

***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 4

CONTRIBUCIÓN HISTÓRICA DEL PROGRAMA DE ACUICULTURA Y SU IMPACTO EN EL BIENESTAR COMUNITARIO

*Carolina Casanova-Valero, Héctor Acosta-Salmon, Perla Sol Cervantes-Bernal y
Danitzia Adriana Guerrero-Tortolero **

daguet04@cibnor.mx

Resumen

El presente capítulo describe la participación del Programa de Acuicultura del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste en el desarrollo del sector acuícola en México en sus diferentes dimensiones: generación de conocimiento, desarrollo tecnológico, formación de recursos humanos, vinculación y colaboración, y la atención a las demandas del sector. El Programa de Acuicultura ha generado conocimiento enfocado al desarrollo de tecnologías para la producción de especies marinas de alto valor comercial y ha generado importantes resultados para la actividad acuícola mexicana. Gracias a estos esfuerzos de investigación y desarrollo, se ha logrado transferir paquetes tecnológicos para la producción y cultivo de diferentes especies, así como la resolución de problemas del sector. De manera paralela, el CIBNOR a través de sus programas de posgrado, ha fungido como semillero de especialistas para todos los sectores relacionados con la actividad acuícola, lo que ha facilitado la vinculación y colaboración. El Programa de Acuicultura oferta cuatro tipos de servicios a la comunidad, que atienden, mediante estudios, análisis o diagnósticos, además de la venta de material

ACUICULTURA

biológico, las distintas necesidades del sector acuícola y cuenta con una estructura para hacer frente a trámites administrativos, normativa gubernamental, cumplimiento de obligaciones de transparencia, rendición de cuentas y todas aquellas inherentes al servicio público y otros requerimientos de los sectores interesados.

Palabras clave: Acuicultura, Desarrollo Tecnológico, Formación de Recursos Humanos, Vinculación.

Abstract

This chapter describes the participation of the Aquaculture Program of the Northwest Biological Research Center in the development of the aquaculture sector in Mexico in its different dimensions: generation of knowledge, technological development, training of human resources, linkage and collaboration, and attention to the demands of the sector. The Aquaculture Program has generated knowledge focused on the development of technologies to produce marine species of high commercial value and has generated important results for the Mexican aquaculture activity. Thanks to these research and development efforts, it has been possible to transfer technological packages for the production and cultivation of different species, as well as the resolution of problems in the sector. In parallel, CIBNOR, through its postgraduate programs, has served as a breeding ground for specialists for all sectors related to the aquaculture activity, which has facilitated linkages and collaboration. The Aquaculture Program offers four types of services to the community, which address, through studies, analysis, or diagnoses, in addition to the sale of biological material, the different needs of the aquaculture sector and has a structure to deal with administrative procedures, regulations government, compliance with obligations of transparency, accountability and all those inherent to the public service and other requirements of the interested sectors.

Keywords: Aquaculture, Human Capital Formation, Linkage and Collaboration, Technology Development.

Introducción

Durante la segunda mitad del siglo XX se crean en el noroeste de México diferentes instituciones de educación superior (el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, el Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora, el Centro de investigación en Alimentación y Desarrollo, la Universidad Autónoma de Baja California Sur, el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, y el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, entre otros) con orientación al estudio de los recursos marinos. Este esfuerzo detonó la investigación científica y el desarrollo o adaptación de tecnologías de cultivo de especies de interés como el camarón, el atún, el ostión y otros bivalvos, que actualmente son las que generan el 95% de la producción acuícola del noroeste.

El Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), fue fundado en 1975 para promover el desarrollo científico y tecnológico en la región noroeste del país. La acuicultura se identificó como un eje rector en la producción de alimentos de alto valor y como actividad productiva para la generación de empleos e ingresos para regiones alejadas del macizo continental del país.

La acuicultura se define como el cultivo de organismos acuáticos. La actividad de cultivo implica la intervención humana en los procesos de reproducción, crianza, engorda y cosecha, además de actividades como la alimentación, la prevención de enfermedades y la protección contra depredadores, entre otras (FAO, 1999). Esta actividad productiva generadora de empleos e ingresos complementa la producción de la industria pesquera que ha alcanzado su máximo potencial de explotación en los últimos años. Adicionalmente, la acuicultura es una actividad que provee alternativas de solución para la conservación de especies amenazadas o en

ACUICULTURA

peligro de extinción. La acuicultura es una actividad con muy poco impacto en la huella de carbono en la producción de alimentos, a diferencia de los productos cárnicos que generan contaminación por emisiones de gases de efecto invernadero y que generan presión en el uso de recursos hídricos cada día más escasos (Hillier et al., 2009).

El noroeste de México es una región principalmente árida o semiárida. Los cinco estados que componen esta región abarcan el 21% del territorio nacional, e incluyen el 52% del litoral del país. Esto le da a la región un alto potencial para la acuicultura marina. Por ejemplo, la producción acuícola del noroeste de México en 2021 fue de 195,705 toneladas, lo que representó el 78% de la producción nacional, sin embargo, el valor de esta producción (\$19,361,530,000) representó el 88% del total nacional (Fig. 3), principalmente debido a la producción de camarón. El 97.5% de la producción acuícola del noroeste en ese año fue de especies marinas (CONAPESCA, 2021). A pesar de este potencial, la acuicultura en la región noroeste, así como en el país, ha tenido un estancamiento reciente en la producción, por lo que es necesario la investigación, colaboración y vinculación entre todos los sectores para que esta actividad económica retome su crecimiento (Casanova-Valero, 2016).

