

***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 17

Invasión de ascidias sobre bancos de hachas en la Bahía de La Paz, BCS

Betzabé Moreno-Dávila y Leonardo Huato-Soberanis *

luato@cibnor.mx

Resumen

Este estudio analiza la cobertura de una especie de ascidia invasora y cinco variables ambientales (salinidad, temperatura superficial del mar, oxígeno disuelto, concentración de clorofila-a en la superficie del mar y pH) como posibles factores para explicar un evento de mortalidad masiva en una población recuperada de hachas en la Ensenada de La Paz, México. Los muestreos realizados en otoño de 2015 a 2017 (noviembre-diciembre) y uno adicional en verano de 2016 (junio) revelaron que la ascidia fue avistada por primera vez en pocos sitios de muestreo durante 2015 y se expandió rápidamente sobre la población de las hachas en 2016. La muerte masiva de las hachas, detectada en 2016 y 2017, resultaron en pérdidas económicas para los pescadores locales. Un modelo estadístico mostró que el sustrato proporcionado por las hachas fue el único factor significativo asociado a la rápida expansión de la ascidia. Paradójicamente, el éxito en la recuperación de la población del hacha aumentó la disponibilidad de sustrato para la ascidia, provocando eventos de mortandad masiva del hacha en 2016 y 2017. Nuestro modelo predice que los efectos de la cobertura de la ascidia en la mortalidad de hachas empiezan a manifestarse a partir de densidades de 47 individuos en 250 m². Un segundo modelo reveló que los efectos de mortalidad de la ascidia en las hachas inician cuando la cobertura de la ascidia supera el 8% de la concha, la salinidad es superior a 37.3 UPS, la temperatura superficial es menor a 26.9 °C y el

INVASIÓN DE ASCIDIAS

oxígeno disuelto es mayor a 5.06 mg O₂/L. Nuestros análisis indican que la recolección temprana del hacha reduciría la disponibilidad de sustrato ante los primeros signos de crecimiento poblacional de la ascidia y así se evitarían pérdidas económicas significativas en el futuro.

Palabras clave: *Atrina*, *Distaplia*, especie exótica, mortalidad, invasión.

Abstract

This study analyzes the coverage of an invasive species (ascidian) and five environmental variables (salinity, sea surface temperature, dissolved oxygen, chlorophyll-a concentration in the sea surface, and pH) as possible factors explaining a mass mortality event in a recovered population of pen shells in La Paz Bay, Mexico. Samplings conducted from fall 2015 to 2017 (November-December) and an additional one in summer 2016 (June) revealed that the ascidian was first sighted in a few sampling sites during 2015. The ascidian rapidly expanded over the pen shells population in 2016, resulting on a mass mortality of pen shells during 2016 and 2017 and large economic losses for local fishermen. A statistical model showed that the substrate provided by the pen shells was the only significant factor associated with the rapid expansion of the ascidian. Paradoxically, the success in recovering the bivalve population increased the availability of substrate for the ascidian, leading to mass mortality events of the pen shells in 2016 and 2017. Our model predicts that the effects of ascidian coverage on pen shell mortality begin to manifest when there are 47 pen shells in 250 m². A second model revealed that the main factor for pen shells mortality was when ascidian coverage exceeds 8% of the shell, salinity was higher than 37.3 UPS, sea surface temperature decreased below 26.9°C, and dissolved oxygen increased above 5.06 mg O₂/L. These results that indicate the early harvesting of pen shells would reduce substrate availability at the first signs of ascidian population growth, thus avoiding significant economic losses in the future.

Key words: *Atrina*, *Distaplia*, exotic species, invasion, mortality.

Introducción

Las invasiones de organismos marinos pueden tener impactos devastadores en los ecosistemas, afectando la biodiversidad en general. Estas invasiones pueden tener consecuencias económicas significativas, como la pérdida de ingresos en la pesca y pueden requerir costosas medidas de control y erradicación. En este caso los actores involucrados en la historia son un bivalvo y una ascidia.

Los bivalvos, son organismos que tienen dos conchas las cuales están unidas por un ligamento elástico por el extremo más angosto que les permite abrir y cerrar sus conchas para alimentarse, respirar y para la liberación de gametos. Específicamente hablamos de las llamadas “hachas” que pertenecen al género *Atrina*. Las hachas viven semienterradas en la arena o fango en estuarios, bahías y lagunas costeras. El nombre científico de la especie dominante que vive en la Ensenada de La Paz es *Atrina maura*, esta especie tiene una estrategia de reproducción sexual en la que produce gametos durante todo el año, a menos que la temperatura del mar sea mayor a 25°C, en este caso reabsorbe los gametos y si la temperatura es mayor a 25°C los gametos son liberados al mar (Camacho-Mondragón, 2012). De esta manera la temperatura del mar es el principal regulador en su reproducción, el segundo es el alimento, estos organismos son filtradores y se alimentan de materia orgánica suspendida (detritus).

Las hachas tienen una gran importancia comercial siendo un producto muy valorado en el mercado dado su gran sabor y apreciación en la gastronomía donde se consume su músculo conocido como “callo de hacha”. Las conchas de las hachas proporcionan sustrato y refugio a especies móviles y sésiles (aquellas que no se mueven) como esponjas, algas y en este caso ascidias. Las ascidias son animales de forma variada (tubular, globosa, aplanada) cuyo cuerpo está cubierto por una túnica, presentan dos orificios; uno con función de boca y otro como ano, algunas especies forman colonias y otras viven de manera solitaria. Aún no se conoce con exactitud la reproducción de esta especie, pero en general, se sabe que la liberación de gametos se da cuando la temperatura del mar es alrededor de los

INVASIÓN DE ASCIDIAS

13-22°C (Bourque et al., 2007), también tienen reproducción asexual (fragmentándose las colonias), esta depende más del alimento disponible, que al igual que las hachas son filtradoras y comen detritus.

Cuando las ascidias crecen en exceso sobre las hachas limitan su capacidad para abrir y cerrar sus conchas; esto es por el peso y volumen excesivo que genera la ascidia quedando limitada la capacidad del hacha de alimentarse y respirar. Lo que puede llevar a una disminución de su músculo, un bajo desarrollo en gónadas y debilitamiento de la concha. En algunos casos el crecimiento de las ascidias es tan grande que llegan a impedir que las hachas abran y cierren sus conchas causando así la muerte por asfixia, lo que resulta en una reducción de la población de hachas y pérdidas económicas para los pescadores (Petersen, 2007; Lins y Rocha, 2020).

