pesqueros promueven la legalidad y previenen actividades ilegales, tales como la pesca no reglamentada, el etiquetado incorrecto y prácticas fraudulentas como la sustitución de alimentos (Oceana, 2019; Rodríguez-Ramírez et al., 2011). Esto garantiza la protección de consumidores, productores y especies en peligro.

La trazabilidad se establece en tres niveles: la identificación de especies, la rastreabilidad del origen geográfico y el seguimiento de la cadena de suministro (Ogden, 2008). A través del empleo de herramientas moleculares, se buscan marcadores genéticos o segmentos de ADN para rastrear la huella genética de las diversas unidades de pesca o especies de interés comercial, permitiendo la identificación de individuos, poblaciones y/o especies. Este análisis se realiza

INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO COMUNITARIO

examinando únicamente una pequeña parte del organismo o producto de una manera rápida y rentable (Larraín et al., 2019; Negrini et al., 2008; Wilson et al., 2018).

En el ámbito del comercio del recurso abulón, cuyo producto se presenta principalmente en enlatado (90%) en México (CONAPESCA 2024; CONAPESCA & SEPESCABC 2018), se ha registrado la sustitución de especies o la incorporación de otras de menor valor. Diversos análisis genéticos han revelado que el recurso abulón frecuentemente es sustituido por la lapa gigante (*Megathura crenulata*) y el loco chileno (*Concholepas concholepas*), en productos enlatados etiquetados como “abulón” (Aguilera-Muñoz et al., 2008; Aranceta-Garza et al., 2011). Además, se han detectado otras prácticas fraudulentas relacionadas con este valioso recurso, como la omisión del nombre científico en las etiquetas o el uso de fotografías de abulones para productos etiquetados como “Tipo abulón” el producto (Figura 62). Por estas razones, la verificación de las normas de etiquetado se convierte en un aspecto crucial para consumidores, productores y autoridades.



ESTUDIOS GENÉTICOS PARA LA CONSERVACIÓN

Los marcadores de Polimorfismo de un solo nucleótido, comúnmente conocidos como SNP por sus siglas en inglés, son ampliamente utilizados en la identificación de especies. En el caso de abulón, se han identificado 1,127 SNP y un panel reducido altamente informativo de 66 SNP, los cuales son capaces de discriminar entre cinco de las seis especies que se encuentran en aguas mexicanas (Vargas-Peralta et al., 2022) (Figura 63). Estos marcadores permiten identificar con éxito las especies de mayor captura, como el abulón amarillo y azul, así como el abulón rojo el cual principalmente es producido por acuicultura. Además, logran distinguir al abulón negro, especie cuyo comercio está prohibido con los Estados Unidos ya que esta enlistado en el *Acta de Especies en Peligro de Extinción (Endangered Species Act, ESA)* desde 2009 (NMFS 2021; NOAA 2023). Por otra parte, también se identifica al abulón pinto/rayado, especie que no está contemplada en la normativa mexicana para su captura (Secretaría de Pesca (1987); DOF 1994). La pesca de esta última especie resulta, por lo tanto, ilegal.

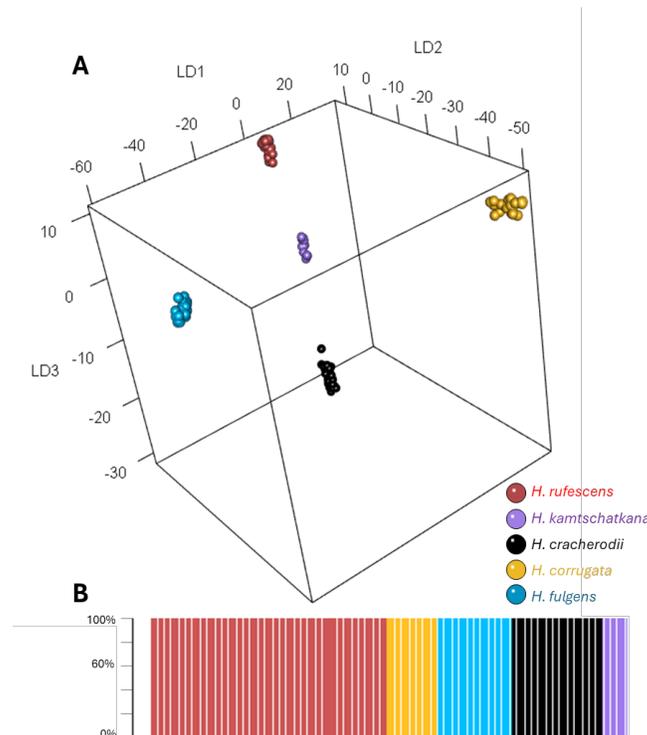


Figura 63. Identificación de especies de abulón con marcadores SNP. A: Muestra como los marcadores agrupan por especie cada abulón analizado. B Se muestra el porcentaje de asignación de cada abulón analizado con la especie a la que pertenece (Figura tomada y modificada de Vargas-Peralta et al., 2022).

