

***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**

*Eugenio Alberto Aragón-Noriega **

385

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

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

405

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

*Mercedes Magali Gómez Valdez * y Lucía Ocampo*

431

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

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

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

455

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

*Yenitze Elizabeth Fimbres Acedo y Rodolfo Garza Torres **

471

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

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

505

**SECCIÓN VII
CONCLUSIONES**

CAPÍTULO 25. CONCLUSIONES

*Luis Felipe Beltrán Morales * y Alfredo Ortega Rubio*

531

PRÓLOGO

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

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

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

Dra. María Elena Álvarez-Buylla Roces

Directora General del CONAHCYT.

Cd. de México, a 16 de junio, 2024

PREFACIO

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

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

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

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

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

Dr. José Alejandro Díaz Méndez

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

Cd. de México, a 16 de junio, 2024

CAPÍTULO 3

APORTACIONES HISTÓRICAS DEL PROGRAMA DE AGRICULTURA EN ZONAS ÁRIDAS AL BIENESTAR COMUNITARIO

Luis Guillermo Hernández Montiel
lhernandez@cibnor.mx

Resumen

La producción agrícola y pecuaria en el estado de Baja California Sur, México se ha limitado debido a las condiciones ambientales, presencia de plagas y enfermedades, el recurso agua, entre otros. El Programa de Agricultura en Zonas Áridas del CIBNOR a través de sus cinco Líneas Estratégicas de Investigación se ha vinculado con el sector social y productivo del estado para coadyuvar en la producción de alimentos de origen vegetal y animal. Se ha generado conocimiento de frontera que ha permitido la validación y transferencia de tecnologías a diversos sectores agropecuarios del estado, permitiendo la conservación de los recursos naturales y manteniendo la soberanía alimentaria.

Palabras Clave: Ambientes áridos y semiáridos, Baja California Sur, Líneas Estratégicas de Investigación, producción agrícola y pecuaria, recursos naturales

Abstract

Agricultural and livestock production in the state of Baja California Sur, México has been limited due to environmental conditions, presence of pests and diseases, water resources, among others. CIBNOR's Agriculture in Arid Zones Program, through its

five Strategic Research Lines, has been linked to the social and productive sector of the state to contribute to the production of foods of plant and animal origin. Border knowledge has been generated, allowing the validation and transfer of technologies to various agricultural sectors of the state, allowing the conservation of natural resources, and maintaining food sovereignty.

Keywords: Arid and semi-arid environments, Baja California Sur, Strategic Research Lines, agricultural and livestock production, natural resources

Introducción

En las últimas dos décadas, los países en desarrollo han incrementado rápidamente su población (Sun et al., 2020; Sicard et al., 2023). Este aumento implica una mayor demanda de alimentos y acciones rápidas para que la agricultura mundial produzca en menor tiempo un mayor número de productos alimenticios como cereales, frutas, verduras, entre otros (Clapp, 2023; Zhu et al., 2023). A nivel mundial, existe la preocupación sobre la seguridad alimentaria y nutricional ante la proyección de un crecimiento poblacional para el 2050 de 12 billones de habitantes, lo que implicara un incremento de entre el 50 y 60% más de alimentos (Jahan & Ghalenoei, 2022). Ante la demanda de alimentos, se incrementará el uso del agua y de las tierras para producción agrícola, aumentando proporcionalmente todos aquellos insumos químicos utilizados en el manejo agronómico de los cultivos como; fertilizantes, herbicidas, plaguicidas, fungicidas, bactericidas, entre otros (Gomes et al., 2020; Leskovac & Petrović, 2023).

