

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS

DOCTORADO EN CIENCIAS EN OCEANOGRAFÍA COSTERA



RESILIENCIA SOCIOECOLÓGICA DE LA PESQUERÍA DE ERIZO ROJO DE BAJA
CALIFORNIA, MÉXICO

T E S I S

QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS NECESARIOS PARA
OBTENER EL GRADO DE DOCTORA

PRESENTA

MARÍA TERESA TAVERA ORTIZ

Ensenada, Baja California, México
Diciembre 2025

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS
POSGRADO EN OCEANOGRAFÍA COSTERA

RESILIENCIA SOCIOECOLÓGICA DE LA PESQUERÍA DE ERIZO ROJO DE BAJA
CALIFORNIA, MÉXICO

T E S I S

QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS NECESARIOS PARA
OBTENER EL GRADO DE

DOCTORA EN CIENCIAS EN OCEANOGRAFÍA COSTERA

Presenta

MARÍA TERESA TAVERA ORTIZ

Aprobada por:



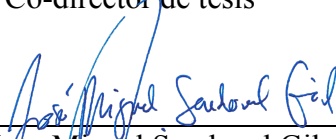
Dr. Luis Malpica Cruz
Director de tesis



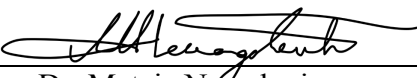
Dr. José Alberto Zepeda Domínguez
Co-director de tesis




Dra. Cira Gabriela Montaña
Moctezuma
Sinodal



Dr. José Miguel Sandoval Gil
Sinodal



Dr. Mateja Nenadovic
Sinodal



Dr. Rodrigo Beas Luna
Sinodal

RESUMEN

Muchas pesquerías de pequeña escala operan en condiciones de alta variabilidad ambiental, crecientes presiones socioeconómicas y capacidades institucionales limitadas, lo que representa desafíos significativos para su sostenibilidad. Frente a este escenario, diversos grupos pesqueros han desarrollado estrategias propias para mantener su actividad y adaptarse a los cambios ecológicos y de mercado. El objetivo general de este estudio es analizar cómo las prácticas pesqueras —como la translocación de invertebrados bentónicos marinos— y las formas de organización colectiva, particularmente las cooperativas pesqueras, pueden fortalecer la resiliencia socioecológica, tomando como caso de estudio la pesquería de erizo rojo en Baja California, México. Integramos un análisis global, local y organizativo para comprender cómo los pescadores y la cooperativa responden y se adaptan a la variabilidad ambiental y social.

En el Capítulo I, realizamos una revisión sistemática global sobre la translocación de invertebrados bentónicos marinos como herramienta de manejo pesquero. Identificamos 29 casos documentados a nivel mundial en los que participaron diferentes actores, con distintos niveles de colaboración entre sí. Encontramos que estas prácticas suelen surgir como respuestas adaptativas ante condiciones sociales y ecológicas desfavorables. Sin embargo, existe una falta de evaluación integral de los impactos ecológicos y de los beneficios sociales de la translocación de invertebrados bentónicos marinos. Concluimos que es necesario incorporar este tipo de intervenciones en esquemas de co-manejo adaptativo basados en la resiliencia.

En el Capítulo II, desarrollamos un estudio de caso sobre la translocación de erizo rojo realizada por una cooperativa en Baja California. Aplicamos una metodología de métodos

mixtos, que combinó entrevistas, observación no participante, encuestas, muestreo biológico y monitoreos ecológicos subacuáticos. Los resultados muestran que la translocación funciona como una estrategia de manejo adaptativa que permite a los pescadores responder a los cambios ambientales y mantener la rentabilidad de la pesquería, sin generar alteraciones ecológicas significativas a corto plazo. Sin embargo, para mantener la contribución positiva de esta estrategia ante escenarios ecológicos cambiantes, es necesario intensificar el enfoque precautorio y evitar asumir que su efectividad será constante en el tiempo. Encontramos que este tipo de estrategia de manejo requiere un capital social, mecanismos internos de coordinación y cumplimiento y conocimiento ecológico local, la ausencia de estos elementos puede limitar gravemente la efectividad y generar resultados no deseados.

En el Capítulo III analizamos la capacidad adaptativa de los pescadores y de la cooperativa Ensenada a partir del marco de adaptación y resiliencia sintetizado por De Carvalho et al. (2023). Mediante encuestas aplicadas a nivel de pescador y de cooperativa, describimos los atributos de capacidad adaptativa, que se construyen a partir de una combinación de factores —como la diversificación económica, la movilidad laboral, el ahorro, el acceso a recursos y el aprendizaje colectivo—. La cooperativa demuestra atributos de resiliencia asociados a la gobernanza participativa, la cooperación y la innovación social.

En conjunto, los tres capítulos evidencian que el manejo adaptativo constituye una vía fundamental para fortalecer la resiliencia socioecológica de las pesquerías de pequeña escala en Baja California, México.

Palabras clave: pesquerías de pequeña escala; resiliencia socioecológica; manejo adaptativo; translocación; erizo rojo; gobernanza; cooperativas pesqueras.

ABSTRACT

Many small-scale fisheries operate in conditions of high environmental variability, increasing socio-economic pressures, and limited institutional capacities, which pose significant challenges to their sustainability. Faced with this scenario, various fishing groups have developed their own strategies to maintain their activity and adapt to ecological and market changes. The general objective of this study is to analyze how fishing practices—such as the translocation of marine benthic invertebrates—and collective organizational forms, such as fishing cooperatives, can strengthen social-ecological resilience, using the red sea urchin fishery in Baja California, Mexico, as a case study. We integrate analyses at the global, local, and organizational levels to understand how fishers and the cooperative respond to and adapt to environmental and social variability.

In Chapter I, we conducted a global systematic review on the translocation of marine benthic invertebrates as a fishery management tool. We identified 29 documented cases worldwide involving different actors and varying levels of collaboration among them. We found that these practices often emerge as adaptive responses to unfavorable social and ecological conditions. However, there is a lack of comprehensive assessment of the ecological impacts and social benefits of marine benthic invertebrate translocations. We conclude that such interventions should be incorporated into adaptive co-management frameworks grounded in resilience.

In Chapter II, we developed a case study on the translocation of red sea urchins carried out by a cooperative in Baja California. We applied a mixed-methods approach combining interviews, non-participant observation, surveys, biological sampling, and underwater ecological monitoring. The results show that translocation functions as an adaptive

management strategy, enabling fishers to respond to environmental changes and maintain the profitability of the fishery without causing significant short-term ecological alterations. However, to sustain the positive contribution of this strategy under changing ecological conditions, it is necessary to reinforce a precautionary approach and avoid assuming that its effectiveness will remain constant over time. We found that this type of management strategy depends on social capital, internal coordination and compliance mechanisms, and local ecological knowledge; the absence of these elements can severely limit its effectiveness and lead to unintended outcomes.

In Chapter III, we analyzed the adaptive capacity of individual fishers and the Ensenada cooperative using the adaptation and resilience framework synthesized by De Carvalho et al. (2023). Through surveys conducted at both the fisher and cooperative levels, we described how adaptive capacity is built through a combination of factors, including economic diversification, labor mobility, savings, access to resources, and collective learning. The cooperative demonstrates resilience attributes, including participatory governance, cooperation, and social innovation.