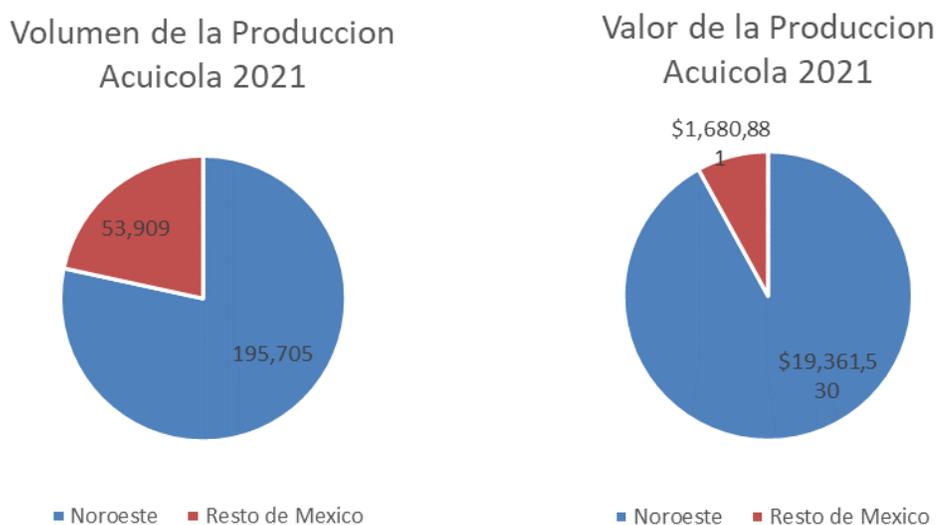


Figura 3. Volumen y valor de la producción acuícola en el noroeste del país.

INVESTIGACIÓN PARA EL BIENESTAR COMUNITARIO

En el noroeste de México el registro más antiguo de actividad acuícola es la Compañía Criadora de Concha y Perla, establecida a principios del siglo XX en los alrededores de la Isla Espíritu Santo en Baja California Sur. Este esfuerzo fue abandonado durante la Revolución Mexicana y no fue retomado (Monteforte, 1996). Otros esfuerzos para el cultivo de perlas fueron en la década de los sesenta, pero estos también fueron abandonados. No fue sino hasta los setenta que la actividad acuícola se retomó en la región después de la introducción del ostión japonés, o del Pacífico, a Baja California y Baja California Sur (Mazón-Suastegui, 1996a). Poco después se suman a esta actividad intentos de cultivo de otras especies (abulón, almeja catarina, camarón y peces marinos), casi todos con colaboración de especialistas japoneses (Avilés-Quevedo y Mazón-Suastegui, 1996; Mazón-Suastegui 1996a, 1996b; Mazón-Suastegui et al., 1996a; 1996b).

En Sonora, en la década de los ochenta, el Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CICTUS) de la Universidad de Sonora logró la producción de postlarvas de camarón azul en laboratorio y su cultivo de forma hiperintensiva, mientras que el Centro Reproductor de Especies Marinas del Estado de Sonora (CREMES) inicia la producción de semilla de ostión del Pacífico. Estas actividades tuvieron como origen u objetivo la adaptación o el desarrollo de tecnología de cultivo de estas especies para el futuro establecimiento de unidades productoras. Estas especies fueron seleccionadas por su alto valor (e.g. camarón, ostión, abulón, atún) y potencial para la exportación, siendo actualmente esta región la que aporta entre el 50 y el 80% de la producción nacional por acuicultura (CONAPESCA, 2021).

Las principales actividades en materia de investigación en acuicultura en el CIBNOR iniciaron dentro de la entonces División de Biología Marina a mediados de los ochenta y es hasta los noventa cuando se da origen al Programa de Acuicultura (1997). Estas investigaciones se enfocaron primordialmente en la continuación del desarrollo de tecnologías de cultivo de camarón y de moluscos bivalvos y posteriormente de peces marinos. En un inicio se evaluaron la reproducción, cultivo

ACUICULTURA

larvario y producción de juveniles, así como el crecimiento y manejo en diferentes condiciones de cultivo con el camarón azul, *Litopenaeus stylirostris*, así como con la almeja catarina *Argopecten ventricosus* y el ostión del Pacífico *Crassostrea gigas*, entre otras especies de bivalvos.

La investigación en Acuicultura en el CIBNOR

El Programa de Acuicultura está enfocado a la investigación y desarrollo de tecnologías de cultivo de organismos pertenecientes a 4 grandes grupos taxonómicos naturales: crustáceos, moluscos, peces y alimento vivo, o plancton. Para cada uno de estos grupos se generaron Líneas Estratégicas de Investigación integrando personal académico con diversas especialidades (biología de la reproducción, genética, nutrición, fisiología, zootecnia, etc.), encargados de atender de manera interdisciplinaria las necesidades de los diferentes sectores usuarios de la acuicultura (Fig. 4).