Actualmente, los sistemas mundiales de producción agrícola buscan producir de manera sustentable más alimentos con una alta calidad nutritiva, utilizando diversas alternativas al uso de agroquímicos como los fertilizantes orgánicos (Rempelos et al., 2021), el control biológico de plagas y enfermedades (Koskey et al., 2021), mejoradores del suelo (Garbowski et al., 2023), tecnologías de

optimización del recurso agua (Li et al., 2022), uso de plantas criollas o variedades resistentes a factores bióticos y abióticos (Ahmad et al., 2021), entre otros. Aunque a la fecha, la producción agrícola ha permitido alimentar a la población mundial, aún existen dudas sobre cuánto tiempo más podrá la agricultura sostener la producción de alimentos ante el crecimiento exponencial de la población, en su discurso de aceptación del Premio Nobel en 1970, el agrónomo Borlaug (1972) menciona: “La Revolución Verde ha obtenido un éxito temporal en la guerra del hombre contra el hambre y las privaciones; le ha dado al hombre un respiro, sin embargo, es necesario frenar el aterrador poder de la reproducción humana; de lo contrario, el éxito de la Revolución Verde será sólo efímero” (Evans & Lawson, 2020).

La agricultura se establece en toda la superficie terrestre del planeta Tierra. En cualquier tipo de suelo, y diversas regiones como; tropical, subtropical, sabana, árida, semiárida, entre otros (Wang et al., 2022). La península de Baja California Sur se encuentra al noroeste de México y limita al norte con el estado de Baja California, al este con el Golfo de California (también llamado Mar de Cortés) y al oeste y sur con el Océano Pacífico. En el estado de Baja California Sur, el clima tiende a ser seco, semicálido y cálido en gran parte del territorio y de acuerdo con datos de la SAGARPA y Fundación Produce, hay 42,000 ha que se destinan a la agricultura, destacando los cultivos; alfalfa verde, papa, granos, cítricos, mango, chile verde, tomate rojo, fresa, hierbas aromáticas, espárrago, tomate, garbanzo, entre otros.

Las condiciones ambientales del estado, el desconocimiento de plagas y enfermedades de importancia en los cultivos, la limitación y falta de manejo del recurso agua, la baja tecnificación agrícola y pecuaria, entre otros, han sido elementos que han limitado la producción de alimentos en Baja California Sur. En las últimas cuatro décadas, el Programa de Agricultura en Zonas Áridas (PAZA) del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste ubicado en La Paz, Baja California Sur ha vinculado la generación de conocimientos con el sector social y productivo del estado. Las cinco Líneas Estratégicas de Investigación (LEI) del

PAZA se han orientado al desarrollo de estrategias agrobiotecnológicas para fortalecer el área agrícola y pecuaria de vanguardia. Se ha logrado establecer una red de colaboraciones entre los académicos del PAZA y productores a nivel regional, estatal, nacional e internacional para coadyuvar en la producción de alimentos de calidad para el humano y animal bajo una visión sustentable, sin dejar de lado la soberanía alimentaria. A continuación, se describirán las actividades de cada LEI del PAZA y como a través de algunos ejemplos se ha incidido en el bienestar comunitario.

Línea Estrategia de Investigación I: Agricultura Orgánica

En esta LEI se realiza investigación de ciencia básica y de frontera para una mejor distribución de los recursos naturales dentro de la cadena agroalimentaria. Está vinculada a una nueva tecnología para el monitoreo de las variables de producción, promoviendo que los productores sustituyan el uso de agroquímicos o fertilizantes sintéticos, mediante la aplicación de biofertilizantes. Se tienen como objetivos identificar las limitaciones y oportunidades de la agricultura orgánica para el desarrollo rural sostenible y la reducción de la pobreza, así como la incorporación de la agricultura orgánica como una alternativa regional.

La LEI de agricultura orgánica está integrada por el siguiente personal académico: Dra. Alejandra Nieto Garibay, Dr. Joaquín Gutiérrez Jaguey, Dr. Héctor Cirilo Fraga Palomino, Dr. Juan José Montes Sánchez, Ing. Saúl Edel Briseño Ruíz, C. José Raymundo Ceseña Núñez, C. Adrián Jordán Castro, C. Pedro Luna García, C. Miguel Díaz Ramírez y M.C. Rigoberto López Aguilar.

La LEI de agricultura orgánica ha trabajado en el programa de manejo de residuos orgánicos a través del compostaje en escuelas del estado de Baja California Sur, México. En este programa han participado más de 10 escuelas del segundo nivel de la Educación Básica (Educación Primaria) de la Secretaría de

Educación Pública (SEP) de México. A través de este programa se ha concientizado a la población sobre el aprovechamiento de los residuos para la producción vegetal, disminuyendo la contaminación ambiental y reduciendo el impacto ecológico que genera la basura en las zonas aledañas a las escuelas participantes. Además, se ha capacitado a los maestros de primaria sobre el compostaje para que este programa pueda ser replicable al interior de la escuela.