Se han registrado casos donde la sobrepoblación de ascidias ha afectado a otras especies de bivalvos como mejillones (Comeau et al., 2015; Davis et al., 2017), ostras (Rodríguez e Ibarra-Obando, 2009) y almejas (Dijkstra y Nolan, 2011), que igual que las hachas se alimentan y respiran abriendo y cerrando sus conchas. Un estudio realizado en Canadá y mostró que los mejillones con ascidias fueron considerablemente menos eficientes para alimentarse que los mejillones sin ascidias (Comeau et al., 2015). En Brasil realizaron un monitoreo durante 10 años en granjas comerciales de bivalvos encontrando 17 especies de ascidias, de las cuales dos (*Styela plicata* y *Didemnum perlucidum*) son una amenaza potencial para las poblaciones de bivalvos (Rocha et al., 2009). Un estudio muy interesante demostró que el crecimiento de la ascidia *Didemnum vexillum* afectó la velocidad de nado, desplazamiento horizontal y vertical de la almeja gigante (*Placopecten magellanicus*); las almejas con ascidia se agotaron más rápido y no pudieron nadar tan lejos (Dijkstra y Nolan, 2011).

En México, el primer caso registrado del efecto de las acidias en cultivo ocurrió en Ensenada, B.C. donde 10 de 13 especies de organismos encontrados sobre las ostras (*Crassostrea gigas*) eran ascidias. Estas colonizaron el 40% de la población de ostras y después de un año de estudios mensuales, concluyeron que las ascidias crecían más cuando se incrementa la temperatura del agua de mar, concluyendo que las condiciones climáticas controlan el crecimiento poblacional de las ascidias (Rodríguez e Ibarra-Obando, 2009).

Proceso de invasión

El éxito de una especie en el ambiente depende de varios factores. Algunos de estos factores están estrictamente relacionados con la especie misma; como los factores genéticos. Otros factores a su vez se dividen en abióticos y bióticos. Los factores abióticos son: temperatura, luz, humedad, salinidad, pH, turbidez del agua, etc. (Stachowicz et al., 2002). Los factores bióticos, son las relaciones que hay entre organismos de diferentes especies, las más comunes son el parasitismo, competencia, depredación, epibiosis, etc. Para que una especie se desarrolle en un ambiente nuevo, debe tolerar bien el clima, tener alimento y que no existan animales que se la puedan comer tan fácilmente.

Generalmente una invasión se observa en especies introducidas también llamadas exóticas o no nativas. Estas especies llegan a nuevas áreas debido a actividades humanas. Un ejemplo de esto es la acuicultura, donde los organismos pueden ser transportados inadvertidamente si no se inspeccionan adecuadamente y llevan otros organismos consigo. Otro ejemplo es el transporte marítimo, a veces se encuentran organismos adultos adheridos al interior del contenedor de agua de lastre, o incluso en el agua misma cuando los organismos están en su fase larvaria; el agua de lastre ayuda al barco a mantener estabilidad y flotabilidad y la recolectan en el lugar donde inician el viaje y la descargan al llegar al destino. Algunas especies introducidas no causan invasiones justo después de su introducción, se mantienen

INVASIÓN DE ASCIDIAS

en una fase de “hibernación”, donde su crecimiento es lento y enfocado a mantenerse vivas mientras se adaptan a las nuevas condiciones ambientales, para después competir con las especies nativas por espacio y/o alimento, crecer rápidamente y reproducirse, llegando a ser ampliamente invasivas cuando las condiciones ambientales se vuelven favorables (Crooks, 2005).

Llegada de la ascidia a la Ensenada de La Paz

Desde el año 2015 se detectó la presencia de una ascidia identificada como *Distaplia stylifera* adherida a las conchas de las hachas que viven en la Ensenada de La Paz (Moreno-Dávila et al., 2023). En 2016 la ascidia presentó un crecimiento repentino con un comportamiento invasor donde se pudo observar que cubría más del 50% de las conchas de las hachas; principalmente de la especie dominante *A. maura* que es de importancia comercial en la ensenada (Fig. 51).

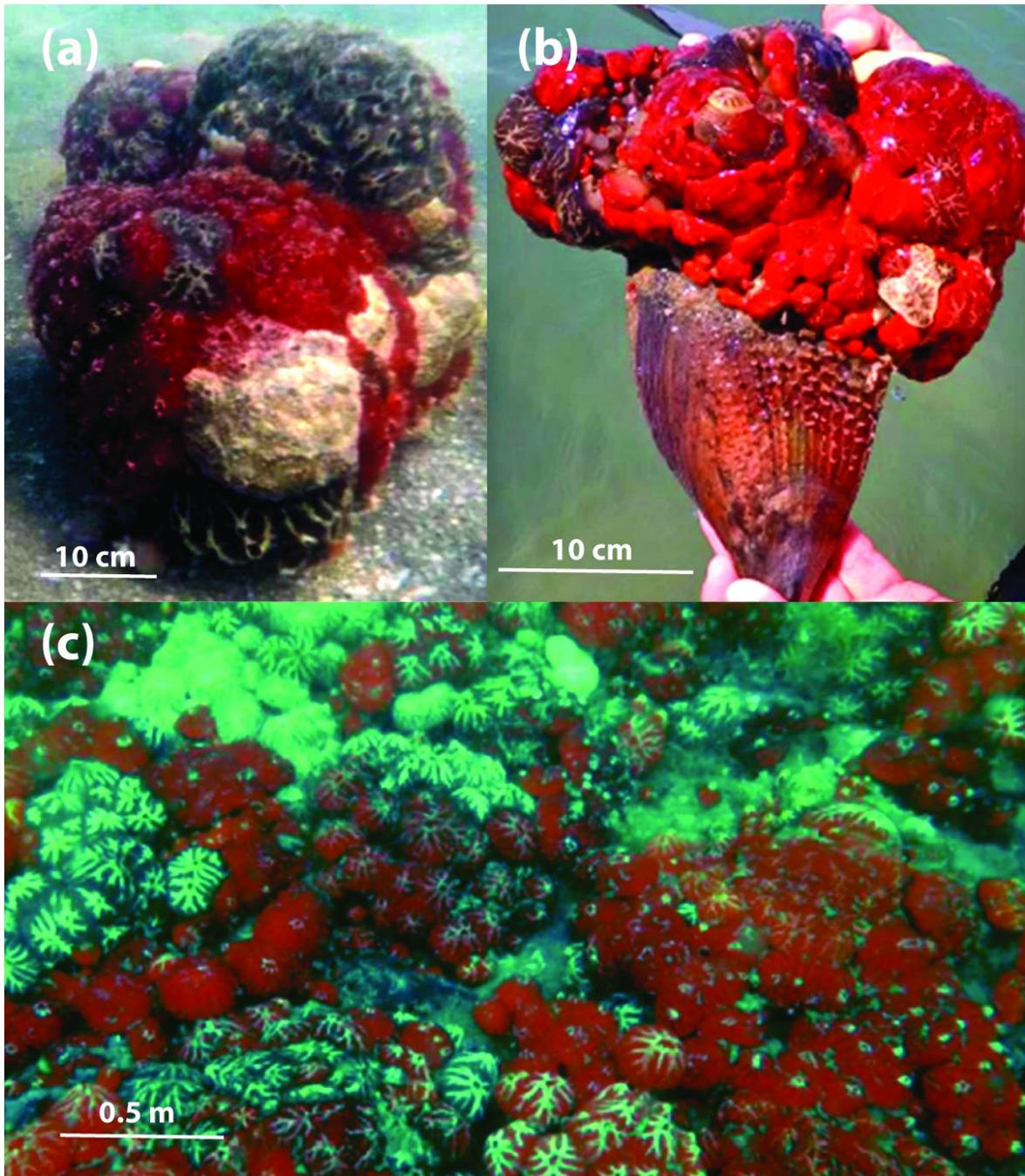


Figura 51. a-b) *Atrina maura* invadida por *Distaplia stylifera*; c) tapetes de *D. stylifera*, cubriendo un banco de hachas durante 2016 en Ensenada de La Paz, BCS, México.