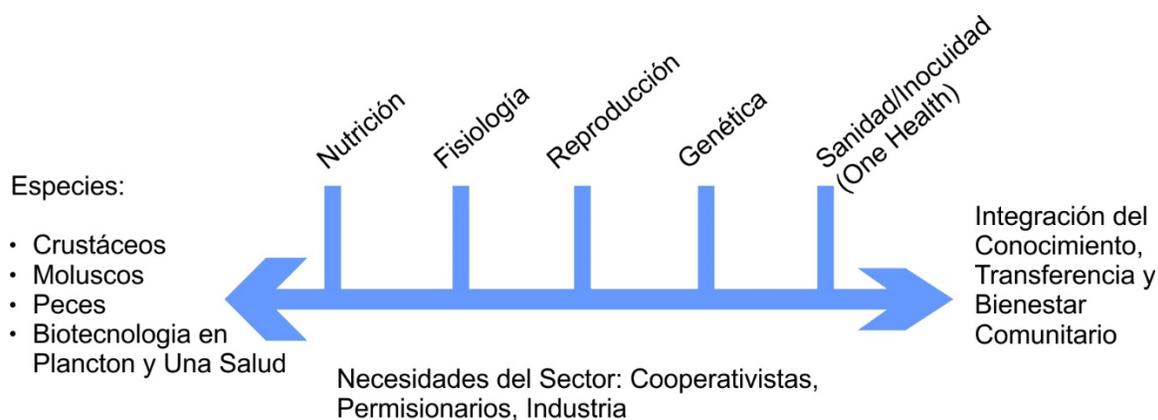


Figura 4. Integración del Conocimiento para el desarrollo de Tecnologías de Cultivo en diversas especies del Programa de Acuicultura del CIBNOR.

INVESTIGACIÓN PARA EL BIENESTAR COMUNITARIO

La investigación sobre el desarrollo de tecnologías para el cultivo de moluscos bivalvos (Fig. 5) se extiende a diferentes especies a finales de la década de los ochenta. En 1988 se obtuvo el primer lote de semilla de almeja catarina *Argopecten ventricosus* producida a partir de desoves en laboratorio. La semilla generada fue utilizada para el desarrollo de una tecnología para la engorda de esta especie (Maeda et al., 1990). En la década de los noventa se genera un gran esfuerzo en el desarrollo de tecnología de captación y cultivo de ostras perleras y posteriormente de su producción en laboratorio, además de avances en la producción de perlas de cultivo. Similarmente, desde hace más de 20 años se ha trabajado en un programa de mejoramiento genético de ostión del Pacífico con estudios orientados al establecimiento de un pie de cría de alta variabilidad genética, con el objetivo de generar mayor tolerancia a altas temperaturas y resistencia a enfermedades de la región (Juárez et al., 2021).



Figura 5. Semilla de almeja mano de león y semilla triploide de ostión del Pacífico producidas en los laboratorios del CIBNOR

La investigación sobre el desarrollo de tecnologías para el cultivo de crustáceos (Fig. 6) creció rápidamente con la industria camaronícola, incorporando como especie de mayor importancia al camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, la que desplazó al camarón café *Farfantepenaeus californiensis*, debido a problemas en su manejo y las condiciones físico-químicas demandantes para su crecimiento en

ACUICULTURA

cautiverio (Pérez-Enríquez et al., 2016). La investigación sobre la nutrición de camarón se vio fortalecida con la participación de empresas de producción de alimento para especies acuícolas como PURINA y PIASA, así como con la valoración nutricional de la fauna de acompañamiento en las pesquerías como la langostilla y otros subproductos.

Uno de los principales retos para el despegue del cultivo de camarón en la región noroeste del país, fue resolver los problemas de enfermedades que en su momento se presentaron en las principales granjas camaronícolas del noroeste. Enfermedades como la necrosis hepatopancreática (NHPB), el virus de la mancha blanca, el síndrome de Taura y vibriosis en general, causaron pérdidas importantes en la producción nacional de camarón y esto generó un plan estratégico con propuestas de investigación tanto básica como aplicada, orientadas a la sostenibilidad, inocuidad y seguridad alimentaria en el cultivo de camarón (Pérez-Enriquez et al., 2016). Adicionalmente a esto, se llevó a cabo un programa de mejoramiento genético del camarón blanco, cuyo objetivo era obtener rápido crecimiento y resistencia a enfermedades.

Se estableció una adecuada selección de reproductores de camarón de cada generación, con buenas características fenotípicas, estimando un aumento de talla en un promedio de 30 a 40% en un total de cinco generaciones seleccionadas (Martínez-García, M., 2006). De manera paralela el Programa de Acuicultura llevó a cabo investigación para la reconversión y aprovechamiento del agua dulce proveniente del sector agrícola, para implementar bicultivos “agro-acuícolas” a través del cultivo de la langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus* cuyo recambio de agua es casi inexistente y su producción mostraba rendimientos atractivos para los inversionistas.