2.2.2 Asignación de poblaciones de origen en especies de abulón

Los estudios genéticos permiten determinar la diversidad y estructura de las poblaciones naturales y de cultivo. Estos estudios cuantifican la acumulación de la variación genética a lo largo del genoma a través de las generaciones, tanto en regiones neutrales como no neutrales, incluyendo aquellas adaptativas (Anderson 2010). Esta información genética es especialmente útil para identificar la procedencia geográfica de individuos en una población de una región específica, conocida como asignación de origen geográfico, siempre y cuando estas poblaciones sean lo suficientemente genéticamente distintas. Un ejemplo de ello se ha observado en el caso del abulón amarillo (Mares-Mayagoitia et al., 2021, 2024) y el abulón azul (Mejía-Ruíz et al., 2020, 2023).

Por ejemplo, en el caso del abulón azul se han identificado grupos de marcadores tipo SNPs (50-1,000 SNPs) para la asignación de organismos a una de sus potenciales tres poblaciones (Mejía-Ruíz et al., 2023). Es decir, un abulón seleccionado al azar o como en el caso de la pesca furtiva o productos comerciales puede ser evaluado y estimar la probabilidad de su población de origen. De manera general se cuenta con una elevada precisión >75% en las asignaciones de manera global para todas las poblaciones. Y en particular las asignaciones a las poblaciones de Isla Guadalupe y el grupo costero sur presentan asignaciones entre el 72% al 100%. Mientras que el grupo costero norte presenta asignaciones entre el 3% al 89% (Figura 64).

ESTUDIOS GENÉTICOS PARA LA CONSERVACIÓN

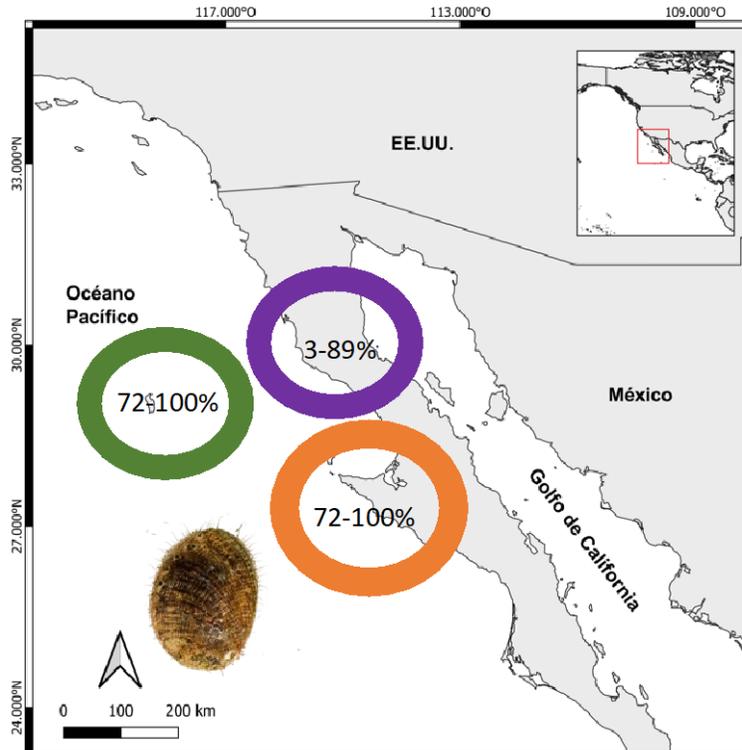


Figura 64. Porcentaje de precisión de asignación a poblaciones de origen en el abulón azul partir de 50 a 1,000 SNPs (Mejía-Ruíz et al., 2023).

Estos estudios han desarrollado un considerable número de marcadores SNP, herramientas poderosas para trazar estas especies. Estos marcadores no solo facilitan la identificación de especies, sino que también permiten asignar el origen geográfico de los individuos (Mares-Mayagoitia et al., 2021, 2024; Mejía-Ruíz et al., 2020, 2023; Vargas-Peralta et al., 2022). Sin embargo, es necesario destacar que su aplicación y monitoreo continuo son esenciales, tanto para el comercio como para establecer medidas de manejo efectivas del recurso abulón, garantizando así su pesca sustentable.