INVASIÓN DE ASCIDIAS

La presencia de *D. stylifera* en la Ensenada de La Paz afectó directamente a pescadores de la Organización de Pescadores Rescatando la Ensenada (OPRE) de la comunidad de El Manglito, La Paz, BCS, quienes desde el 2011, junto con Noroeste Sustentable A.C. (NOS), iniciaron un programa de restauración natural y resiembra de las tres especies de hachas para repoblar la zona después una intensa sobreexplotación pesquera. El proceso de restauración tuvo éxito hasta la llegada de la ascidia, cuando se comenzó a observar la presencia de hachas muertas, por lo que los pescadores iniciaron un trabajo de extracción manual de la ascidia, con extremo cuidado de no romper la colonia y que larvas maduras se liberaran al mar. La extracción realizada durante septiembre-noviembre 2016 abarcó tres sitios de muestreo que equivalen a tres hectáreas, retirando 34.7 toneladas de ascidia y de enero-marzo 2017 en 12 sitios extrayendo 142.3 toneladas (Noroeste Sustentable A.C. [NOS], 2018). También, fue importante determinar qué zonas de la Ensenada de la Paz eran las más afectadas por la ascidia, y determinar los factores que favorecieron el crecimiento repentino de la ascidia; así como, si había evidencia de la capacidad de la ascidia para matar a las hachas.

Recabando información

A lo largo de varios años OPRE y NOS, realizaron monitoreos anuales en la Ensenada de La Paz durante noviembre y diciembre de cada año recabando información sobre el tamaño de la población de hachas. Para nuestra investigación nos concentramos en los años 2015 al 2017, que fue el periodo donde apareció la ascidia utilizando la información de 4 monitoreos, con 180 sitios de muestreo en nov-dic de 2015 (primera aparición de la ascidia), 96 sitios en verano (junio) de 2016 (momento de la invasión), 173 sitios en otoño (noviembre) en 2016 (después de la operación de limpieza) y 166 sitios de nov-dic en 2017. Los sitios de muestreo fueron de 10,000 m² y en cada uno se obtuvieron 250 muestras de 1 m². Los datos reportados fueron el número de hachas vivas y muertas, y la cobertura de la ascidia sobre ellas. La densidad de hachas se estimó como la suma de individuos

INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO COMUNITARIO

encontrados en los 250 puntos de muestreo de cada sitio y fue reportado como ind./250 m². El porcentaje de cobertura de la ascidia fue calculado como el promedio de la proporción de hachas cubiertas dentro de cada sitio de muestreo.

Para determinar el efecto del ambiente en el comportamiento del hacha y de la ascidia durante el verano de 2016 (momento de la invasión), obtuvimos los datos ambientales a partir de imágenes satelitales LANDSAT 8 con una resolución de 30 m de la plataforma US Geological Survey (USGS, <https://www.usgs.gov>). De estas imágenes se estimaron las variables ambientales: concentración de oxígeno disuelto (OD, mg O₂/L), pH, salinidad (Sal, g/Kg), temperatura superficial (TSM, °C) y concentración de clorofila Chl-*a* (mg Chl-*a*/m³). Esta estimación se realizó aplicando una serie de modelos lineales calibrados para la Ensenada de La Paz previamente elaborados por Matus-Hernández et al. (2019).

Para determinar los factores que contribuyeron a la rápida expansión de la ascidia en la Ensenada de La Paz se utilizó un modelo aditivo generalizado (GAM) definido de la siguiente manera: [(proporción de cobertura de *D. stylifera*) ~ f (sustrato disponible (*A. maura* viva + muerta) + OD + pH + Sal + TSM + Chl-*a*)], y para establecer los factores que contribuyeron a la mortandad de hachas configuramos un modelo GAM de la forma: [(*A. maura* muerta) ~ f (proporción de cobertura de *D. stylifera* + OD + pH + Sal + TSM + Chl-*a*)].

Resultados

expansión geográfica de *Distaplia stylifera* durante 2015 a 2017

Durante 2015 la ascidia fue avistada por primera vez en cerca del 2% del total de sitios muestreados (Fig. 52a). Durante el muestreo de verano de 2016 la cobertura de ascidias aumentó considerablemente extendiéndose a 64% de sitios, por el canal de mareas hacia la región central de la ensenada, cubriendo hasta el 70% de las hachas (Fig. 52b). En otoño de 2016 su presencia se redujo a 31% de los sitios, sin

INVASIÓN DE ASCIDIAS

embargo, el 5% de esos, su mayoría en el canal de marea, tenían valores mayores a 80% (Fig. 52c). Finalmente, en 2017, se vio una reducción considerable observándose solo el 7% de sitios con ascidias de los 166 muestreados (Fig. 2d).