Taken together, the three chapters demonstrate that adaptive management constitutes a key pathway for strengthening the social-ecological resilience of small-scale fisheries in Baja California, Mexico.

Keywords: small-scale fisheries; social-ecological resilience; adaptive management; translocation; red sea urchin; governance; fishing cooperatives.

CONTENIDO

RESUMEN	III
ABSTRACT	V
AGRADECIMIENTOS	X
LISTA DE TABLAS	XI
LISTA DE FIGURAS	XI
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
Definición de pesquería de pequeña escala	1
La importancia de las pesquerías de pequeña escala	1
Las pesquerías de pequeña escala como sistemas adaptativos complejos.....	2
El manejo adaptativo para fortalecer resiliencia.....	3
Concepto de resiliencia.....	4
Contexto de este trabajo.....	5
CAPÍTULO I. GLOBAL INSIGHTS INTO THE TRANSLOCATION OF MARINE BENTHIC INVERTEBRATES AS A FISHERY MANAGEMENT TOOL	7
Abstract.....	7
Keywords	8
1. Introduction.....	8
2. Methods	10
3. Results.....	16
3.1 Summary of literature findings	16
3.1.1 Historic catch trends.....	22
3.2 Benefits and drivers of translocation.....	25
3.2.2 Improving commercial attributes as a driver.....	25
3.3 Ecological impacts of translocation	27
4. Discussion.....	27
4.1 Negative impacts of translocations	29
4.2 Climate change and fisheries.....	30
4.3 Translocations as a management tool.....	31
5. Future considerations	32
Acknowledgments	33
Conflict of Interest Statement.....	33
Data Availability Statement.....	34

References.....	34
CAPÍTULO II. MOTIVACIONES Y EFECTOS SOCIOECOLÓGICOS DE LA TRANSLOCACIÓN DE INVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN BAJA CALIFORNIA.	
.....	41
1. Introducción.....	41
2. Metodología.....	44
2.1 Zona de estudio.....	44
2.2 Obtención y análisis de datos.....	45
3. Resultados.....	54
3.1 Motivantes para la translocación.....	56
3.2 La translocación como medida de manejo pesquero.....	66
3.3 Cambios percibidos por los pescadores e impactos en los ecosistemas receptores de erizos.	73
3.4 Estructura ecológica del ecosistema receptor antes y después de la translocación.	76
4. Discusión.....	78
4.1 La dimensión humana en el manejo de pesquerías.....	80
4.2 Sistema de incentivos y sanciones para el cumplimiento de los sistemas internos de gestión.....	81
4.3 Retroalimentación dinámica entre las motivaciones y los procesos ecológicos.....	82
4.4 Límites e incertidumbres ecológicas de la translocación.....	83
4.5 Translocación como estrategia de manejo adaptativa y promotora de resiliencia socioecológica.....	85
4.6 Escalabilidad de la estrategia de manejo.....	85
5. CONCLUSIONES.....	87
Referencias.....	88
CAPÍTULO III. EXPLORANDO LA RESILIENCIA DE LOS PESCADORES A PEQUEÑA ESCALA A TRAVÉS DE LA CAPACIDAD ADAPTATIVA.	
Introducción.....	94
Métodos.....	96
Resultados.....	98
1. Características a nivel cooperativa.....	99
2. Características a nivel pescador.....	108
Discusión.....	119
Organización social.....	121

Diversificación y flexibilidad.....	122
Acceso a activos	124
Aprendizaje y conocimiento.....	124
Agencia.....	125
Conclusión	126
Referencias.....	127
CONCLUSIONES GENERALES	131
MATERIAL SUPLEMENTARIO	132
Material Suplementario 1. Diseño de entrevistas semiestructuradas a pescadores de la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Ensenada, S.C.L.	132
Material Suplementario 2. Encuesta a buzos pescadores de la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Ensenada, S.C.L.	143
Material Suplementario 3. Declaración de principios éticos y de consentimiento para entrevistas semiestructurada y encuesta.....	145
Material Suplementario 4. Índice gonadosomático de muestras de erizo rojo de tamaño comercial (>80 mm de prueba) procedentes de las distintas zonas fuente y objetivo. ...	147
Material Suplementario 5. Muestreo de erizos de zonas fuentes y zonas objetivo julio y agosto de 2023.	148
Material Suplementario 6. Rendimiento gonadal porcentual por meses para las temporadas de pesca 2022-2023, 2023-2024 y 2024-2025	149
Material Suplementario 7. Biplot de escalado multidimensional no métrico (nMDS) de la matriz de semejanza de Bray-Curtis por tiempo (antes y después) para el total de especies (algas, invertebrados y peces).....	152

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por otorgarme la beca para realizar mis estudios de doctorado (número de becario 775707).

A las y los ciudadanos que, con sus contribuciones, hacen posible el financiamiento público para estudiantes de posgrado en México.

A la Universidad Autónoma de Baja California y al Instituto de Investigaciones Oceanológicas, por ser el espacio académico que hizo posible este trabajo.

Al *Marine Stewardship Council*, por el apoyo financiero brindado para la realización de esta investigación.

A las y los investigadores que colaboraron y aportaron ideas valiosas dentro y fuera de la universidad.

A la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Ensenada, por su contribución, disposición y confianza, con lo que fue posible esta investigación.

A mis familiares y amigos, por su apoyo constante y su acompañamiento emocional a lo largo de este proceso.

A mi compañero de vida, por su cariño, paciencia para conmigo y por su contribuciones intelectuales a este trabajo.

LISTA DE TABLAS

Table 1. The inclusion criteria of the literature review follow the Collaboration for Environmental Evidence (2022) method based on the driving research question.

Table 2. Translocation cases of commercially important benthic invertebrates indicating main drivers of translocation, fisheries problems, classification category, benefits or potential benefits of translocation to fisheries, translocation impacts on species or ecosystems, assigned species group, country, and references.

Tabla I. Tabla de categorías y códigos producto del análisis de contenido de las entrevistas a dos pescadores de la cooperativa pesquera.

Tabla II. Resultados del análisis multivariante de la varianza permutacional (PERMANOVA) que prueba las diferencias en la composición de especies en función del factor Tiempo (Antes-Después), basado en las matrices de distancia de Bray-Curtis.

LISTA DE FIGURAS

Figure 1. The literature review screening process indicates the number of papers found, excluded, and selected for final revision (based on Collaboration for Environmental Evidence, 2022).

Figure 2. Schematic representation of categorization of cases based on the stakeholders involved and the main drivers for translocating commercially important benthic invertebrates.

Figure 3. Translocation records of commercially important benthic invertebrates found globally. Icons represent translocated species groups; not all species recorded were represented by icons. Colors represent the number of translocated species recorded in each country.

Figure 4. Counts of cases reporting benefits to fisheries and impacts to species or ecosystems. A) Coordinated and uncoordinated translocation benefits. B) Coordinated and uncoordinated translocation impacts. C) Academic translocation benefits. D) Academic translocation impacts.