Figura 6. La investigación en el cultivo de crustáceos en el CIBNOR se ha enfocado en especies marinas y dulceacuícolas como el camarón blanco y la langosta australiana.

Este tipo de investigaciones pudieron llevarse a cabo a partir del 2004 gracias a la Red Mexicana de Investigación en Acuicultura denominada “última milla” apoyada en su momento por CONACyT. Esta Red contaba con un enfoque de apoyo al sector rural y productivo para financiar investigaciones sobre el escalamiento de tecnologías para el cultivo de langosta de agua dulce, el mejoramiento genético de camarón, el diagnóstico de patógenos con las incipientes, pero novedosas herramientas de biología molecular a partir de PCR, y el manejo de enfermedades como el virus de la mancha blanca en el cultivo de camarón y otros crustáceos. Otras investigaciones que se llevaron a cabo se enfocaron en la evaluación de la capacidad de carga de cuerpos lagunares en las costas de Sinaloa y su relación con el cultivo de camarón.

Esto provocó una sinergia entre el Programa de Acuicultura, y el sector productivo acuícola y con las entidades gubernamentales en ese periodo como el INAPESCA y la CONAPESCA para financiar propuestas de proyectos de investigación por entidades como la misma CONAPESCA (Programas Alianza

ACUICULTURA

Contigo), CONACyT (Programas de Consorcios y AVANCE), Secretaría de Economía (PyMES), y Financiera Rural.

La investigación sobre el desarrollo de tecnologías para el cultivo de peces (Fig. 7) dio prioridad al trabajo con especies con potencial acuícola en la región, como el pargo amarillo, *Lutjanus argentiventris*, el pargo rojo *L. guttatus* y el huachinango *L. peru*; el robalo *Centropomus viridis* y la cabrilla sardinera o mero *Mycteroperca rosacea*. En todas estas especies se logró cerrar sus ciclos en cautividad. Se determinaron edades de primera maduración, condiciones fisicoquímicas para su mantenimiento en óptimas condiciones, requerimientos nutricionales, tanto para reproductores como para larvas y juveniles, además de dietas para maduración (Guerrero-Tortolero D.A., et al., 2010; 2016, Romo-Mendoza D., 2017).

En 2010 y 2012 se obtienen las primeras generaciones de juveniles de pargo amarillo y huachinango, provenientes de reproductores de cultivo (F2). Sin embargo, debido a la falta de una biotecnología de cultivo replicable, la expectativa de producción de estas especies se retrasó ampliamente.

El sector pesquero no vio interés en que despegara esta actividad, debido principalmente al alto rendimiento que aún se tiene en la región por parte de la producción de pesquerías artesanales y de cooperativas pesqueras en el estado. A partir de 2016, con el establecimiento de cultivos comerciales de jurel y otras especies, el Programa de Acuicultura colabora en la investigación sobre la producción de huevos, larvas y semilla de alta calidad, para ser llevadas a su crecimiento y engorda en diversos sistemas de cultivo, como tanques, estanques y jaulas flotantes.