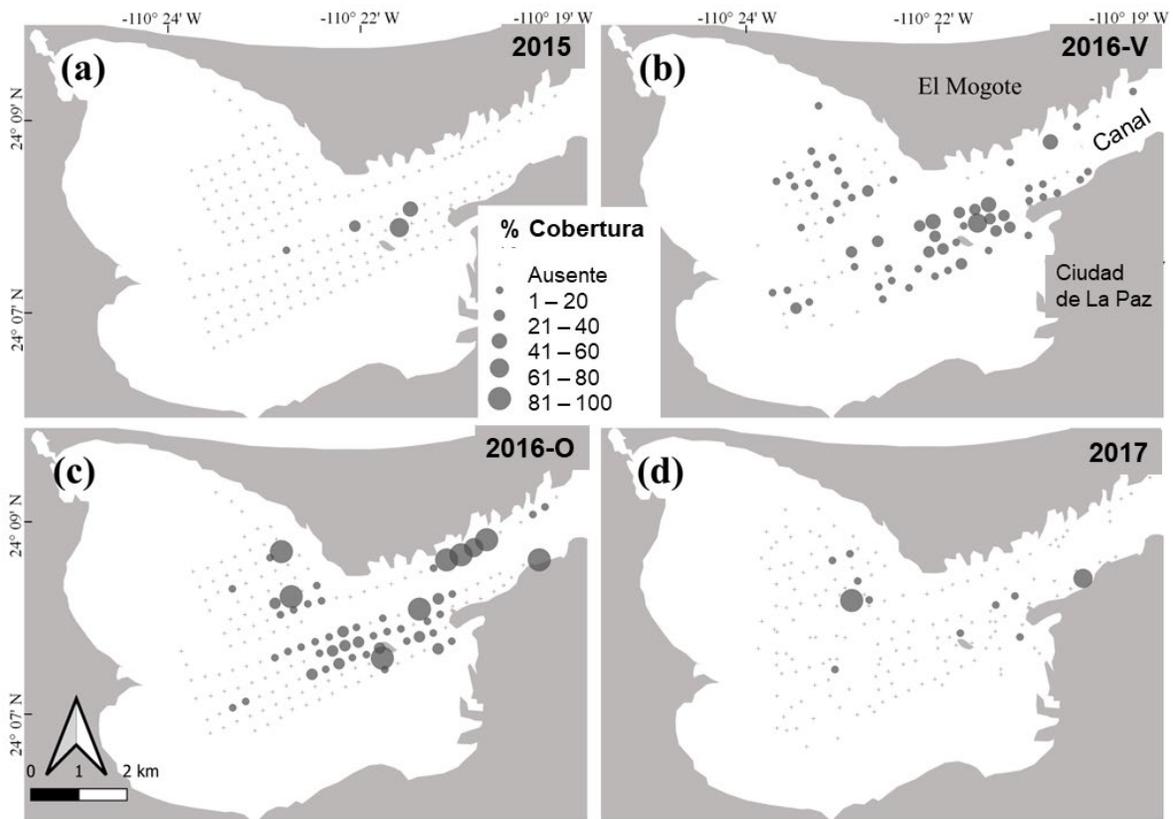


Figura 52. Distribución espacial del área de cobertura de *Distaplia stylifera* durante, a) 2015, b) verano 2016, c) otoño 2016 y d) 2017.

Densidad de *Atrina maura* muerta y viva durante 2015 a 2017

Durante el verano de 2016 en 52% de sitios se encontraron hachas muertas, donde casi la mitad de estos sitios presentó entre 10 y 103 hachas muertas en un área de 250 m² (Fig. 53b). Para otoño de 2016 fue el 40% de los sitios donde se encontraron hachas muertas, incrementando considerablemente hasta 457 hachas muertas por sitio de muestreo (Fig. 53c). Posteriormente, en 2017 fue el 35% sitios con hachas muertas, donde la cantidad máxima de organismos fue de 220 en uno de los sitios de muestreo. Del total de sitios con hachas muertas, en 62% de estos se encontraron menos de nueve hachas muertas (Fig. 53d).

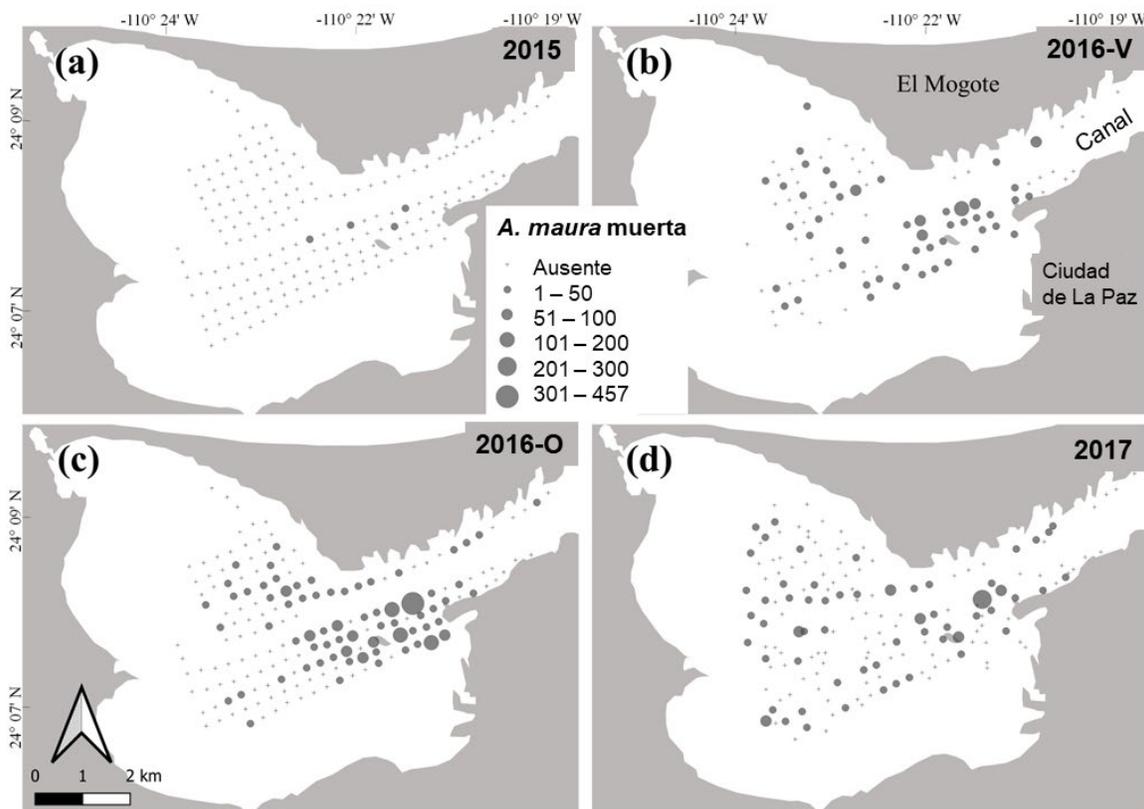


Figura 53. Distribución espacial de la abundancia de organismos muertos (ind./250 m²) de *Atrina maura* durante, a) 2015, b) verano 2016, c) otoño 2016 y d) 2017.

INVASIÓN DE ASCIDIAS

La densidad de *A. maura* viva disminuyó gradualmente de 2015 a 2017. En 2015 fue donde se registró la mayor cantidad de hachas, 1367 ind./250 m² en un solo sitio de muestreo, mientras que el 23% sitios muestreados tenían densidades mayores a 100 ind./250 m² (Fig. 54a). Para el verano de 2016 (Fig. 54b) y otoño del mismo año (Fig. 54c) los sitios con densidades mayores a 100 ind./250 m² se mantuvieron casi en la misma proporción 14.6% y 14.5% respectivamente. La densidad más baja de *A. maura* viva se observó en 2017, con solo el 7% de sitios con densidades mayores a 100 hachas en 250 m².