A través de la sustentabilidad y resiliencia de sistemas socio-ecológicos ante el cambio climático. Bienestar social, patrimonio biocultural y seguridad alimentaria en sistemas ganaderos tradicionales en ambientes áridos, los integrantes de la LEI de agricultura orgánica han colaborado con rancheros y rancheras de Baja California Sur y Durango dedicados a la cría tradicional de bovinos y caprinos para enseñarles a favorecer una producción sustentable y resiliente. Se han realizado talleres con niños de la Sierra de la Giganta, Baja California Sur, para concientizar la producción vegetal y bovina desde una visión sustentable.

Línea Estratégica de Investigación II: Fitosanidad e Inocuidad Alimentaria

Esta línea está orientada al desarrollo sostenible de la agricultura, seguridad alimentaria y prosperidad social. Los objetivos se centran en estudios sobre fitoplasmas en cultivos agrícolas y plantas silvestres, enfermedades emergentes y reemergentes y su relación con fitoplasmas en infecciones sencillas y mixtas con otros patógenos vasculares, eco-eficiencia en el uso de aguas residuales provenientes de la acuicultura para el establecimiento de plantaciones hidropónicas orgánicas, plagas potenciales en sistemas de producción vegetal, virus, viroides, infecciones begomovirales mixtas, enfermedades abióticas, nematodos, poblaciones microbianas en sistemas acuapónicos, fitosanidad en cardones y otras especies de cactáceas, viricidas, hongos fitopatógenos, control biológico, inductores bióticos y abióticos de resistencia en plantas y hongos micorrízicos.

AGRICULTURA DE ZONAS ÁRIDAS

La LEI de Fitosanidad e Inocuidad Alimentaria está integrada por el siguiente personal académico: Dra. María Goretty Caamal Chan, Dra. Arevik Poghosyan Melkonyan, Hidrobiol. María Sofia Ramos Galván, Dr. Ramón Jaime Holguín Peña, Dr. Luis Guillermo Hernández Montiel, Dr. Jorge Gustavo Rocha Estrada, M.C. Martín Gpe. de Jesús Aguilar García y M.V.Z. José Manuel Melero Astorga.

En Ciudad Constitución, Baja California Sur, los integrantes de la LEI de Fitosanidad e Inocuidad Alimentaria han colaborado con la Asociación Agrícola Local de Citricultores del Valle de Santo Domingo en el diagnóstico fitosanitario de huertas de naranja y limón y en el manejo integrado de plagas y enfermedades. A través del trabajo en conjunto se ha reducido la incidencia de enfermedades en las plantas como la gomosis (*Phytophthora* spp.), muerte descendente (*Lasiodyplodia theobromae*) y en los frutos la mancha marrón (*Alternaria alternata*), moho verde y azul (*Penicillium* sp.), pudrición ácida (*Geotrichum citri-aurantii*), entre otros. La participación del personal de esta LEI ha permitido la oportuna identificación del agente causal en las huertas de cítricos y se han recomendado medidas de control eficientes que le ayudan al productor a disminuir sus pérdidas, reducir costos y alcanzar mejores precios en la comercialización de sus productos. Además, con la implementación de tecnologías amigables con el ambiente, se ha reducido el uso y aplicación de agroquímicos. Con el diagnóstico oportuno de plagas y enfermedades se ha reducido la pérdida de fruta y se ha prolongado la vida de anaquel del mango cultivado en la región de los cabos y la papaya producida por productores locales de las zonas alejadas de La Paz, Baja California Sur.

En comunidades locales de La Paz, Baja California Sur, integrantes de la LEI de Fitosanidad e Inocuidad Alimentaria han establecido un sistema de vigilancia epidemiológica para cactáceas columnares en ecosistemas áridos y semiáridos de México. Han impartido talleres a productores y niños sobre la detección de enfermedades en cactus y la concientización de su conservación, al ser una especie catalogada como en peligro de extinción. También han trabajado con productores de tomate rojo para disminuir las pérdidas ocasionadas por virus al implementar de

manera conjunta sistemas de protección de infecciones mixtas begomovirales a través del silenciamiento génico tipo RNAi (SGR).