INVESTIGACIÓN PARA EL BIENESTAR COMUNITARIO

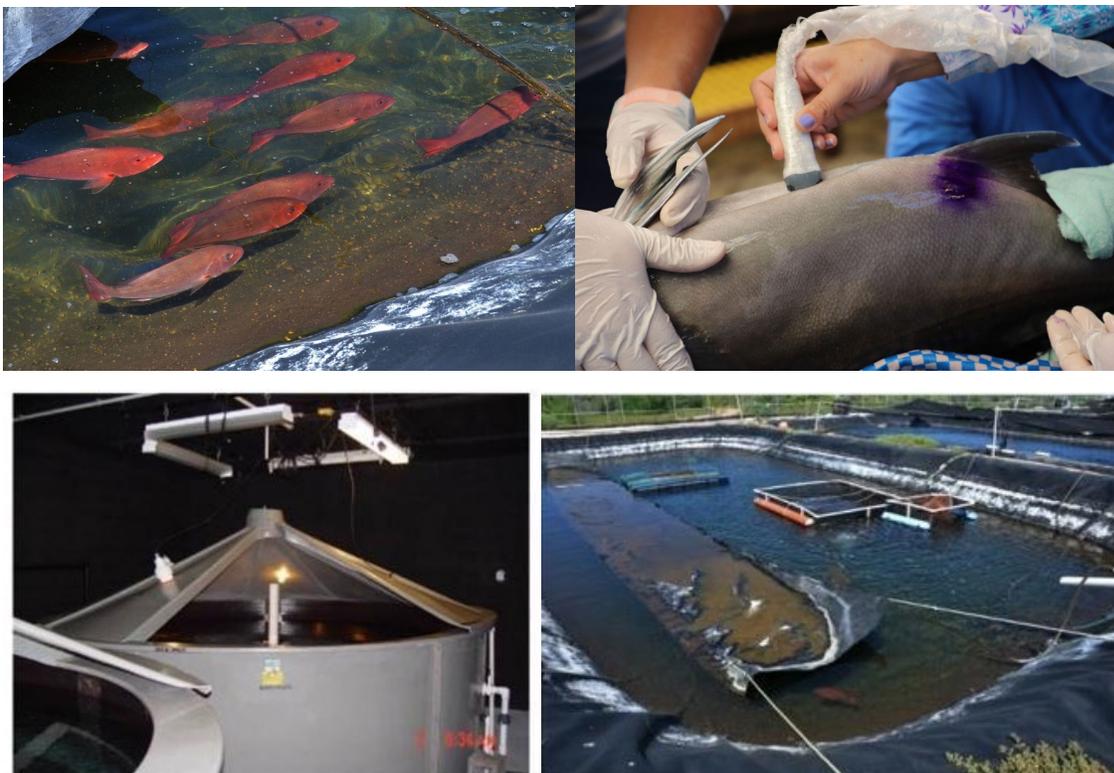


Figura 7. Sistemas de cultivo de peces en el CIBNOR (Fotos Acervo del CIBNOR).

La investigación sobre el desarrollo de tecnologías para el cultivo de microalgas (Fig. 8) se llevó a cabo paralelamente debido a las necesidades de investigación sobre cultivo de moluscos, crustáceos y peces, principalmente. Actualmente, la colección de microalgas del CIB alberga 167 cepas de especies nativas y exóticas, de ambientes marinos, dulceacuícolas y salobres, pertenecientes a diez grupos taxonómicos. Esta colección tiene como objetivo apoyar a la acuicultura, la investigación y la educación mediante la proveeduría de estas cepas aisladas, así como la capacitación y asesoría para su aislamiento, mantenimiento y cultivo, mediante cursos, conferencias y estancias.

ACUICULTURA



Figura 8. Laboratorio de cultivo de alimento vivo del CIBNOR (Fotografías J. Garzón)

Actualmente el Programa de Acuicultura cuenta con 45 laboratorios donde se llevan a cabo actividades acuícolas (producción de semilla de moluscos bivalvos, cultivo de microalgas, bioensayos con crustáceos y peces, etc) y trabajo analítico (análisis fisiológicos, metabólicos, genéticos, genómicos y nutricionales, entre otros).

Adicionalmente, el Programa de Acuicultura cuenta con laboratorios especializados en las distintas Unidades Foráneas (Guaymas, Guerrero Negro, Hermosillo y Nayarit), donde se atienden necesidades locales o regionales específicas. Para lograr el cumplimiento de las metas y objetivos académicos, así como de las obligaciones a que está sujeto el personal académico, el Programa de Acuicultura se organiza de tal manera que puede coordinar y ordenar los procesos a seguir para que las investigaciones que se anidan en el Programa puedan cumplir con trámites específicos relacionados a la actividad acuícola ante las autoridades correspondientes (SADER, SENASICA, CONAPESCA, SEMARNAT, IMIPAS, entre otros). En su estructura académica, el Programa de Acuicultura cuenta con una oficina de coordinación. Desde allí se gestionan y administran los recursos asignados para la operatividad interna de la infraestructura del Programa, así como del desarrollo de los proyectos adscritos. Además, se planifican, organizan, direccionan y ejecutan los procesos normativos y obligaciones a que están sujetos

INVESTIGACIÓN PARA EL BIENESTAR COMUNITARIO

el CIBNOR y los servidores públicos adscritos al Programa (Normateca, CIBNOR, MOEPA).

El Programa de Acuicultura del CIBNOR tiene una estructura académica sólida que le ha permitido incidir en las necesidades del sector acuícola, generando conocimiento de relevancia y utilidad, formando recursos humanos especializados, así como participando en la transferencia del conocimiento a la sociedad a través de acciones de divulgación y acercamientos al sector educativo, entre otras. Asimismo, el desarrollo del CIBNOR, el crecimiento del Programa, las políticas públicas y las disposiciones gubernamentales, han obligado al Programa de Acuicultura a adoptar nuevas funciones específicas para organizar procesos internos y dar cumplimiento a los requerimientos y observaciones por parte de las autoridades, así como a proporcionar información de valor a solicitud de autoridades y otras instituciones, que contribuya con el buen desarrollo del Programa y la amplificación de sus impactos. Para lograr todos los objetivos y cumplir con las obligaciones del Programa, la Coordinación está comprometida con mantener una buena comunicación, gestión, buena atención, organización y asesoramiento, desarrollando la administración como un servicio a la comunidad con responsabilidad y transparencia.

Conclusiones

El Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste ha generado conocimiento a través de la investigación en acuicultura desde su creación en 1975. Este conocimiento se ha enfocado en el desarrollo de tecnologías para la producción de especies marinas de alto valor comercial, y ha generado importantes resultados para la actividad acuícola mexicana. Gracias a estos esfuerzos de investigación y desarrollo tecnológico, se ha logrado transferir paquetes tecnológicos para la producción y cultivo de diferentes especies así como la resolución de problemas del sector. Actualmente la producción de semilla y la engorda de especies acuícolas

ACUICULTURA

(almejas catarina, mano de león, chocolata, generosa; ostiones de placer y del Pacífico, así como callo de hacha, camarones nativos, huachinango y cabrilla sardinera, entre otras) es una realidad.