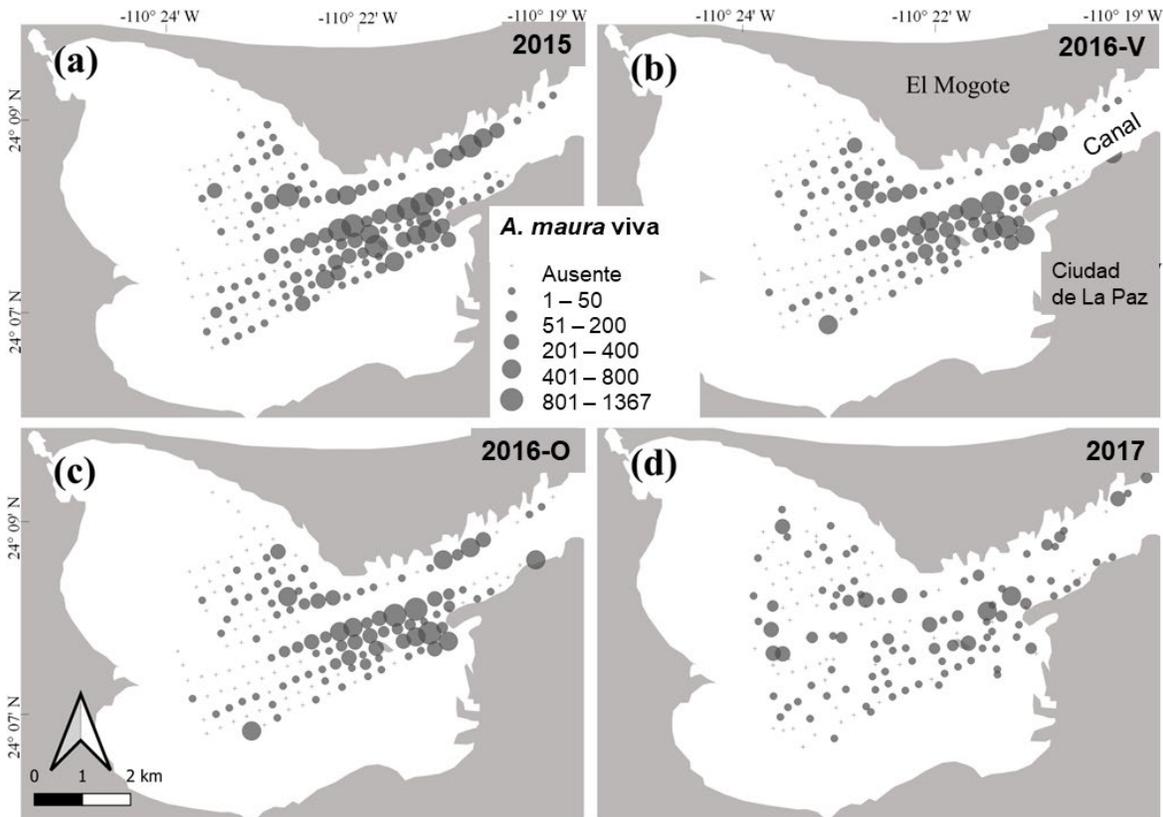


Figura 54. Distribución espacial de la abundancia de organismos vivos (ind./250 m²) de *Atrina maura* durante, a) 2015, b) verano 2016, c) otoño 2016 y d) 2017.

Cobertura de *Distaplia stylifera* asociada con la densidad de *Atrina maura* y las condiciones ambientales durante el verano de 2016

El modelo GAM ajustado a las anomalías de las variables ambientales: [(proporción de cobertura) ~ f (sustrato disponible + A_OD + A_pH + A_Sal + A_TSM + A_ChI-a)] cuyos indicadores de bondad de ajuste fueron R^2 ajustado = 0.78, desviación explicada = 70.3% y el estimador de riesgo insesgado (UBRE) = -0.79, fue ligeramente mejor que el modelo con las series ambientales sin transformar. El modelo indica que la única variable significativa para explicar el nivel de cobertura de la ascidia fue el sustrato disponible, mostrando un comportamiento casi lineal que aumenta monótonamente para la cobertura de *D. stylifera* con el sustrato proporcionado por la densidad de las hachas, y predice que los efectos de cobertura de *D. stylifera* comienzan a ocurrir cuando la densidad de *A. maura* es mayor 47 ind./250 m² (Fig. 55).

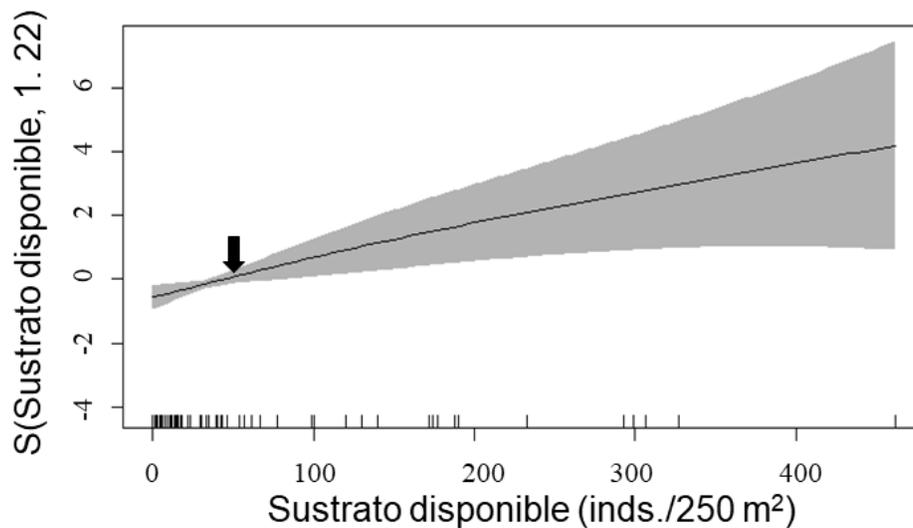


Figura 55. Modelo aditivo generalizado ajustado (línea continua) con intervalo de confianza del 95% (área gris) para el efecto de la disponibilidad del sustrato en la proporción de cobertura de *Distaplia stylifera*. Los grados de libertad se dan en la etiqueta del eje y. El eje Y está en la escala de la variable de predicción lineal. Las líneas de marca en el interior del eje X indican la presencia de valores observados de la variable predictora.