Conclusiones

Las investigaciones plasmadas en el presente documento en su mayoría han sido realizadas a partir de proyectos de investigación por parte de los Centros Públicos

INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO COMUNITARIO

(CPIs) de Investigación del Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) como lo son el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. (CIBNOR) y el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE). La finalidad de los proyectos ha sido la generación de conocimiento básico y aplicado para la conservación y manejo del recurso abulón en México.

Como se puede evidenciar los principales resultados han establecido la línea base para establecer las fronteras poblacionales de las principales especies de abulón que sostienen la pesquería y por ende a comunidades, cooperativas y familias que dependen de esta actividad. Este primer punto es un aspecto básico que debe incidir en la forma en que se cuantifica la proporción de organismos que se pescan año con año. De la misma manera se han desarrollado información que útil para la trazabilidad, inspección y vigilancia del recurso abulón. Ahora se puede tener certidumbre de las especies de abulón en el mercado además se puede evaluar la población de origen de los abulones. Estos elementos denotan la importancia de los proyectos de investigación y de los CPIs trabajando en aspectos relevantes de la sociedad.

Importancia social

El abulón es un recurso pesquero emblemático en la región de la Península de Baja California, que sostiene económica y socialmente a numerosas comunidades pesqueras. Sin embargo, factores como la sobrepesca, el cambio climático y la pesca ilegal han reducido significativamente sus poblaciones, poniendo en riesgo la viabilidad de esta actividad y el bienestar de las familias que dependen de ella. Este manuscrito resalta el papel crucial de los estudios genéticos y genómicos para apoyar un manejo pesquero más sostenible e informado. Al identificar la estructura poblacional del abulón y su adaptación local, la información generada permite ajustar las estrategias de manejo a las realidades biológicas del recurso, superando limitaciones de los modelos tradicionales de stock. Además, el

desarrollo de herramientas de trazabilidad genética combate el fraude comercial, protege a los consumidores y asegura el cumplimiento de normativas, fortaleciendo la competitividad y la confianza en el mercado. En conjunto, estas investigaciones ofrecen una base científica para políticas de conservación efectivas, promueven la equidad en la comercialización del recurso y apoyan la resiliencia socioeconómica de las comunidades costeras. Este enfoque integrador subraya cómo la ciencia puede tener un impacto directo y tangible en el desarrollo social y la sostenibilidad de las pesquerías regionales.

Perspectivas

Las evaluaciones de diversidad genómica en recursos pesqueros en México aún son incipientes. Se requiere tomar en consideración los conceptos y procesos ecológico-evolutivos de los recursos pesqueros para contar brindar recomendaciones para su conservación y manejo. Principalmente, identificar composición espacial de las poblaciones/stocks pesqueros el cual es un insumo clave para los evaluadores de stock. Esto a su vez se debe traducir en estimaciones más precisas de las tasas de explotación de los recursos pesqueros.

Literatura Citada

- Aguilera-Muñoz, F., Valenzuela-Muñoz, V. y Gallardo-Escárate, C. (2008). Authentication of commercial Chilean mollusks using ribosomal internal transcribed spacer (ITS) as specie-specific DNA marker. *Gayana (Concepción)*, 72(2), 178–187. <https://doi.org/10.4067/S0717-65382008000200007>
- Anderson, E.C. (2010). Assessing the power of informative subsets of loci for population assignment: standard methods are upwardly biased. *Molecular Ecology Resources*, 10(4), 701–710. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0998.2010.02846.x>
- Aranceta-Garza, F., Perez-Enriquez, R. y Cruz, P. (2011). PCR-SSCP method for genetic differentiation of canned abalone and commercial gastropods in the Mexican retail market. *Food Control*, 22(7), 1015–1020. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.11.025>

INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO COMUNITARIO

Auad, G., Roemmich, D. y Gilson, J. (2011). The California Current System in relation to the Northeast Pacific Ocean circulation. *Progress in Oceanography*, 91, 576–592.

CONAPESCA. (2021). Anuario estadístico de Acuicultura y Pesca. https://nube.conapesca.gob.mx/sites/cona/dgppe/2021/ANUARIO_ESTADISTICO_DE_ACUACULTURA_Y_PESCA_2021.pdf

CONAPESCA. (2024). Producción pesquera por estado. SIAP- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. http://www.campomexicano.gob.mx/raw_pesca_gobmx/seccionar.php

CONAPESCA, S. S., & SEPESCABC, 2018. (2018). Informe estadístico Resumen Anual de Producción Pesquera y Acuícola de Baja California. <https://www.ceieg.bajacalifornia.gob.mx/wp-content/uploads/2023/01/Produccion-Pesquera-y-Acuicola-por-especi.pdf>

Del Río-Portilla, M.A., y González-Avilés, J.G. (2001). Population genetics of the yellow abalone, *Haliotis corrugata*, in Cedros and San Benitos islands: a preliminary survey. *Journal Shellfish Research*, 20, 765–770.