De manera paralela, el CIBNOR a través de sus programas de posgrado, ha fungido como semillero de especialistas para todos los sectores relacionados con la actividad acuícola (gobierno, permisionarios, cooperativistas, iniciativa privada, organizaciones no gubernamentales y la academia), lo que le ha facilitado al CIBNOR la vinculación y colaboración. Es gracias a éstas que el Programa de Acuicultura ha participado activamente en la comunidad, coadyuvando y sentando las bases para que estos sectores se conjunten en diversos eventos tales como talleres, conferencias y actividades que el mismo Programa ha organizado desde su creación.

El Programa de Acuicultura a través de su estructura, líneas estratégicas de investigación, personal académico y capacidad administrativa oferta cuatro tipos de servicios a la comunidad, estos servicios especializados atienden, mediante estudios, análisis o diagnósticos, además de la venta de material biológico, las distintas necesidades del sector acuícola.

Para poder materializar lo anterior, el Programa de Acuicultura ha requerido de una estructura que haga frente tanto a trámites administrativos, normativa gubernamental, y otros requerimientos de los sectores interesados. Para atender estas necesidades se crearon las Coordinaciones de Programa donde se le facilita al personal académico, por ejemplo, trámites correspondientes ante dependencias como SADER, CONAPESCA, IMIPAS y CONAHCyT, entre otros. Adicionalmente al ser una institución pública el CIBNOR está sujeto a cumplir con obligaciones de transparencia, rendición de cuentas y todas aquellas inherentes al servicio público, para lo cual estas Coordinaciones integran la información requerida para dar cumplimiento.

Importancia social

En los últimos años, los retos ambientales y sociales que afronta el mundo se han pronunciado cada vez más. Esto ha obligado a las instituciones y organismos nacionales e internacionales a reconfigurar sus estrategias para mitigar estos problemas, lo que implica el reconocimiento de alternativas multifactoriales. Ante este escenario, los investigadores del Programa de Acuicultura están en constante evolución, a través de colaboraciones intra e interinstitucionales con el objeto de desarrollar proyectos más inclusivos de colaboración. Actualmente, la acuicultura es la industria de mayor crecimiento en el mundo. Para lograr que su desarrollo se sostenga, se requiere el desarrollo de tecnologías modernas y rentables, así como recursos humanos altamente capacitados. A medida que la generación de conocimiento y el desarrollo tecnológico en materia de acuicultura se fue expandiendo, se hizo evidente la necesidad de transferir estos avances a la sociedad y a la industria. Se llevaron a cabo distintas reuniones para lograr la instrumentación de proyectos acuícolas de base tecnológica que reunieron a productores privados y sociales de ostión, camarón y peces marinos, entre otros.

El cuerpo académico del Programa de Acuicultura ha participado y organizado, desde su creación, múltiples actividades académicas. A lo largo de los años, los investigadores y técnicos del Programa han adquirido y perfeccionado habilidades y técnicas para realizar investigaciones más finas y que tengan un mayor impacto social. Su gran trayectoria y experiencia, los ha convertido en autoridad en materia de acuicultura a nivel regional, y les ha permitido transmitir sus conocimientos a través de la formación de recursos humanos altamente capacitados, la publicación de artículos en revistas especializadas y el desarrollo de proyectos de investigación que logren atender las necesidades y resolver las problemáticas del sector acuícola para coadyuvar a garantizar la provisión de alimentos de alto valor nutricional. El estado de Baja California Sur tiene una oferta académica para educación media superior con orientación a la acuicultura y para educación superior orientada a la

ACUICULTURA

biología marina y recientemente, a la bioingeniería en acuicultura. Adicionalmente, la oferta académica para la especialización y posgrados en acuicultura y otras disciplinas afines a la biología y desarrollo de tecnologías de cultivo ha sido cubierta por los centros de investigación de la región.

El Programa de Acuicultura participa activamente, a través del Programa de Posgrado del CIBNOR, en la formación de recursos humanos en niveles de maestría y doctorado orientados a la acuicultura y a la biotecnología a través de la impartición de los cursos escolarizados y la dirección de las tesis. Además de la oferta de posgrados que ofrece el CIBNOR, los investigadores y técnicos desempeñan también actividades de capacitación a estudiantes internos y externos, así como a académicos de otras instituciones y centros de investigación. Al mismo tiempo, las estancias académicas de investigación para estudiantes e investigadores de otras instituciones nacionales y extranjeras han consolidado la vinculación y la colaboración académica a través de convenios interinstitucionales para la movilidad, lo que garantiza una constante actualización para poner en práctica los conocimientos adquiridos. Esta dinámica contribuye a que la acuicultura pueda continuar desarrollándose, por una parte, insertando a recursos humanos en el mercado laboral especializado, que conocen las necesidades y problemáticas de la industria, y, por otro lado, formando nuevas generaciones de científicos que continuarán respondiendo a las necesidades del sector.