Densidad de *Atrina maura* muerta relacionada con la cobertura de *Distaplia styliifera* y las condiciones ambientales durante el verano de 2016

El GAM [(*A. maura* muerta) ~ f (proporción de cobertura por *D. styliifera* + OD + pH + Sal + TSM + Chl-*a*)] con medidas de bondad de ajuste de R^2 ajustado = 0.89, desviación explicada = 88.8% y un valor de validación cruzada aditiva generalizada de (GACV) = 0.014, fue el mejor modelo. Indicando que el principal factor que explica la varianza de *A. maura* muerta observada fue la proporción de *D. styliifera* que tiene una tendencia positiva casi lineal (Fig. 56a). La salinidad, TSM y OD también fueron significativas, pero menos relevantes como variables explicativas. La mortalidad de las hachas aumenta con la salinidad y disminuye con la TSM, ambas con tendencias casi lineales (Fig. 56b-c) mientras que *A. maura* muerta aumenta conforme aumentan los valores de OD (Fig. 56d). En general, el GAM ajustado predice que la densidad de *A. maura* muerta aumenta cuando la cobertura de *D. styliifera* es mayor a 8%, la salinidad es mayor a 37.3 UPS, TSM menor a 27.1° C y OD mayor a 5.05 mg O₂/L.

INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO COMUNITARIO

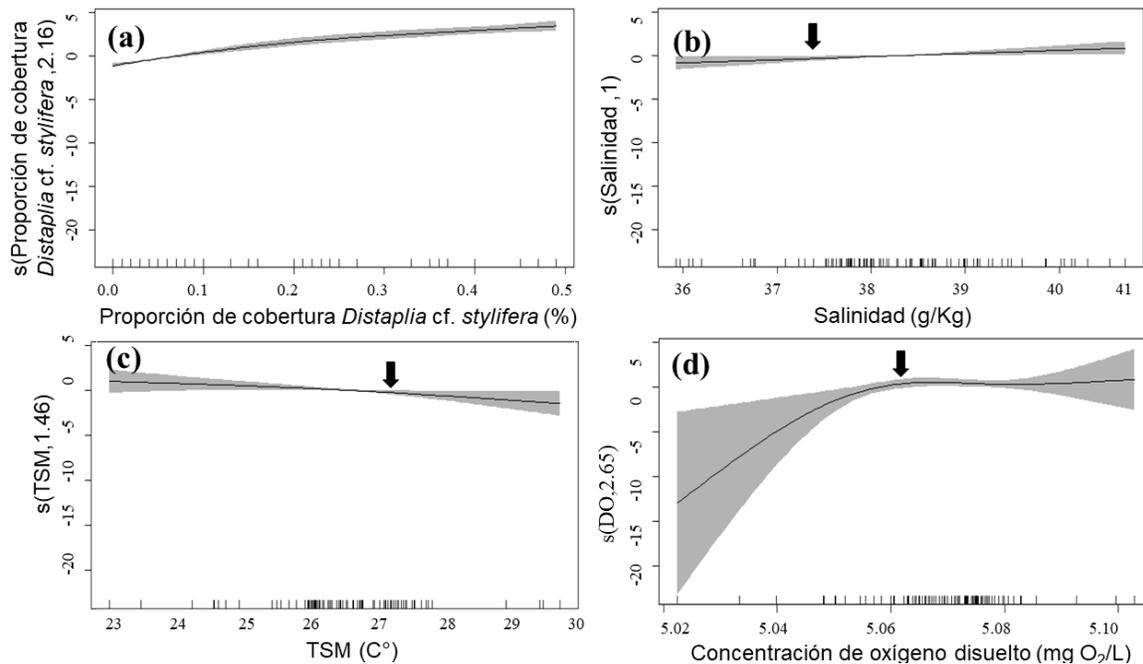


Figura 56. Modelos aditivos generalizados ajustados (líneas continuas) con intervalos de confianza del 95% (área gris) para el efecto de la cobertura de *D. stylifera* sobre la mortalidad de *A. maura*. Se muestran los efectos de las variables sobre la mortalidad del hacha a) Cobertura de la ascidia; b) Salinidad; c) TSM; y d) OD. Los ejes Y están en la escala de la variable de predicción lineal. Las líneas de marca en el interior del eje X indican la presencia de valores observados de la variable predictora. Los números en la etiqueta del eje Y indican los grados de libertad.

Discusión

Después de varios años de éxito del programa de restauración en la Ensenada de La Paz para los bancos de hachas, la rápida colonización y crecimiento de *D. stylifera* resultó en un suceso de mortalidad masiva de *A. maura*. Paradójicamente, nuestros resultados revelan que la abundante disponibilidad de sustrato proporcionado por las conchas de hachas fue uno de los principales factores involucrados en el crecimiento de *D. stylifera* durante el verano de 2016.

Si bien, nuestro estudio no investigó los efectos de la ascidia sobre las hachas, otros estudios han mostrado estos efectos negativos (Claereboudt et al., 1994; Lodeiros et al., 2002; Taylor et al., 1997). En Brasil, tres especies de organismos (incluida la ascidia *Didemnum perlucidum* Monniot F., 1983) cubrían al

INVASIÓN DE ASCIDIAS

menos el 70% de la población de mejillones *Perna perna* (Linnaeus, 1758) resultando en mejillones 19% a 36% más pequeños y con ~ 60% menos peso corporal que los mejillones sin ascidia (Lins y Rocha, 2020).

Cobertura relativa de *Distaplia stylifera* durante 2015 a 2017

La repentina expansión de *D. stylifera* sobre la población de hacha en una gran área de la Ensenada de La Paz y su presencia en uno de los muelles náuticos a la entrada de la ensenada y la falta de reportes previos de esta especie en el Pacífico oriental (Blackburn et al., 2011) sugiere que es una especie introducida ya que hasta el momento solo se ha observado en dos sitios portuarios de la zona; Marina La Paz y Pichilingue.

Densidad de *Atrina maura* viva y muerta durante 2015 a 2017

Las zonas con mayor cobertura de ascidias fueron a lo largo del canal de mareas extendiéndose hacia la costa sureste y suroeste del Mogote, que coinciden con las zonas de mayor densidad de *A. maura* viva y muerta. Sin duda, la mortalidad masiva de *A. maura* está significativamente asociada con la alta proporción de cobertura de *D. stylifera* observada en el verano de 2016.

En un intento por reducir la mortalidad y las pérdidas económicas de *A. maura*, los pescadores llevaron a cabo dos operaciones de extracción de *D. stylifera* en 2016 y 2017 en los bancos más densos localizados en el canal de mareas. En el monitoreo de 2017 se observó una reducción notable de las ascidias; sin embargo, esta reducción pudo deberse más a eventos ambientales puntuales y de gran impacto como la tormenta tropical Javier (7 al 9 de agosto 2016), el huracán Newton (4 al 7 de septiembre 2016) y la tormenta tropical Lidia (31 de agosto a 2 de septiembre de 2017) y no con los esfuerzos de remoción. Especulamos que los cambios repentinos en la salinidad, turbidez, OD y temperatura resultante de estos

eventos fueron las perturbaciones que crearon las condiciones para el abatimiento de la población de ascidias en la zona.