Figure S1. Historic trends (1950-2018) of annual catches for multiple benthic species found to be translocated globally in specific FAO areas, used for direct human consumption and other uses as indicated by reported and reconstructed data (as reported and available in Pauly D. et al. 2020).

Figura 1. Tendencias en el volumen de captura anual de erizo para las cinco unidades económicas con mayor captura acumulada durante el periodo 2000–2004.

Figura 2. Tendencias anuales de captura (kg) de las cinco especies con mayor volumen de captura para la cooperativa Ensenada durante el periodo 2000–2024.

Figura 3. Percepción de los pescadores sobre la calidad y cantidad de gónadas de erizo antes y después de la translocación (n=14).

Figura 4. Índice Gonadosomático (GSI) de muestras de erizo rojo de tamaño comercial (>80 mm de diámetro de prueba) recogidas en las zonas fuente (*erizos flacos*) y las zonas objetivo (*erizos translocados*) durante julio-agosto de 2023.

Figura 5. Rendimiento gonadal porcentual de las temporadas de pesca 2022-2023, 2023-2024 y 2024-2025.

Figura 6. Percepción de los pescadores sobre la abundancia de las algas más prevalentes en la región, *Macrocystis pyrifera* y *Eisenia arborea*, junto con las algas del sotobosque antes y después de la translocación en la zona objetivo (n=15)

Figure 7. Comparación de la estructura de la comunidad de tres grupos taxonómicos (algas, peces e invertebrados) antes y después de la translocación, mediante un análisis de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) de la matriz de semejanza de Bray–Curtis.

Figure 8. Densidad media ($\pm 95\%$ intervalos de confianza) de especies asociadas con erizos rojos, identificadas por Vilalta-Navas et al. (2018), antes y después de la translocación de erizos rojos en los sitios de intervención (sitios objetivo) en la Bahía de El Rosario, Baja California, México.

Figura 9. Antigüedad de los pescadores que trabajan en la cooperativa según condición de socio.

Figura 10. Ingreso por pesca reportado por el pescador (por sí solo o con ayuda del encuestador).

Figura 11. Composición porcentual del ingreso por especie por pescador encuestado según el estatus del pescador en la cooperativa de socios (n = 7) y no socios (n = 14).

Figura 12. Ingreso por pesca declarado según condición de socio por mes y por número de especies pescadas. Ingresos por pescadores socios (n = 7) y no socios (n = 13).

Figura 13. Vínculos entre tipos de ingreso y razones de elección reportadas por los pescadores.

Figura 14. Diversificación económica de pescadores no socios (n = 18) y socios (n = 7).

Figura 15. Importancia de la pesca en el ingreso total. La gráfica compara el ingreso total de los pescadores, que incluye la pesca y otras actividades económicas, con el ingreso proveniente exclusivamente de la pesca.

Figura 16. Diagrama de Sankey que muestra los flujos de 25 pescadores (18 no socios y 7 socios) hacia los distintos tipos de capacitación recibida en los últimos cinco años.

Figura 17. Percepción de los socios con más de 10 años en la cooperativa (n=11) sobre la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) de las especies que capturan.

INTRODUCCIÓN GENERAL

Definición de pesquería de pequeña escala

La pesquería de erizo rojo (*Mesocentrotus franciscanus*) en Baja California se considera una pesquería de pequeña escala (SSF por sus siglas en inglés; Aceves-Bueno et al., 2023), tanto por las características de su operación como por la estructura social que la sostiene. No existe un consenso en la literatura sobre cómo definir las pesquerías de pequeña escala, con frecuencia, se las describe a partir del tipo de arte de pesca y de las características de las embarcaciones (Smith & Basurto, 2019). Sin embargo, estas definiciones centradas únicamente en aspectos técnicos no reflejan toda su complejidad (Pauly & Charles, 2015; Smith & Basurto, 2019). Algunos autores proponen incluir también dimensiones sociales, económicas y de gobernanza, reconociendo que lo “pequeño” en una pesquería depende del contexto (FAO, 2015; Smith & Basurto, 2019). En este sentido, varios estudios han mostrado que la pesquería de erizo rojo en Baja California es social y económicamente compleja, y que involucra redes de colaboración, innovación y manejo adaptativo (Álvarez et al., 2018; Cabrera-Sánchez, 2025; Delgado-Ramírez, 2019; Delgado-Ramírez et al., 2022).

La importancia de las pesquerías de pequeña escala

Las pesquerías de pequeña escala contribuyen con cerca del 40 % de las capturas globales y sostienen medios de vida, nutrición y seguridad alimentaria a nivel mundial, sin embargo, siguen siendo un sector poco reconocido y escasamente documentado (Basurto et al., 2025; Fulton et al., 2019; Purcell & Pomeroy, 2015). Aunque en años recientes se han realizado esfuerzos por mejorar su documentación, la información sobre las pesquerías de pequeña escala en México sigue siendo limitada y fragmentaria, especialmente en lo relativo a su

operación y dinámica socioeconómica, lo que dificulta su manejo y la toma de decisiones basadas en evidencia (Fulton et al., 2019; Mendoza-Portillo et al., 2020; Salas et al., 2007). En este contexto, el estudio de sistemas socioecológicos a nivel local, como la pesquería de erizo rojo en Baja California, resulta fundamental para comprender las interacciones sociales y ecológicas que las sostienen y para diseñar estrategias de manejo adaptativo que promuevan su resiliencia (Micheli et al., 2024; Vilalta-Navas et al., 2023).

Las pesquerías de pequeña escala como sistemas adaptativos complejos.

Los sistemas socioecológicos, como la pesquería de pequeña escala, constituyen una forma específica de sistemas adaptativos complejos en los que los componentes sociales están estrechamente interconectados con los componentes ecológicos (Berkes et al., 2003; Cavieses-Núñez et al., 2021; Folke et al., 2005, 2016; Mahon et al., 2008). En un sistema adaptativo complejo, múltiples componentes interactúan entre sí y con su entorno, adaptándose continuamente mediante procesos de aprendizaje, memoria y evolución, de esas interacciones surgen patrones colectivos y comportamientos que no pueden predecirse a partir de las propiedades individuales (Carmichael & Hadžikadić, 2019; Holland, 2006). En este marco, las pesquerías de pequeña escala pueden verse como sistemas que responden y se reorganizan constantemente ante cambios ecológicos, económicos y de mercado. Las interacciones entre los componentes sociales (pescadores, organizaciones, instituciones, mercados) y los ecológicos (especies, hábitats, condiciones ambientales) generan dinámicas no lineales y resultados emergentes difíciles de anticipar (Mahon et al., 2008). Por tanto, para comprender los problemas complejos de manera más holística, se requieren enfoques que integren múltiples formas de conocimiento, utilizando herramientas cualitativas y cuantitativas (Murphy et al., 2021).