La participación activa y constante en foros científico-académicos, ha permitido compartir y discutir los resultados de las investigaciones con otros especialistas en materia de acuicultura alrededor del mundo. Esto permite tener una perspectiva más integral sobre el estado actual del sector a nivel mundial y generar vinculaciones y colaboraciones científicas con instituciones del más alto nivel para resolver los problemas, procurar el ordenamiento e impulsar el desarrollo del sector acuícola en todas sus dimensiones.

INVESTIGACIÓN PARA EL BIENESTAR COMUNITARIO

En la primera década de los 2000, el Programa de Acuicultura participó en la evaluación de más de 25 empresas y cooperativas acuícolas, que representaban a más de 150 familias en los estados de Baja California y Baja California Sur. A partir de este estudio se plantea la necesidad de la producción en laboratorio de la almeja mano de león, la almeja catarina y el ostión de placer. Las primeras dos especies presentaban altos niveles de explotación y enfermedades y un decremento en su producción pesquera regional, mientras que el ostión de placer se identificó como una especie endémica con alto potencial de producción por su fácil manejo, potencial para su mejoramiento genético y tasas de crecimiento atractivas con altos rendimientos. Posteriormente se ejecutaron proyectos de transferencia de tecnología con varios participantes en el estudio. El personal académico del Programa de Acuicultura también presta servicios o estudios de análisis o de diagnóstico a usuarios externos (academia, social, o empresarial). Estos servicios han ido en aumento y de 12 servicios atendidos en 2020, en 2022 se atendieron 36 servicios. El monto captado por estos servicios también se incrementó de \$222,000 en 2020 a \$3,050,000 en 2023. El 50% de estos servicios son solicitados por usuarios del sector social, siendo sociedades cooperativas de producción pesquera y acuícola las que se benefician de estos. El resto de los servicios son solicitados por el sector académico (universidades y otras instituciones de educación superior) y el sector empresarial.

De las cuatro Líneas Estratégicas de Investigación con las que cuenta el Programa de Acuicultura, el personal adscrito a la Línea Estratégica de Cultivo de Moluscos atiende la mayor parte de las solicitudes de servicios (57%) seguido por el personal adscrito a la Línea Estratégica de Biotecnología en Plancton y Una Salud quienes atienden el 40% de las solicitudes de servicios. La Línea Estratégica de Cultivo de Moluscos atiende en su gran mayoría (86%) al sector social principalmente como proveedor de semilla mejorada de ostión del Pacífico a sociedades cooperativas en la zona de Bahía Magdalena. En este sentido, el Programa de Acuicultura, ha tenido que transformarse y pasar de ser un programa con actividades rigurosamente científicas, a adoptar un enfoque más ecléctico, que

ACUICULTURA

además de cumplir con su quehacer esencial, le permite diversificar sus actividades a través de la participación y la vinculación con diferentes sectores e instituciones para realizar en conjunto aportes en beneficio directo de la sociedad.

En los últimos períodos gubernamentales, las políticas públicas se han orientado a implementar estrategias que impacten en el bienestar, garantizando la seguridad alimentaria y la conservación y cuidado del medio ambiente (PND). En consecuencia, el sector de Ciencia y Tecnología ha aplicado estas estrategias orientando las convocatorias y financiamientos hacia una investigación más incidente en el bienestar con el objeto de cubrir las necesidades y demandas de la sociedad.

El Programa de Acuicultura ha identificado las necesidades de la región y participa activamente en la instrumentación de esta política pública realizando investigaciones a un nivel epistemológico que contribuyen al conocimiento básico y de frontera, así como desarrollando y transfiriendo tecnología que favorezca el beneficio social y el desarrollo del país. Los investigadores y técnicos del Programa de Acuicultura participan activamente con el Programa de Acercamiento de la Ciencia a la Educación (PACE) y el Departamento de Divulgación y Extensión Científica del CIBNOR en ferias y exposiciones en recintos diversos, entrevistas en radio, televisión y redes sociales institucionales, actividades recreativas, charlas en instituciones académicas, y visitas guiadas dentro del CIBNOR, entre otras.

Perspectivas

El Programa de Acuicultura continuará su tránsito hacia la investigación y el desarrollo tecnológico transdisciplinario, además del trabajo orientado a la consolidación de la vinculación y colaboración entre los sectores académico, gubernamental y social. El fortalecimiento de estas vinculaciones con los gobiernos estatales y municipales es clave para crear sinergias responsables que solucionen

demandas específicas de productores y grupos sociales de la región. Además, la participación del sector privado en la investigación y el desarrollo tecnológico será fundamental para que la actividad científica se enfoque al diagnóstico y solución de problemas vigentes, así como a generar propuestas de mejoras tecnológicas.