Línea Estratégica de Investigación III: Agrotecnología y Recursos Energéticos

Esta LEI es una línea agropecuaria multidisciplinaria cuyos objetivos se centran en estudios de respuesta al estrés salino en plantas de interés agronómico y su relación con la tolerancia a factores adversos, la fisiotecnia y prácticas agronómicas de cultivos alternativos e hidropónicos en sistemas de acuaponía como recursos fitogenéticos potenciales para las zonas áridas y semiáridas. La sección de nanociencias se encarga del diseño y desarrollo de nanoestructuras para su uso como nanobiosensores, nanofertilizantes, nanopesticidas, nanofungicidas y como vehículos de transporte para biomoléculas y biofármacos (nanovacunas). Además, se desarrollan estudios inmunológicos de vacunas, probióticos e inmunoestimulantes experimentales como alternativas de prevención de enfermedades en animales de interés pecuario.

La LEI de Agrotecnología y Recursos Energéticos está integrada por el siguiente personal académico: Dra. Ana Gisela Reyes Alvarado, Dra. María Del Carmen Mercado Guido, Dra. Martha Reyes Becerril, Dra. Elizabeth Escalante Monreal, Dr. Juan Larrinaga Mayoral, Dr. Bernardo Murillo Amador, Dr. Luis Hernández Adame, Dr. Carlos Eliud Angulo Valadez, M.C. Magdalena López García, M.C. Guillermo González Rosales, Ing. María Guadalupe Rodríguez Quezada y C. Juan Diego Hernández Medina.

Los integrantes de esta LEI han causado la ciencia a través del arte biológico (Bioarte): promoviendo la riqueza cultural científico-artística de las niñas, niños y jóvenes de zonas rurales y urbanas marginales. Se ha tenido un impacto positivo en la sociedad al crear espacios de acceso a la educación y desarrollo humanístico

de niñas, niños y jóvenes en las ciencias biológicas, fomentado la protección del medio ambiente y la expresión del arte.

Han trabajado con la eficiencia en el uso del agua y producción sustentable de alimentos utilizando un sistema unidireccional de acuaponía-agricultura generando paquetes tecnológicos de alimentos inocuos y aprovechamiento de agua acorde a las condiciones socioeconómicas de comunidades y productores de Baja California Sur.

El desarrollo de la acuaponía combinada con cultivos a cielo abierto adaptados a regiones áridas para la producción sustentable de alimentos ha sido un eslabón entre los integrantes de esta LEI y los productores de Baja California Sur para la implementación de sistemas acuapónicos de alta tecnología, que ha permitido al sector social, producir sus propios alimentos a un bajo costo y mejorar su calidad de vida ante la entrada de recursos económico por la venta del excedente de especies marinas como la tilapia y hierbas aromáticas, acelga, betabel, romero y verdolaga.

Línea Estratégica de Investigación IV: Agua, Suelo y Clima en Agricultura en Zonas Áridas

La LEI desarrolla su investigación alrededor de temas sobre los recursos agua y suelo en el entorno del clima prevaleciente y sus variaciones hidro-climáticas, con prioridad en el noroeste de México. Los temas abarcan aspectos y problemáticas relacionadas con el ciclo hidrológico, disponibilidad de agua y sostenibilidad del suelo en agricultura. Mediante colaboraciones y proyectos de investigación se busca generar resultados que se transfieran al sector social, organismos públicos y empresas o grupos productivos. En esta Línea se desarrollan estudios que versan sobre temas relacionados con dichos recursos: Calidad y disponibilidad del agua para la agricultura, ciencia y tecnología hidroecológica, evaluación de

INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO COMUNITARIO

agroecosistemas, salinidad de suelos y cultivos halófitos, hidráulica e hidrología agrícola, edafología, agroecología, ingeniería de irrigación, química del agua, fertilidad del suelo, diagnóstico y gestión de cuencas, conservación del agua y suelo, cambio climático, almacenamiento y flujos de CO₂. Se realizan vinculaciones y proyectos en colaboración con dependencias de los tres niveles de gobierno y organismos descentralizados. Además de la generación de información científica y formación de recursos humanos, se contribuye con Planes de Manejo de Cuencas y Acuíferos, propuestas de ordenamiento, reglamentación de acuíferos y otros.