Diario Oficial de la Federación (DOF) (1994). Aviso por el que se da a conocer el establecimiento de épocas y zonas de veda para la pesca de diferentes especies de la fauna acuática en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos. Miércoles 16 de marzo de 1994. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4678590&fecha=16/03/1994

Diario Oficial de la Federación (DOF) (2023) Carta Nacional Pesquera, Pub. L. No. 21/07/2023, Acuerdo mediante el cual se da a conocer la Actualización de la Carta Nacional Pesquera. 1 (2023). https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/842686/Carta_Nacional_Pesquera_2023.pdf

Díaz-Viloria, N., Cruz, P., Guzmán-Del Prío, S.A. y Perez-Enriquez, R. (2009). Genetic connectivity among pink abalone *Haliotis corrugata* populations. *Journal of Shellfish Research*, 28(3), 599-608. Doi: <https://doi.org/10.2983/035.028.0324>

Durazo, R. (2015). Seasonality of the transitional region of the California Current System off Baja California. *Journal Geophysical Research: Oceans*, 120, 1173–1196.

Diario Oficial de la Federación (DOF) Publicado el 21/07/2023. Acuerdo mediante el cual se da a conocer la Actualización de la Carta Nacional Pesquera. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). Disponible en línea:

ESTUDIOS GENÉTICOS PARA LA CONSERVACIÓN

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/842686/Carta_Nacional_Pesquera_2023.pdf

- FAO. 2022. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Hacia la transformación azul. Roma, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461es>
- Geiger, D.L. & Owen, B. (2012). Abalone: Worldwide Haliotidae. Hackenheim: Conchbooks. viii + 361 pp. [29 February 2012].
- Gutiérrez-González, J.L., Cruz, P., Del Rio-Portilla, M.A. y Pérez-Enríquez, R. (2007). Genetic structure of green abalone *Haliotis fulgens* population off Baja California, México. *Journal Shellfish Research*, 26, 839–846.
- Larraín, M.A., González, P., Pérez, C. y Araneda, C. (2019). Comparison between single and multi-locus approaches for specimen identification in *Mytilus* mussels. *Scientific Reports*, 9(1), 19714. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-55855-8>
- Lowe, W.H., Kovach, R.P. y Allendorf, F.W. (2017). Population genetics and demography unite ecology and evolution. *Trends in Ecology & Evolution*, 32, 141-152.
- Mares-Mayagoitia, J.A., De-Anda-Montañez, J.A., Perez-Enriquez, R., Mejía-Ruíz, P., Gutiérrez-González, J.L. y Valenzuela-Quiñonez, F. (2021). Neutral and adaptive population structure of pink abalone (*Haliotis corrugata*): fishery management implications. *ICES Journal of Marine Science*, 78, 1–13
- Mares-Mayagoitia, J.A., Lafarga-De la Cruz, F., Micheli, F., Cruz-Hernández, P., de-Anda-Montañez, J.A., Hyde, J., Hernández-Saavedra, N.Y., Mejía-Ruíz, P., De Jesús-Bonilla, V.S., Vargas-Peralta, C.E. y Valenzuela-Quiñonez, F. (2024). *Journal of Heredity*, 20, 1–15. <https://doi.org/10.1093/jhered/esad083>
- Mejía-Ruíz, P., Pérez-Enríquez, R., Mares-Mayagoitia, J.A. y Valenzuela-Quiñonez, F. (2020). Population genomics reveals a mismatch between management and biological units in green abalone (*Haliotis fulgens*). *PeerJ*, 8:e9722.
- Mejía-Ruíz, P., Perez-Enriquez, R., Severin, A., Martínez-Rincón, R.O., Garza, J.C., Mares-Mayagoitia, J.A. y Valenzuela-Quiñonez, F. (2023). A novel diagnostic SNP panel for fishery management of green abalone (*Haliotis fulgens*). *Fisheries Research*, 266, 106786. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fishres.2023.106786>
- Munguía-Vega, A., Sáenz-Arroyo, A., Greenley, A.P., Espinoza-Montes, J.A., Palumbi, S.R., Rossetto, M. y Micheli, F. (2015). Marine reserves help preserve genetic diversity after impacts derived from climate variability: lessons from the pink abalone in Baja California. *Global Ecology and Conservation*, 4, 264–276

INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO COMUNITARIO

- Negrini, R., Nicoloso, L., Crepaldi, P., Milanese, E., Marino, R., Perini, D., Pariset, L., Dunner, S., Leveziel, H., Williams, J.L. y Ajmone Marsan, P. (2008). Traceability of four European Protected Geographic Indication (PGI) beef products using Single Nucleotide Polymorphisms (SNP) and Bayesian statistics. *Meat Science*, 80(4), 1212–1217. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.05.021>
- Nielsen, E.E., Hemmer-Hansen, J., Larsen, P.F. y Bekkevold, D. (2009). Population genomics of marine fishes: identifying adaptive variation in space and time. *Molecular Ecology*, 18, 3128–3150.
- NMFS. (2021). NOAA Fisheries, ESA Threatened & Endangered. Abalone. <https://www.fisheries.noaa.gov/species-directory/threatened-endangered>
- NOAA. (2023). Southwest Fisheries Science Center. Abalone. <https://www.fisheries.noaa.gov/about/fisheries-resources-division-southwest-fisheries-science-center>
- Oceana. (2019). Fraude y sustitución en la comida del mar. www.gatoxliebre.org
- Ogden, R. (2008). Fisheries forensics: the use of DNA tools for improving compliance, traceability and enforcement in the fishing industry. *Fish and Fisheries*, 9(4), 462–472. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2008.00305.x>
- Ovenden J.R., Berry, O., Welch, D.J., Buckworth, R.C. y Dichmont, C.M. (2015). Ocean's eleven: a critical evaluation of the role of population, evolutionary and molecular genetics in the management of wild fisheries. *Fish and Fisheries*, 16: 125–159.
- Ponce-Díaz, G., Arreguín-Sánchez, F., Hernández-Llamas, A., del Monte-Luna, P. y Ramade-Villanueva, M. (2013). Estimación de la captura ilegal de abulón y langosta en la costa de la península de Baja California. *Ciencias Marinas*, 39(3), 323–329. <https://doi.org/10.7773/cm.v39i3.2197>
- Rodríguez-Ramírez, R., González-Córdova, A.F. y Vallejo-Cordoba, B. (2011). Authentication and traceability of foods from animal origin by polymerase chain reaction-based capillary electrophoresis. *Analytica Chimica Acta Review*. 685, 120–126. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2010.11.021>
- Searcy-Bernal, R., Ramade-Villanueva, M. y Benito, A. (2010). Current Status of Abalone Fisheries and Culture in Mexico. *Journal of Shellfish Research*, 29(3), 573–576.
- Spalding, M.D., Fox, H.E., Allen, G.R., Davidson, N., Ferdaña, Z.A., Finlayson, M., Halpern, B.S., Jorge, M.A., Lombana, A., Lourie, S.A. et al. (2007). Marine ecoregions of the world: a bioregionalization of coastal and shelf areas. *BioScience*, 57, 573–583.

ESTUDIOS GENÉTICOS PARA LA CONSERVACIÓN

- Valenzuela-Quiñonez, F. (2016). How fisheries management can benefit from genomics? Briefings in Functional Genomics, 15(5), 352–357. <https://doi.org/10.1093/bfgp/elw006>
- Vargas-Peralta, C.E., Araneda, C., Galindo-Sanchez, C.E., Larrain, M.A., Del Rio-Portilla, M.A. y Lafarga-De La Cruz, F. (2022). Species identification in *Haliotis* genus from the northeastern Pacific Ocean using genome-wide RAD-SNPs. Food Control, 138, 108979. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.108979>
- Wilson, J., Matejusova, I., McIntosh, R.E., Carboni, S. y Bekaert, M. (2018). New diagnostic SNP molecular markers for the *Mytilus* species complex. PLoS ONE, 13(7), 1–13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200654>

Para citar esta obra:

Mares-Mayagoitia, J.A., C. E. Vargas Peralta, P. Mejía-Ruíz, F. Lafarga de la Cruz y F. Valenzuela-Quiñonez*. 2025. Estudios genéticos para la conservación y manejo de recursos pesqueros en el Noroeste de México: caso de estudio pesquería de abulón. En: Ortega-Rubio A. (Coord.) *Investigación sobre los recursos naturales del noroeste de México, para el bienestar comunitario*. (pp. 363-384). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. La Paz, B.C.S. México. 547 pp.