Literatura citada

- Avilés Quevedo, A. y Mazón Suastegui J.M. (1996). Cultivo de peces marinos. En M. Casas Valdez, y G. Ponce Diaz (eds.) *Estudio del Potencial Pesquero y Acuícola de Baja California Sur* (651-684). CIBNOR.
- Casanova Valero, C. (2016). *Gobernanza y desarrollo sustentable de la acuicultura en Baja California Sur*. [Tesis de Maestría en Ciencias], Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- CONAPESCA (2021). Anuario Estadístico de Pesca y Acuicultura. CONAPESCA
- FAO (1999). *FAO Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable. Desarrollo de la acuicultura*. FAO. URL <https://www.fao.org/4/W4493S/w4493s00.htm>
- Guerrero-Tortolero, D.A., Campos-Ramos R, Burgos-Aceves, M.A., Pérez-Urbiola, J.C. y Colado-Durán, J. G. (2010). Effects of compressed seasonally changing day-length cycles on spawning performance, production of viable eggs and levels of vitellogenin in plasma in female yellowtail snapper *Lutjanus argentiventris*. *Journal of Fish Biology*, 77, 2285–2297. <http://doi:10.1111/j.1095-8649.2010.02806>
- Guerrero-Tortolero D.A., Romo-Mendoza D., Pérez-Urbiola J.C. y Campos-Ramos, R. (2016). Timing of Puberty and Reproductive Performance in Wild-Reared and Hatchery-Reared Pacific Red Snapper *Lutjanus peru*. *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh* 68. <https://ija.scholasticahq.com/article/20806.pdf>
- Hillier, J., Hawes, C., Squire, G., Hilton, A., Wale, S. y Smith, P., (2009). The carbon footprints of food crop production. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 7(2), 107-118.
- Juárez, O.E., Escobedo-Fregoso, C., Arredondo-Espinoza, R. y Ibarra, A.M., (2021). Development of SNP markers for identification of thermo-resistant families of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* based on RNA-seq. *Aquaculture*, 539, 736618.

ACUICULTURA

- Maeda, A.N., Reynoso T., Mazón J.M., Monsalvo P., Hernández O., Segovia E., Sicard M.T. y R. Morales, (1990). *Integral Culture of catarina scallop *Argopecten circularis*: The first experience*. Abstracts of The World Aquaculture Conference and Exposition. Halifax, N.S., Canadá.
- Martínez-García M., (2006). *Informe de Gestión 1997-2006*. CIBNOR
- Mazón Suastegui, J.M. (1996a). Cultivo de ostión japonés *Crassostrea gigas*. En M. Casas Valdez y G. Ponce Diaz (Eds.) *Estudio del Potencial Pesquero y Acuícola de Baja California Sur*. (pp. 625-650). CIBNOR
- Mazón Suastegui J.M. (1996b). Cultivo de la almeja catarina *Argopecten circularis*. En M. Casas Valdez y G. Ponce Diaz (Eds.) *Estudio del Potencial Pesquero y Acuícola de Baja California Sur*. 513-544. CIBNOR
- Mazón Suastegui J.M., Magallón Barajas, F., Portillo Clark, G., y Hernandez Llamas, A., (1996a). Cultivo de camarón *Penaeus* spp. En M. Casas Valdez y G. Ponce Diaz (Eds.) *Estudio del Potencial Pesquero y Acuícola de Baja California Sur*. (pp. 551-569). CIBNOR.
- Mazón Suastegui, J.M., Muciño Diaz, M., y Bazua Sicre, L.A., (1996b). Cultivo de abulón *Haliotis* spp. En M. Casas Valdez y G. Ponce Diaz (Eds.) *Estudio del Potencial Pesquero y Acuícola de Baja California Sur*. (pp. 475-511). CIBNOR.
- Monteforte M. (1996). Cultivo de ostras perleras y perlicultura. En M. Casas Valdez y G. Ponce Diaz (Eds.) *Estudio del Potencial Pesquero y Acuícola de Baja California Sur*. (pp. 571-613). CIBNOR
- Pérez-Enríquez R., Acosta-Salmón H., Arcos-Ortega F., Ascencio F., Campa-Córdova A.I., Campos-Ramos R., Civera-Cerecedo R., Cruz-Hernández P., Hernández-Llamas A., Ibarra-Humphries A.M., Mazón-Suástegui J.M., Mejía-Ruiz, C.H., Mercier L., Nolasco-Soria H., Palacios-Mechetnov E., Racotta I.S., Romero-Vivas E., Vázquez-Juárez R., y Villarreal-Colmenares H. (2016). *Reseña histórica y académica del cultivo de camarón en el CIBNOR*. Recursos Naturales y Sociedad 2 (1), 36-59.
- Romo-Mendoza D., Campos-Ramos R., Burgos-Aceves M.A. y Guerrero-Tortolero, D. A. (2017) Simultaneous Germinal Vesicle Migration and Oil Droplet Coalescence Predict Final Oocyte Maturation in the Leopard Grouper, *North American Journal of Aquaculture*, 79 (3), 197-204.
<http://dx.doi.org/10.1080/15222055.2017.1301605>

Para citar esta obra:

Casanova-Valero, C., H. Acosta-Salmon, P. S. Cervantes-Bernal y D. A. Guerrero-Tortolero. 2025. Aportaciones históricas del Programa de Acuicultura y su impacto en el bienestar comunitario. En: Ortega-Rubio (Coord.) *Investigación sobre los recursos naturales del noroeste de México, para el bienestar comunitario.* (pp. 55-75). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. La Paz, B.C