La LEI de Agua, Suelo y Clima en Agricultura en Zonas Áridas está integrada por el siguiente personal académico: Dr. Enrique Troyo Diéguez, Dr. David Raúl López Aguilar, Dr. Arturo Cruz Falcón, M.C. Álvaro González Michel, Ing. Mario Benson Rosas, C. Arturo Naranjo Murillo e Ing. Eduardo Antonio Villavicencio Floriani.

Esta LEI ha incidido en decisiones de política pública del estado de Baja California Sur a través del plan de manejo integrado de la cuenca, acuífero y humedales de San José del Cabo, con indicadores de sustentabilidad hidroambiental y socioeconómica. Estos estudios impactan de manera positiva en la sociedad de esa región del estado, al diagnosticar el estado ambiental y construir escenarios de agotamiento del agua y suelo ante el crecimiento poblacional e intensificación de actividades antrópicas, elaborando un plan de manejo (PMI-CAE) sustentable de cuencas y esteros.

Integrantes de la LEI de Agua, Suelo y Clima en Agricultura en Zonas Áridas han realizado estudios de caracterización de la condición hidro-ambiental de cuencas y acuíferos en condición crítica son necesarios para entender su funcionamiento natural, para predecir posibles cambios que sean nocivos e irreversibles, y para determinar las condiciones que aseguren su aprovechamiento a largo plazo y, en consecuencia, su sustentabilidad. Un incremento en la demanda del recurso agua de los acuíferos, conlleva a cambios drásticos en la disponibilidad y en la calidad química del agua, lo cual, pone en riesgo la sustentabilidad de dichos sistemas. La generación de información conceptual y metodológica fue de utilidad

para balancear y mejorar la oferta de agua y promover su distribución justa entre regiones y grupos sociales en tres cuencas críticas en el noroeste de México (La Paz y San José del Cabo, Baja California Sur; Hermosillo y Sonora). Además, la colaboración con los consejos de cuenca para la estructuración permitió realizar propuestas a los reglamentos de uso de los acuíferos en estudio.

Línea Estratégica de Investigación V: Biotecnología y Aprovechamiento de Recursos Genéticos

Esta línea está focalizada en la recuperación de germoplasma nativo de México con énfasis en de zonas áridas, estudia la conservación y uso de plantas, genes y microorganismos con potencial biotecnológico. Las zonas áridas se caracterizan por guardar germoplasma capaz de resistir temperaturas extremas y poca agua, por lo que el conocimiento de ciencia básica sobre el germoplasma nativo y los mecanismos moleculares de reconocimiento planta-microorganismo-medio ambiente se vuelve crucial para combatir los efectos del cambio climático del mundo. Nuestro grupo, estudia la adhesión selectiva de bacterias benéficas a las plantas lo cual ha permitido proponer el uso de inoculantes microbianos para mitigación de estrés de zonas áridas, al mismo tiempo que disminuye el uso de contaminantes por fertilización química. Igualmente contamos con bancos de germoplasma regional y líneas elite de plantas de interés como hierbas aromáticas y chile chiltepín que representan retos comerciales de manejo agronómico por su potencial mercado.

La LEI de Biotecnología y Aprovechamiento de Recursos Genéticos está integrada por el siguiente personal académico: Dra. Gracia Alicia Gómez Anduro, Ing. Xóchilt Aguilar Murillo, Dr. Fernando Von Bortel Luna, Dr. Marco Antonio Ramírez Mosqueda, Dr. Andrés Orduño Cruz, Dr. Abraham Loera Muro, Dr. Aarón Barraza Celis, M.C. Ángel Edgardo Carrillo García, M.C. Margarito Rodríguez Álvarez y Dr. Julio Antonio Hernández González.