El manejo adaptativo para fortalecer resiliencia

Existen casos demostrados en el noroeste de México en los que las pesquerías de pequeña escala han gestionado sus recursos de manera efectiva mediante formas locales de gobernanza, aunque el éxito depende del contexto y de factores institucionales y sociales (Cota-Nieto et al., 2018a; McCay et al., 2014). Las grandes cooperativas pesqueras han desarrollado mecanismos de autogobernanza que influyen en las estrategias de pesca, reducen la vulnerabilidad de los pescadores y favorecen respuestas colectivas ante la variabilidad ambiental (Frawley et al., 2024). Las cooperativas en México funcionan como empresas de propiedad compartida, donde los pescadores establecen acuerdos formales para definir funciones y responsabilidades, y operan de forma democrática y colectiva (Basurto et al., 2013; Frawley et al., 2024). Sin embargo, la efectividad local no siempre garantiza la sostenibilidad a largo plazo. Cudney-Bueno y Basurto (2009) mostraron que la ausencia de vínculos entre escalas locales, regionales y nacionales puede debilitar los sistemas de manejo comunitario, volviéndolos vulnerables ante presiones externas o cambios en las políticas. Así, la gobernanza en las pesquerías de pequeña escala no se limita al marco institucional o legal, sino que abarca el conjunto de principios, normas, valores e instituciones mediante los cuales los actores locales deciden cómo usar, acceder y controlar los recursos, integrando dimensiones formales e informales (Chuenpagdee & Jentoft, 2018). En este sentido, el co-manejo se representa como una forma de gobernanza compartida entre los usuarios locales y el gobierno como un proceso continuo de resolución de problemas, que implica una amplia deliberación, negociación y aprendizaje conjunto dentro de redes (Carlsson & Berkes, 2005). Desde la perspectiva de Ostrom y Schlager (1996), el manejo implica el derecho a regular los patrones de uso y transformar el recurso mediante mejoras, una función que puede ejercerse de manera individual o colectiva. Esta visión refuerza la idea de que la cooperación

y la autoorganización son esenciales para sostener sistemas de gobernanza efectivos. Galappaththi et al. (2022) plantean que para que las pesquerías de pequeña escala sean sostenibles frente a cambios ecológicos, climáticos y sociales, es necesario adoptar un enfoque de co-manejo adaptativo basado en la resiliencia, que promueva el aprendizaje institucional y la flexibilidad ante la incertidumbre.

Concepto de resiliencia

El concepto de resiliencia fue introducido por Holling (1973) en el campo de la ecología para describir la capacidad de los ecosistemas para absorber perturbaciones y reorganizarse, manteniendo sus funciones y estructuras esenciales. Posteriormente, el concepto se amplió a los sistemas socioecológicos, destacando la interdependencia entre las dimensiones sociales y ecológicas, así como el papel del conocimiento, las instituciones y la autoorganización en la capacidad de los grupos humanos para adaptarse (Berkes et al., 2003). Folke (2006) consolidó este enfoque al vincular la resiliencia con la teoría de los sistemas adaptativos complejos, señalando que los sistemas socioecológicos no solo pueden persistir frente a las perturbaciones, sino que la resiliencia les proporciona capacidad de adaptación (Gunderson y Holling, 2002). Folke et al. (2010) y Walker et al. (2004) integraron explícitamente los conceptos de adaptabilidad —la capacidad de los actores para sostener o innovar dentro de las trayectorias existentes— y transformabilidad —la capacidad de crear nuevos modos de organización cuando las condiciones actuales se vuelven insostenibles— como componentes centrales de la resiliencia. En su formulación más reciente, la resiliencia socioecológica se entiende como la capacidad de los sistemas humanos y naturales de persistir, adaptarse y transformarse frente a cambios esperados o inesperados, manteniendo el bienestar humano y la base ecológica que lo sustenta (Folke et al., 2016; Folke, Polasky, et al., 2021). Así, la

resiliencia socioecológica consiste en comprender y cultivar las capacidades de los agentes, actores y grupos sociales para vivir y desarrollarse con el cambio —tanto esperado como sorprendente—, reconociendo la existencia de múltiples trayectorias de desarrollo y posibles umbrales entre ellas (Folke et al., 2021). La capacidad adaptativa constituye un pilar de la resiliencia socioecológica, pues no solo fortalece la adaptación y la persistencia del sistema pesquero, sino que también sienta las bases para eventuales procesos de transformación cuando los umbrales de cambio así lo demanden (Cinner & Barnes, 2019; Folke et al., 2016, 2021).

Contexto de este trabajo

El objetivo general de este estudio es analizar cómo las prácticas pesqueras —como la translocación de invertebrados bentónicos marinos— y las formas de organización colectiva, como las cooperativas pesqueras, pueden fortalecer la resiliencia socioecológica, tomando como caso de estudio la pesquería de erizo rojo (*Mesocentrotus franciscanus*) en Baja California. En este contexto, la resiliencia se entiende como la capacidad del sistema socioecológico —integrado por los pescadores y la cooperativa— para mantener su funcionalidad ecológica y socioeconómica frente a la variabilidad ambiental y los cambios del mercado, mediante procesos de aprendizaje, cooperación y manejo adaptativo, como la translocación de erizos.

El Capítulo I ofrece una perspectiva global sobre las translocaciones de invertebrados bentónicos marinos y muestra que, en determinados contextos, estas pueden funcionar como una herramienta de gestión pesquera basada en la resiliencia. Sin embargo, también revela la falta de evaluaciones sistemáticas sobre sus impactos ecológicos y sociales, lo que genera incertidumbre sobre su efectividad y sostenibilidad.

El Capítulo II aborda un estudio local que analiza la translocación de erizo rojo —un invertebrado bentónico de alto valor comercial— realizada por una cooperativa pesquera de Baja California. Los resultados muestran que esta práctica constituye una estrategia de manejo adaptativo emergente, que permite a la cooperativa ajustar sus acciones frente a cambios ambientales y productivos sin depender de apoyos externos, fortaleciendo así su capacidad de respuesta colectiva.

Finalmente, el Capítulo III examina los atributos que configuran la capacidad adaptativa, tanto a nivel individual como organizativo, dentro de la cooperativa. Se evidencia que esta capacidad emerge de la interacción entre diversos factores —como la diversificación económica, la movilidad laboral, el ahorro, el aprendizaje colectivo y la gobernanza participativa— que, en conjunto, sustentan la resiliencia socioecológica de la pesquería de erizo rojo.