Cobertura de *Distaplia stylifera* asociada con la densidad de *Atrina maura* y las condiciones ambientales durante el verano de 2016

Los resultados del primer GAM orientado a responder las preguntas de si la cantidad de hachas había influido en el rápido crecimiento de la ascidia o si fueron las condiciones ambientales o ambas, revelan una correlación positiva significativa entre la densidad del hacha y la cobertura de las ascidias, indicando que las conchas del hacha proporcionaron un sustrato favorable para la colonización de las ascidias, y no se encontraron efectos significativos de las variables ambientales (OD, salinidad, TSM, pH y clorofila-a) en la cobertura de las ascidias, a pesar de las condiciones ambientales favorables como el pH, que según Bellas et al. (2003), es entre 7.4 y 8.8 para las ascidias. El pH registrado en Ensenada de La Paz durante 2016 a 2017 estuvo dentro de este rango (7.7 a 8.3 pH). Además, se registró un aumento de la TSM que facilita la reproducción sexual y asexual de las ascidias (Rodríguez e Ibarra-Obando, 2009). El año 2016 fue el más cálido registrado mundialmente entre 1880 y 2018 (Meijers et al., 2019) y también el año más cálido registrado entre 2002 y 2018 en la región suroeste del Golfo de California (Martínez-Soler et al., 2021).

Se sugiere que la reproducción asexual combinada con la disponibilidad de sustrato de *A. maura* facilitó un rápido crecimiento poblacional y la formación de grandes colonias, lo que provocó la mortalidad masiva del hacha. Se propone considerar estrategias de control, como la reducción mediante extracción comercial de los bancos de hacha de alta densidad, para minimizar el hábitat adecuado para el crecimiento de las ascidias. Además de actualizar los monitoreos de detección de especies invasoras. Claramente, se requieren estudios biológicos para corroborar

INVASIÓN DE ASCIDIAS

cuáles variables ambientales y rango de valores favorecen el crecimiento poblacional de *D. stylifera* en La Ensenada de La Paz.

Densidad de *Atrina maura* muerta relacionada con la cobertura de *Distaplia stylifera* y las condiciones ambientales durante el verano de 2016

En nuestro segundo GAM, los resultados indican que la principal causa de la mortalidad de *A. maura* fue la cobertura de ascidias, seguida por cambios en la salinidad, TSM y OD. El modelo predice que la densidad de *A. maura* muerta aumenta cuando la cobertura de *D. stylifera* es $> 8\%$, salinidad > 37.3 UPS, TSM $< 27.1^{\circ}$ C y OD > 5.06 mg O₂/L. *Atrina maura* cuenta con una estrategia de reproducción sexual oportunista en La Ensenada de La Paz, que permite la reabsorción de gametos (evitando la pérdida de masa corporal) cuando ocurren condiciones climáticas desfavorables (Camacho-Mondragón, 2012). El Niño 2015–2016 ecuatorial se manifestó en la zona entre enero de 2015 y febrero de 2016 con anomalías levemente negativas durante el resto de 2016 (Martínez-Soler et al., 2021). En el presente estudio se encontró una tendencia similar de la TSM en La Ensenada de La Paz. Podemos especular que el efecto combinado de un rápido crecimiento de *D. stylifera* y la reabsorción de gónadas de *A. maura* debido a El Niño 2015–2016 dieron como resultado una retroalimentación negativa para la población del hacha en la Ensenada de La Paz. La población de *A. maura* mostró cambios significativos en la densidad poblacional promedio presentando un máximo en otoño de 2016 de 35.78 ind/250 m² y un mínimo de 17.78 ind/250 m² durante el otoño de 2017, incluso menos que lo observado en verano de 2016 cuando se registró la mayor cobertura de *D. stylifera*. Lo cual puede ser un indicador de que la población *A. maura* está muy afectada y su recuperación será lenta

Conclusiones

La imagen que emerge de nuestro análisis es que el éxito en la recuperación de la población de hachas fue en realidad el principal impulsor del crecimiento explosivo de la población de ascidias, resultando en un evento de mortalidad masiva de las hachas y una gran pérdida económica para los pescadores. Los esfuerzos de extracción de ascidias llevadas a cabo (177 toneladas) fueron costosos, consumieron mucho tiempo, fueron extremadamente limitados desde el punto de vista espacial; y en general, fueron ineficaces. Las tormentas tropicales y los huracanes que azotaron la región fueron probablemente las causas detrás de la reducción de la ascidia durante 2017. Sugerimos que la reducción de altas densidades de hachas mediante la cosecha en los bancos debe realizarse tan pronto como se detecte la presencia de ascidias. Esta acción evitaría más pérdidas económicas para los pescadores locales que protegen, cultivan y dependen de esta especie de molusco económicamente valiosa.

Importancia Social

La importancia social de la presencia de la ascidia invasora *Distaplia stylifera* en pesquerías de hachas (*Atrina maura*, entre otras especies) radica en las profundas implicaciones que tiene sobre la vida y el bienestar de las comunidades costeras que dependen de este recurso. La presencia de ascidias invasoras afecta la salud y disponibilidad de las hachas, poniendo en peligro la seguridad económica de las familias, lo que puede llevar a una pérdida de las actividades económicas de los pescadores y ocasionar el movimiento de los pescadores hacia otro tipo de empleo y con ello generar una disrupción del tejido social en las comunidades pesqueras. Este acontecimiento impulsa la necesidad de capacitar a los pescadores en el monitoreo, identificación y prevención de especies invasoras.

Perspectivas

La investigación futura debe centrarse en la taxonomía y la biogeografía de las especies de *Distaplia* del mundo para determinar si la especie que causó la mortalidad masiva de las hachas es una especie nativa o exótica. Se debe realizar un trabajo experimental para inferir los efectos de la cobertura de ascidias sobre la tasa de crecimiento y la biomasa de las hachas de los bancos y determinar si la mortalidad se debe a la asfixia o a la inanición. Es necesario también abordar el papel de las estrategias reproductivas sexuales y asexuales en los procesos de colonización y expansión espacial de la ascidia. Es probable que esta información proporcione mejores acciones de manejo para controlar la propagación de la ascidia y la mortalidad de las hachas una vez que se detecte nuevamente *Distaplia stylifera* en la región.