Integrantes de esta LEI han trabajado en la innovación de la propagación y conservación de germoplasma de especies vegetales con importancia agronómica y biocultural de la península de Baja California a través de cultivo de tejidos vegetales ha permitido generar y multiplicar plantas como la jojoba, chiltepín, damiana, moringa, especies aromáticas y forestales, entre otras, con fines comerciales y en algunos casos para fortalecer programas de reforestación implementados por diversos órganos de gobierno como la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). La participación de los productores de los municipios de La Paz, Los Cabos, Comondú, Mulegé y Loreto ha sido de importancia en la transferencia tecnológica para la obtención de plantas sanas libres de fitopatógenos, reforestación, comercio, entre otros.

Dentro de las investigaciones de la LEI de Biotecnología y Aprovechamiento de Recursos Genéticos esta la genotipificación del cultivo y manejo de chiltepín (*Capsicum annum*) para la reversión de la pobreza en comunidades rurales que ha permitido identificar y promover variedades con características deseables, como: resistencia a altas temperaturas, salinidad, mayor rendimiento y producción de capsaicina. La participación de productores de Baja California Sur y de otras entidades como las comunidades Mayo y Yaqui de Sonora, promueve el desarrollo sostenible de las comunidades agrícolas y la diversificación de la oferta de productos agrícolas en mercados locales e internacionales.

Conclusiones

La vocación del Programa de Agricultura en Zonas Áridas (PAZA) desde hace cuatro décadas de su creación ha sido coadyuvar en la producción de alimentos desde la premisa de la conservación de los recursos naturales y manteniendo la soberanía alimentaria. A través de la generación de conocimientos de frontera, se han creado

tecnologías de vanguardia que han permitido con la participación de los productores agrícolas y pecuarios un desarrollo socioeconómico de los agro-sistemas en las zonas áridas y semiáridas de la región Noroeste de México. Nuevos retos en la producción de alimentos se avecinan en las próximas décadas, sin embargo, se seguirá trabajando para continuar con esta noble labor que sin duda alguna es de importancia para la alimentación humana y animal.

Importancia social

La misión del Programa de Agricultura de Zonas Áridas (PAZA) es generar conocimiento, formar recursos humanos de alto nivel y transferir el conocimiento de tal manera que contribuya al desarrollo socioeconómico de los agro-sistemas en las zonas áridas y semi-áridas de la región y de México. Los proyectos con productores de diversos cultivos y áreas pecuarias han abordado diferentes problemáticas y planteado soluciones, sobresaliendo la capacidad técnica y científica del personal académico de las cinco Líneas Estratégicas de Investigación (LEI) del PAZA, coadyuvado en la seguridad alimentaria, generación de empleo y la economía rural, con una visión en la sostenibilidad ambiental y la diversidad cultural

.

Perspectivas

El cambio climático, el recurso agua, la presencia de plagas y enfermedades, las agrotecnologías tradicionales, entre otros, seguirán siendo factores en la producción de alimentos a nivel mundial. Las tecnologías que se generen a partir de la ciencia básica y de frontera serán fundamentales para optimizar los recursos en la producción agropecuaria y proveer de alimentos a una población creciente. Las actividades sustantivas que se llevan a cabo dentro del Programa de Agricultura en Zonas Áridas tendrán que analizar e incluir los problemas actuales y futuros en el ámbito agropecuario, proyectando soluciones reales a través de las diversas

investigaciones que se realizan al interior de cada una de las Líneas Estrategias del Programa de Agricultura que coadyuven cabalmente al bienestar social del estado y del país.