CAPÍTULO I. GLOBAL INSIGHTS INTO THE TRANSLOCATION OF MARINE BENTHIC INVERTEBRATES AS A FISHERY MANAGEMENT TOOL¹

Abstract

In the face of declining stocks and increasing demand for seafood, fisheries stakeholders worldwide have sought strategies to recover and improve the productivity and quality of their targeted resources. Marine benthic invertebrate populations are particularly vulnerable to overexploitation due to reduced movement capabilities, gregarious reproductive behavior, and high commercial value. However, they are also suitable for enhancement and recovery. Our study aims to describe the benefits of translocating marine benthic invertebrates for fisheries and the ecological impacts on marine ecosystems. We conducted a literature review on the translocation of fishery-focused marine benthic invertebrates. We identified 29 documented global cases of translocation of fishery-focused marine benthic invertebrates with different actors involved and the level of collaboration among them. We identified three main drivers behind the translocation cases: restocking, improving commercial attributes, and minimizing ecological impact. Although three cases have successfully recovered fishable stocks, improved growth rates, or increased economic yield, six of the cases implemented by the fishing and governmental sectors have not quantified the benefits for fisheries, despite being the main objective of translocation. Even less attention has been given to its ecological consequences, as most studies do not evaluate potential impacts on ecosystems. Only two cases have assessed specific risks, such as the homogenization of genetic diversity. While translocations can increase resilience to climate change and overfishing, their potential ecological risks warrant careful implementation. Furthermore, any translocation initiative

7

¹ A version of this chapter appears as, Tavera-Ortiz, T., Zepeda-Domínguez J.A. & Malpica-Cruz, L. (2025). Global insights into the translocation of marine benthic invertebrates as a fishery management tool. *Ocean and Coastal Management*, 267, 107733. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2025.107733>

should adopt a resilience-based co-management approach, using the best available information for fisheries management.

Keywords

Fisheries improvement, restocking, climate change adaptation, ecosystem impacts, assisted migration, resilience.

1. Introduction

Overfishing, under-reporting catches, and misattributing declines to environmental factors threaten fisheries' sustainability (Pauly & Zeller, 2016). Climate change intensifies these challenges by altering marine ecosystems, shifting species distribution patterns and abundance (Sumaila et al., 2011). In response to declining stocks and increasing demand for seafood (Anderson et al., 2011; FAO, 2020), the world's fisheries stakeholders have sought strategies to improve productivity and resource quality. These strategies include implementing technologies to increase catches, reduce costs, expand fishing areas, and create new fisheries (Lü et al., 2008).

Benthic marine invertebrate populations are particularly vulnerable to overexploitation due to their limited movement capabilities, gregarious reproductive behavior, high commercial value, and the fact that harvests can be relatively easy (Anderson et al., 2010; Balisco et al., 2022; Purcell et al., 2014). However, these characteristics may facilitate their recovery and effective stock enhancement (Bell et al., 2005). Caddy and Defeo (2003) identify two main approaches to the recovery of marine invertebrate resources: passive processes and active processes. Passive processes include conventional management methods, such as controlling overfishing and effort and no-take zones (Hilborn et al., 2005; Purcell & Kirby, 2006). On

the other hand, active processes involve habitat enhancement, the release of hatchery-reared organisms, and the translocation of organisms to different areas (Bell et al., 2005, 2008).

Translocation involves capturing, moving, and freely releasing living wild organisms from one site to another (IUCN, 1987; Swan et al., 2016). The marine translocation approach discussed in this paper does not require additional infrastructure for the growth or enhancement of the organisms (Australian Government. Department of Agriculture, Water and the Environment, 2020). Also, we are focusing on the translocation of species within their natural distribution range and not on the multiple documented efforts of the introduction of species into new areas, sometimes even between different ocean basins, to create new fisheries (e.g., Addison & Bannister, 1994; Jørgensen et al., 2005; Purcell & Ceccarelli, 2021).

Translocation has been widely used to conserve marine benthic invertebrate species (Griffith et al., 1989; Hasan & Johnson, 2019; Hernández Cordero et al., 2012; Swan et al., 2016). Also, the translocation of marine benthic invertebrates is a management tool used in modern and indigenous societies (Berkes et al., 2000; Green, Gardner, et al., 2013; Ross et al., 2018). Historical examples of translocation practices include Māori communities in New Zealand translocating *Paphies ventricosa* and *Haliotis iris* (Bennett-Jones et al., 2021; Ross et al., 2018), indigenous groups in Canada constructing clam gardens (Groesbeck et al., 2014), and fishers in Vanuatu managing *Tridacnidae* clams (Hickey, 2006; Bell et al., 2005). However, translocation can also pose ecological risks, including but not limited to the unintended spread of diseases, disruption of population genetics, and potential alterations to habitat structure (Furlan et al., 2020; Beckmann et al., 2022).

Despite its long history as a marine resource management tool, there is limited understanding of how extensively the translocation of marine benthic invertebrates has been documented globally. Furthermore, the globally documented benefits and ecological risks associated with translocating marine benthic invertebrates remain poorly understood. This study aims to identify and categorize cases of translocation of fishery-focused marine benthic invertebrates. It also aims to understand the main drivers of fishery stakeholders to translocate marine benthic invertebrates. Lastly, it aims to describe the fishery benefits of marine benthic invertebrate translocations and the ecological impacts on marine ecosystems.

2. Methods

We extensively searched for literature on the translocation of fishery-focused marine benthic invertebrates, driven by the questions: 1) What are the documented global cases of translocation of fishery-focused marine benthic invertebrates? 2) What are the main drivers behind these translocations? and 3) What are the potential impacts of translocating marine benthic invertebrates for fisheries and ecosystems? We followed the Environmental Evidence Collaborative's resources as a guide to ensure the repeatability and comparability of our methods (Collaboration for Environmental Evidence, 2022).

We first conducted a pilot literature search based on our initial knowledge of the topic and supplemented it with terms from Swan et al., 2016. We examined the 266 articles from the pilot search using the SCOPUS database on April 29, 2022. We refined the search string by including or excluding specific terms. The resulting search string included keywords related to the purpose (e.g., restocking, stock enhancement, improvement), intervention or action (e.g., translocation, movement, relocation), target ecosystem (e.g., marine, sea), and context (e.g., fisheries, commercial; Table 1). The search string was adapted to each database used

as they differ in their functionalities (e.g., the * afterward does not work in the Web of Science database). Secondly, we searched the documents in the SCOPUS and Web of Science databases, reviewing results based on titles and abstracts (Figure 1). We established explicit inclusion and exclusion criteria based on our driving questions to ensure objectivity. A document had to meet the four inclusion criteria: target species, target ecosystem, Intervention, and Purpose (Table 1). While the review focused on English, we did not exclude documents in other languages. Documents in other languages—different from Spanish—were translated using the *DeepL translator* (<https://www.deepl.com/es/translator>). We then retrieved the full text of potentially relevant documents and used the Zotero reference manager for an in-depth review (Figure 1). We extracted relevant data -author(s), publication year, title, translocation period, location, study classification, species, approach, purpose, main results, and additional observations- from all eligible publications in an Excel spreadsheet. Using this table, we selected documents that met the inclusion criteria (Table 1, Figure 1). Lastly, we also searched the references cited in the documents to include other translocation efforts that may not have been included in our original database search. To do this, we applied the same inclusion and exclusion criteria (Table 1, Figure 1). We extracted the same data for each reference and compiled it in the Excel spreadsheet (Figure 1). The relevant documents reviewed were journal articles, reports, books, and book chapters.

Table 1. The inclusion criteria of the literature review follow the Collaboration for Environmental Evidence (2022) method based on the driving research question.