Literatura Citada

- Bellas, J., Beiras, R., y Vásquez, E. (2003). A standardization of *Ciona intestinalis* (Chordata, Ascidiacea) embryo-larval bioassay for ecotoxicological studies. *Water Research*, 37, 4613–4622. [http://doi.org/10.1016/S0043-1354\(03\)00396-8](http://doi.org/10.1016/S0043-1354(03)00396-8).
- Blackburn, T.M., Pyšek, P., Bacher, S., Carlton, J.T., Duncan, R.P., Jarošík, V., Wilson, J.R., y Richardson, D.M. (2011). A proposed unified framework for biological invasions. *Trends in Ecology & Evolution*, 26, 333–339. <http://doi.org/10.1016/j.tree.2011.03.023>
- Bourque, D., Davidson, J., MacNair, N., Arsenault, G., LeBlanc, A., Landry T., y Miron, G. (2007). Reproduction and early life history of an invasive ascidian *Styela clava* Herdman in Prince Edward Island, Canada. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 342:78–84. <http://doi.org/10.13140/RG.2.2.21545.13924>
- Camacho-Mondragón, M.A., Arellano-Martínez, M., y Ceballos-Vázquez, B.P. (2012). Particular features of gonadal maturation and size at first maturity in *Atrina maura* (Bivalvia: Pinnidae). *Scientia Marina*, 76(3): 539–548. <http://doi.org/10.3989/scimar.03522.05A>

INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO COMUNITARIO

- Claereboudt, M.R., Bureau, D., Cote, J., y Himmelman, J.H. (1994). Fouling development and its effect on the growth of juvenile giant scallops (*Placopecten magellanicus*) in suspended culture. *Aquaculture*, 121, 327–342. [http://doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)90268-2](http://doi.org/10.1016/0044-8486(94)90268-2)
- Comeau, L.A., Filgueira, R., Guyondet, T., y Sonier, R. (2015). The impact of invasive tunicates on the demand for phytoplankton in longline mussel farms. *Aquaculture*, 441, 95–105. <http://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.02.018>
- Crooks, J.A. (2005). Lag times and exotic species: The ecology and management of biological invasions in slow-motion. *Écoscience*, 12(3), 316–329. <http://doi:10.2980/i1195-6860-12-3-316.1>
- Davis, A.R., Walls, K., y Jeffs, A. (2018). Biotic consequences of a shift in invertebrate ecosystem engineers: Invasion of New Zealand rocky shores by a zone-forming ascidian. *Marine Ecology*, 39:e12502. <https://doi.org/10.1111/maec.12502>
- Dijkstra, J.A., y Nolan, R. (2011). Potential of the invasive colonial ascidian, *Didemnum vexillum*, to limit escape response of the sea scallop, *Placopecten magellanicus*. *Aquatic Invasions*, 6 (4): 451–456. <https://doi:10.3391/ai.2011.6.4.10>
- Lins, D.M., y Rocha, R.M. (2020). Cultivated brown mussel (*Perna perna*) size is reduced through the impact of three invasive fouling species in southern Brazil. *Aquatic Invasions*, 15(1), 114–126. <https://doi.org/10.3391/ai.2020.15.1.08>
- Lodeiros, C., y Himmelman, J.H. (1996). Influence of fouling on the growth and survival of the tropical scallop, *Euvola* (*Pecten*) *ziczac* l. 1758 in suspended culture. *Aquaculture Research*, 27, 749–756. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.1996.tb01233.x>
- Martínez-Soler, E., De Silva-Dávila, R., Gómez-Gutiérrez, J., González-Rodríguez E., y Aburto-Oropeza, O. (2021). Cephalopod paralarval species richness, abundance, and size structure during 2014–2017 anomalous warm period at south Gulf of California. *Journal Plankton Research*, 43(2), 224–243. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbab010>
- Matus-Hernández, M.A., Martínez-Rincón, R.O., Aviña-Hernández, R.J., y Hernández-Saavedra, N.Y. (2019). Landsat-derived environmental factors to describe habitat preferences and spatiotemporal distribution of phytoplankton. *Ecological Modelling*, 408, 108579. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2019.108759>

INVASIÓN DE ASCIDIAS

- Meijers, A.J., Sallée, B., Grey, A., Johnson, K., Arrigo, K., Swart, S., King, B., y Mazloff, M. (2019). Southern Ocean [in “State of the Climate in 2018”]. The Bulletin of the American Meteorological Society, 100 (9), S181–S185. <https://doi.org/10.1175/2019BAMSStateoftheClimate.1>
- Moreno-Dávila, B., Huato-Soberanis, L., Gómez-Gutiérrez, J., Galván-Tirado, C., Sánchez, C., Alcoverro, T., Balart, E.F., y Turón, X. (2023). Taxonomic identity of *Distaplia stylifera* (Tunicata, Ascidiacea), a new arrival to the eastern Pacific displaying invasive behavior in the Gulf of California, Mexico. ZooKeys, 1157, 109–125. <https://doi.org/10.3897/zookeys.1157.95986>
- Noroeste Sustentable, A.C. (2015). Aprovechamiento sustentable de callo de hacha y almeja catarina en La Ensenada de La Paz, BCS. Resumen Ejecutivo, Noroeste Sustentable A. C. (42 pp.)
- Noroeste Sustentable, A.C. (2018). Reporte de biológico de callo de hacha en La Ensenada de La Paz, BCS. Resumen Ejecutivo, Noroeste Sustentable A. C. (53 pp.)
- Petersen, J.K. (2007). Ascidian suspension feeding. The Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, (342), 127–137. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2006.10.023>
- Ramsay, A., Davidson, J., Landry, T., y Arsenault, G. (2008). Process of invasiveness among exotic tunicates in Prince Edward Island, Canada. Biological Invasions, (10), 1311–1316. <https://doi.org/10.1007/s10530-007-9205-y>
- Rocha, R.M., Kremer, L.P., Baptista, M.S., y Metri, R. (2009). Bivalve cultures provide habitat for exotic tunicates in southern Brazil. Aquatic Invasions, 4 (1), 195–205. <https://doi.org/10.3391/ai.2009.4.1.20>
- Rodríguez, L.F., e Ibarra-Obando, S.E. (2009). Cover and colonization of commercial oyster (*Crassostrea gigas*) shells by fouling organisms in San Quintin Bay, Mexico. Journal of Shellfish Research, 27(2), 337–343. [https://doi.org/10.2983/0730-8000\(2008\)27\[337:CACOCO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2983/0730-8000(2008)27[337:CACOCO]2.0.CO;2)
- Stachowicz, J.J., Fried, H., Osman, R.W., y Whitlatch, R.B. (2002). Biodiversity, invasion resistance, and marine ecosystem function: reconciling pattern and process. Ecology, 83(9), 2575–2590. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2002\)083\[2575:BIRAME\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2002)083[2575:BIRAME]2.0.CO;2)
- Taylor, J.J., Southgate, P.C., y Rose, R.A. (1997). Fouling animals and their effects on the growth of silver-lip pearl oysters, *Pinctada maxima* (Jameson) in suspended culture. Aquaculture, 153, 31–40. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(97\)00014-8](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(97)00014-8)

Para citar esta obra:

Moreno-Dávila B. y L. Huato-Soberanis *. 2025. Invasión de ascidias sobre bancos de hachas en la Bahía de La Paz, BCS. En: Ortega-Rubio A. (Coord.) *Investigación sobre los recursos naturales del noroeste de México, para el bienestar comunitario.* (pp. 339-361). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. La Paz, B.C.S. México. 547 pp.