Literatura citada

- Ahmad, M., Ali, Q., Hafeez, M. M., & Malik, A (2021). Improvement for biotic and abiotic stress tolerance in crop plants. *Biological and Clinical Sciences Research Journal*, 1, 1-9. <https://doi.org/10.54112/bcsrj.v2021i1.50>
- Borlaug, N. E. (1972). Mankind and civilization at another crossroad: In balance with nature-a biological myth. *BioScience*, 41-44. <https://doi.org/10.2307/1296186>
- Clapp, J. (2023). Concentration and crises: exploring the deep roots of vulnerability in the global industrial food system. *The Journal of Peasant Studies*, 50(1), 1-25. <https://doi.org/10.1080/03066150.2022.2129013>
- Evans, J. R., & Lawson, T. (2020). From green to gold: agricultural revolution for food security. *Journal of Experimental Botany*, 71(7), 2211-2215. <https://doi.org/10.1093/jxb/eraa110>
- Garbowski, T., Bar-Michalczyk, D., Charazińska, S., Grabowska-Polanowska, B., Kowalczyk, A., & Lochyński, P. (2023). An overview of natural soil amendments in agriculture. *Soil and Tillage Research*, 225, 105462. <https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105462>
- Gomes, H. D. O., Menezes, J. M. C., da Costa, J. G. M., Coutinho, H. D. M., Teixeira, R. N. P., & do Nascimento, R. F. (2020). A socio-environmental perspective on pesticide use, and food production. *Ecotoxicology and environmental safety*, 197, 110627. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110627>
- Jahan, M., & Ghalenoei, Sh. (2022). Challenges and opportunities faced on food production systems in arid and semi-arid regions under climate change conditions. *Annals of Agricultural and Crop Sciences*, 7(2), 1-5.
- Koskey, G., Mburu, S. W., Awino, R., Njeru, E. M., & Maingi, J. M. (2021). Potential use of beneficial microorganisms for soil amelioration, phytopathogen biocontrol, and sustainable crop production in smallholder agroecosystems. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 1-20. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.606308>

- Leskovac, A., & Petrović, S. (2023). Pesticide use and degradation strategies: food safety, challenges, and perspectives. *Foods*, 12(14), 2709. <https://doi.org/10.3390/foods12142709>
- Li, M., Cao, X., Liu, D., Fu, Q., Li, T., & Shang, R. (2022). Sustainable management of agricultural water and land resources under changing climate and socio-economic conditions: A multi-dimensional optimization approach. *Agricultural Water Management*, 259, 107235. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107235>
- Rempelos, L., Baranski, M., Wang, J., Adams, T. N., Adebuseyi, K., Beckman, J. J., Brockbank, C. J., Douglas, B. S., Feng, T., Greenway, J. D., Gür, M., Iyaremye, E., Kong, C. L., Korkut, R., Kumar, S. S., Kwedibana, J., Masselos, J., Mutalemwa, B. N., Nkambule, B. S., Oduwale, O. B., Oladipo, A. K., Olumeh, J. O., Petrovic, L., Röhrig, N., Wyld, S. A., Xu, L., Pan Y., Chatzidimitriou, E., Davis, H., Magistrali, A., Sufar, E., Hasanaliyeva, G., Hassan, H. H., Kalee, A., Willson, A., Thapa, M., Davenport, P., Srednicka-Tober, D., Volakakis, N., Watson, A., Seal, C. J., Goltz, M., Kindersley, P., Iversen, P. O., & Leifert, C. (2021). Integrated soil and crop management in organic agriculture: a logical framework to ensure food quality and human health?. *Agronomy*, 11(12), 2494. <https://doi.org/10.3390/agronomy11122494>
- Sicard, P., Agathokleous, E., Anenberg, S. C., De Marco, A., Paoletti, E., & Calatayud, V. (2023). Trends in urban air pollution over the last two decades: A global perspective. *Science of The Total Environment*, 858, 160064.
- Sun, L., Chen, J., Li, Q., & Huang, D. (2020). Dramatic uneven urbanization of large cities throughout the world in recent decades. *Nature communications*, 11(1), 5366. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160064>
- Wang, W., Pijl, A., & Tarolli, P. (2022). Future climate-zone shifts are threatening steep-slope agriculture. *Nature Food*, 3(3), 193-196. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00454-y>
- Zhu, Y., Wang, Z., & Zhu, X. (2023). New reflections on food security and land use strategies based on the evolution of Chinese dietary patterns. *Land Use Policy*, 126, 106520. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106520>

Para citar esta obra:

Hernández Montiel, L.G. 2025. Aportaciones históricas del Programa de Agricultura en Zonas Áridas al bienestar comunitario. En: Ortega-Rubio (Coord.) *Investigación sobre los recursos naturales del noroeste de México, para el bienestar comunitario*. (pp. 39-53). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. La Paz, B.C.S. México. 547 pp.