	Inclusion Criteria
Target species	The document mentions at least one species of marine benthic invertebrate at any life stage (seed, juvenile, or adult), either as the only species or with others.
Target ecosystem	The document focuses on marine or coastal ecosystems.
Intervention/action	The document studies or mentions any aspect of translocations that involve the capture, movement, and free release of living wild organisms, either exclusively or in conjunction with other topics. The document may use the word translocation or synonyms.
Context	The organism's translocation must focus on the fishery, whether commercial or subsistence.
<p>Search string (TITLE-ABS-KEY (improve*OR "sea ranching" OR restock* OR stocking OR stocked OR seeding OR reseed* OR reintroduc* OR re-introduc* OR augment* OR reinforce* OR re-inforce* OR reenforce* OR re-enforce* OR "ecological replacement" OR "stock enhancement" OR enhancement) AND TITLE-ABS-KEY (fisher* OR fishing OR market OR commer*) AND TITLE-ABS-KEY (marine OR ocean OR sea OR gulf OR tidal OR intertidal OR coast OR reef OR benthic) AND TITLE-ABS-KEY (translocat* OR transplant* OR relocat* OR movement OR "assisted migration" OR "artificial propagation" OR "assisted colonization" OR "assisted colonisation"))</p>	

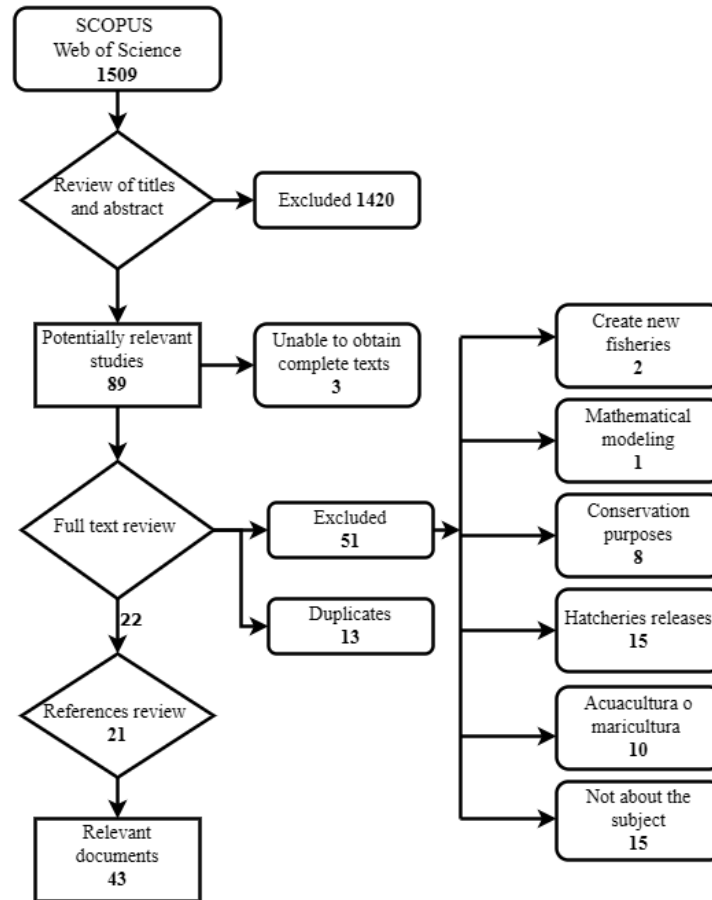


Figure 1. The literature review screening process indicates the number of papers found, excluded, and selected for final revision (based on Collaboration for Environmental Evidence, 2022).

We found the following terms used throughout the literature to refer to moving wild benthic marine invertebrates from one site to another: translocation, transplanting, introduction, wild-translocation, wild seed transplanting, assisted migration, stock translocation, stock enhancement via translocations, translocation to stock enhancement, sea ranching via translocation, and stock rebuilding.

We consider a "case" to be the event or events of translocation of a marine benthic invertebrate species in a country or country region; a case may be studied or mentioned in

one or more documents. We referred to each case, considering the country or country region and the taxonomic group of the species, for example, "the Australian Lobster." We classified the cases into three categories according to the stakeholders involved in the translocation. 1) coordinated translocation: the translocation event(s) had a fishery management goal and were supported by government agencies with the participation of fishing actors and, in some cases, with the academic sector. 2) uncoordinated translocation: the translocation event(s) had a fishery management goal; they were carried out independently by specific groups (e.g., fishers, managers, government agencies, etc.) but with a general lack of collaboration with other stakeholders. 3) academic translocation: experimental translocations carried out by the academic sector focused on the evaluation of the effects of translocation on the populations as management alternatives were explored, in some cases with the support of fishing actors (Figure 2). Cases that could not be classified, given the lack of information in the original reports, were labelled as not determined (N/D).

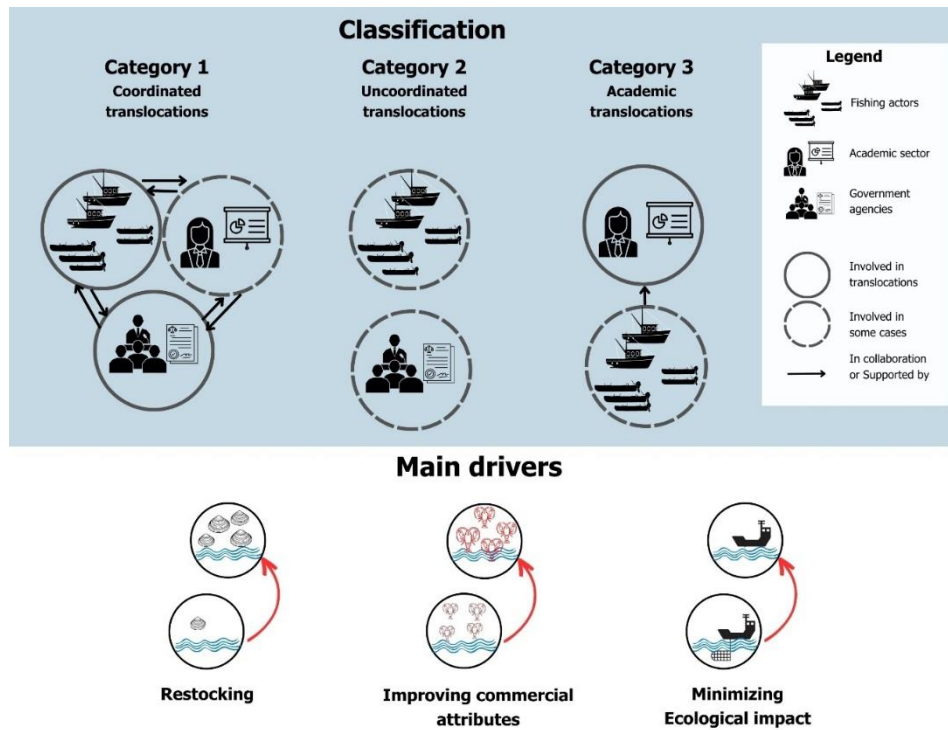


Figure 2. Schematic representation of categorization of cases based on the stakeholders involved and the main drivers for translocating commercially important benthic invertebrates

We also identified the main drivers behind translocations. The drivers are why fishing groups, government agencies, and academic groups decide to implement translocation actions for marine benthic invertebrate species. In addition, we identified when coordinated or uncoordinated translocation cases produced benefits to the fishery in the form of stock recovery, improvements of commercial attributes of the target species, or perceived benefits by fisher groups. However, some of these cases did not report or document any benefits. Academic translocations, on the other hand, documented benefits more thoroughly, indicating evidence of survival, improvements in commercial attributes, or implied benefits but not directly assessed. Likewise, academic translocations indicated the absence of benefits when experiments showed negative results. Lastly, we identified any reported impact on species or the ecosystem in all translocation cases assessed.

To complement our literature review, and after identifying the translocated species and their country or regions of translocation, we accessed the open-access database Sea Around Us (Pauly et al., 2020, <https://www.seaaroundus.org/>, accessed November 2024). We used these data to generate an overview of regional fishery yields for each of the translocated species for which data were available. Given data availability and uncertainty on yield production from specific stocks associated with the translocation efforts we found in our literature search, we used the data arranged by the FAO fishing area and reported regionally based on national catch statistics. -Therefore, given the uncertainty of this approach, we used this data only to infer broad trends at the regional level (i.e., a species might be captured and reported by more than one country within a region). These trends should not be interpreted as representative of local translocated fisheries, as specific catch data for these are unavailable and beyond the scope of this review. Data mining and plotting were done using packages within the Tidyverse groups of packages (Wickham et al., 2019) in the R programming environment (R Core Team, 2024).

3. Results

3.1 Summary of literature findings

We identified 28 marine benthic invertebrate species translocated for fishing purposes in 12 countries (Figure 3). The United States has documented the most translocated species (eight species, Figure 3). We found the following groups of translocated species with fishery purposes: abalone (five species), rock snail (one species), mussel (one species), clam (six species), lobster (one species), oyster (one species), scallop (two species), sea cucumber (one specie), sea urchin (nine species), and topshell (one specie; Figure 3).

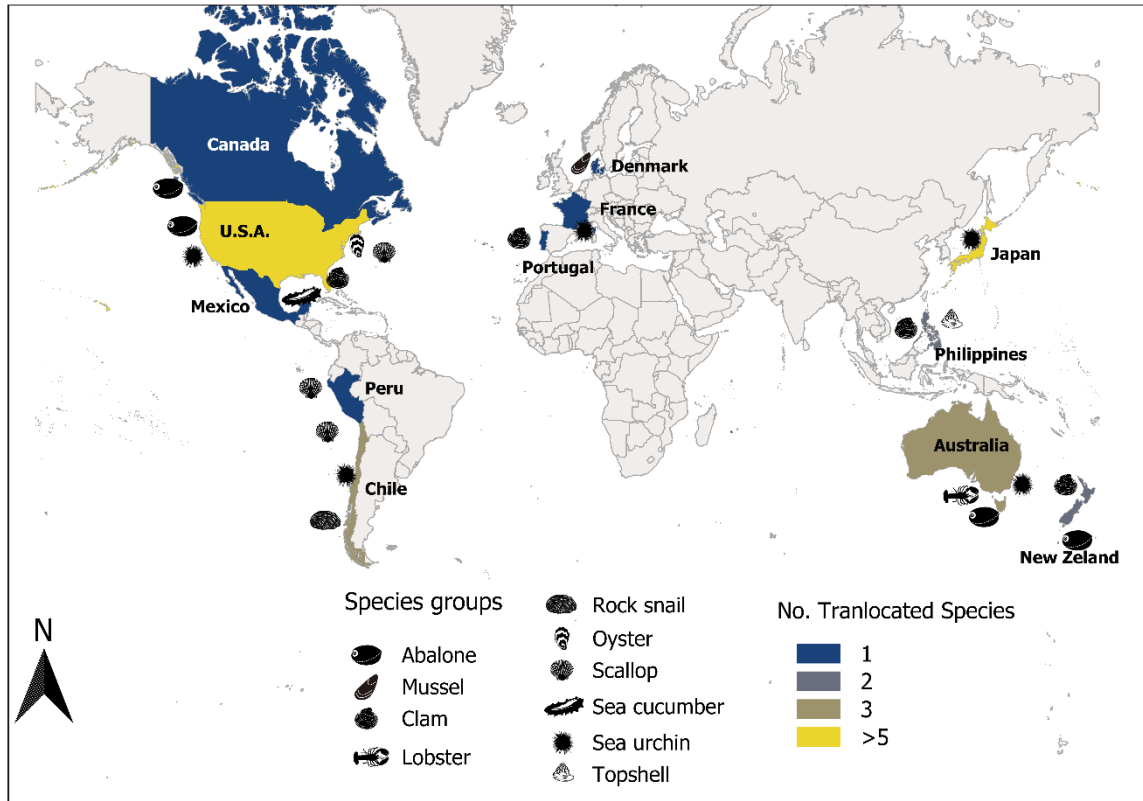


Figure 3. Translocation records of commercially important benthic invertebrates found globally. Icons represent translocated species groups; not all species recorded were represented by icons. Colors represent the number of translocated species recorded in each country.

We identified 29 documented global cases of the translocation of fishery-focused marine benthic invertebrates. We categorized 14 cases as academic translocations, seven as uncoordinated translocations, two as coordinated translocations, and five as not determined (N/D; Table 2, Figure 2). Table 2. Translocation cases of commercially important benthic invertebrates indicating main drivers of translocation, fisheries problems, classification category, benefits or potential benefits of translocation to fisheries, translocation impacts on species or ecosystems, assigned species group, country, and references.

Main drivers	Fisheries problems	Classification category	Benefits or potential benefits of translocation for fisheries	Translocation impacts on ecosystems or species	Species Group	Country	References
Restocking	Closed fishery	1	Recovery of the fishable stock	Not reported	Clam	Philippines	Madrones-Ladja et al. (2012)
	Overfishing	2	Fishers' perceptions point to increased recruitment.	Not reported	Sea urchin	Chile	Cárcamo et al. (2021)
	Not reported	2	Not reported	Not reported	Rock snail	Chile	Cárcamo et al. (2021)
	Overfishing	2	Not reported	Genetic homogeneity but high levels of genetic diversity	Scallop	Chile	Acosta-Jofré et al. (2020)
	Overfishing	2	Not reported	Genetic homogeneity but high levels of genetic diversity	Scallop	Peru	Mendo et al. (2008); Velez-Zuazo et al. (2021)
	Overfishing	2	Not reported	Not reported	Oyster	USA	Kennedy et al. (2011)
	Collapse of the population	2	Not reported	Not reported	Pacific razor clam	USA	Westley et al. (1990)
	Decrease in commercial production	2	Not reported	Not reported	Softshell clam	USA	Beal et al. (2016)
	Closed fishery	3	It can be a useful tool for fishery management and the recovery of overfished stocks.	Not reported	Sea cucumber	Mexico	Gamboa-Álvarez et al., (2021)
	Closed fishery	3	Without possible benefits	Not reported	Abalone	New Zealand	Bennett-Jones et al. (2021)

	Collapse of the population	3	It can be an effective measure to recover the population	Not reported	Clam	Portugal	Joaquim et al. (2008)
	Overfishing	3	It can be an effective method to improve depleted populations with proper site selection.	Not reported	Topshell	Philippines	Dolorosa et al. (2013)
	Collapse of the population	3	It can be a restoration option	Not reported	Scallop	USA	Peterson et al. (1996)
	Overfishing	3	It can be an effective way to improve local recruitment.	Not reported	Green abalone	USA	Tegner, (1989, 2000)
	Closed fishery	3	Without possible benefits	Not reported	Pink abalone	USA	Coates et al. (2013)
	Fluctuations in landings	3	Without possible benefits	Not reported	Hard clam	USA	Arnold, (2001); Arnold et al., (2002)
Improving the organisms , characteristics	Population with non-marketable characteristics	1	Improved the color and size of the lobsters and improved economic yield	No impacts on the resident population	Lobster	Australia	(Chandrapavan et al., 2010; Chandrapavan, Gardner, et al., 2009; Chandrapavan, Gardner, & Green, 2011; Chandrapavan, Gardner, Green, et al., 2011; Chandrapavan, Guest, et al., 2009; Gardner et al., 2003, 2006, 2015; Gardner & Van Putten, 2008a, 2008b; Green et al., 2010; Green, Gardner, et al., 2013; Green, Pederson, et al., 2013; Green & Gardner, 2009; Morgan et al., 2013)

Population with non-marketable characteristics	3	It can be a potential solution for the unmarketable condition of barren urchin gonads.	Not reported	Sea urchin	Australia	Blount et al. (2017)
Reduced growth	3	Offers the possibility of improving the growth rate of organisms	Not reported	Abalone	Australia	Dixon & Day (2004)
Reduced growth in exposed areas and overfishing	3	Offers the possibility of improving the growth rate of organisms	Not reported	Abalone	Canada	Emmett & Jamieson (1988)
Population with non-marketable due to environmental pollution	3	It can be economically profitable due to its high market value and low cost.	Not reported	Sea urchin	France	Martin, (2003)
Population with non-marketable characteristics	3	It can be a potential tool for the industry due to its high survival and low cost.	Not reported	Sea urchin	USA	Schroeter and Steele (1998). In: McBride,(2005)
Overfishing. Population with non-marketable characteristics	N/D	Improvements in gonad yields	Not reported	Sea urchin	Japan	Nakamura and Yoshinaga, 1962. In: Agatsuma (2013, 2020).
Overfishing. Population with non-marketable characteristics	N/D	Improvements in gonad yields	Not reported	Sea urchin	Japan	Kawana, 1938. In: Agatsuma (2013, 2020)

	Overfishing. Population with non-marketable characteristics	N/D	Improvements in gonad yields	Not reported	Sea urchin	Japan	Kawamura, 1965, 1966. In: Agatsuma, 2013,2020
	Overfishing. Population with non-marketable characteristics	N/D	Improvements in gonad yields	Not reported	Sea urchin	Japan	Nakamura and Yoshinaga, 1962. In: Agatsuma, 2013,2020
	Overfishing. Population with non-marketable characteristics	N/D	Improvements in gonad yields	Not reported	Sea urchin	Japan	Kawamura, 1965, 1966. In: Agatsuma, 2013,2020
Minimizing impact on the ecosystem	Significant ecosystem impacts due to fishing practices	3	It can increase productivity and optimize growth.	It may reduce the impacts of dredge fishing in natural areas but may change the composition of benthos in target areas.	Mussel	Denmark	Dolmer et al. (2012); Dolmer & Frandsen (2002)

We identified three main drivers behind the translocation cases: restocking, improving commercial attributes, and minimizing the impact on the ecosystem. (Table 2, Figure 2).

Only three cases of coordinated and uncoordinated translocation reported benefits for fisheries, while the remaining six do not report any benefits (Figure 4). In contrast, 11 academic translocation cases reported positive benefits for fisheries, primarily based on the survival of translocated organisms, while three cases showed no evidence of benefits (Figure 4).

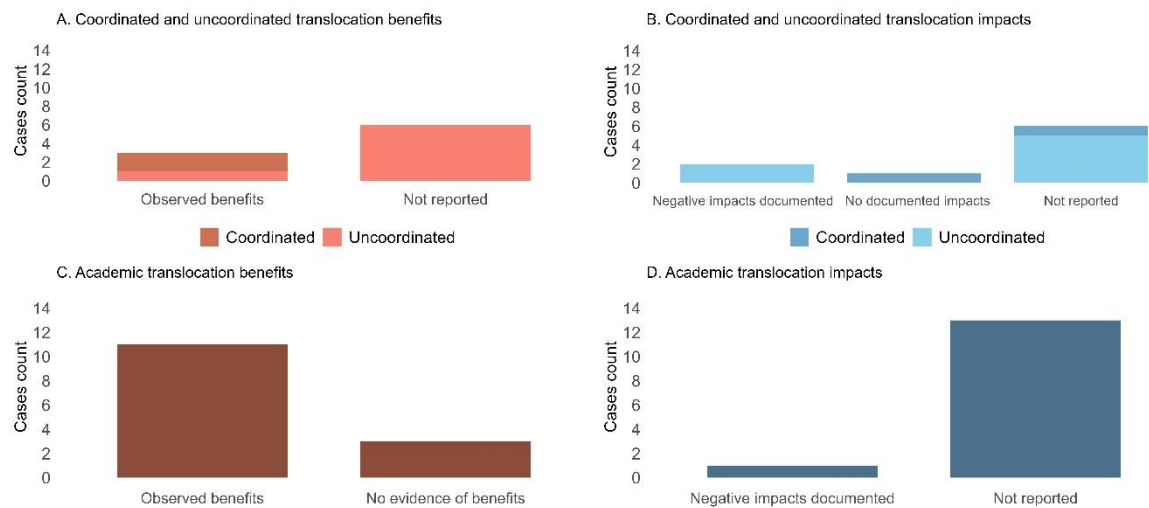


Figure 4. Counts of cases reporting benefits to fisheries and impacts to species or ecosystems. A) Coordinated and uncoordinated translocation benefits. B) Coordinated and uncoordinated translocation impacts. C) Academic translocation benefits. D) Academic translocation impacts.

3.1.1 Historic catch trends

An overview of integrated catch trends at the regional level indicates that historical high captures for most of the translocated species included in this revision were obtained before

or by the 1980s. Since then, catch trends have continued to decline (e.g., *Crassostrea virginica* Supplement S1a; *Haliotis fulgens*, *Placuna placenta* Supplement S1b; *Haliotis corrugata* Supplement S1c) or remained stable but at lower catch levels (e.g., *Jasus edwardsii*, Supplement, S1b, *Siliqua patula* Supplement, S1c). Fishery dependent data reporting does not necessarily mean stock depletion and several confounding factors behind these observed trends exist (e.g. technological changes, implementation of management strategies, changes in fishing effort, etc.), additionally, it is important to consider that these regional data stem from general country reports, not from local fishery stocks where translocation efforts were implemented, therefore interpreting that these general trends mean local fishery problems would be misleading. However, we consider these general trends could indicate that systemic conditions may exist that could have sparked the need by fishers and stakeholders to explore additional strategies for their regular fishing practices, as documented by the translocation reports themselves (see section below addressing the main drivers behind translocation).

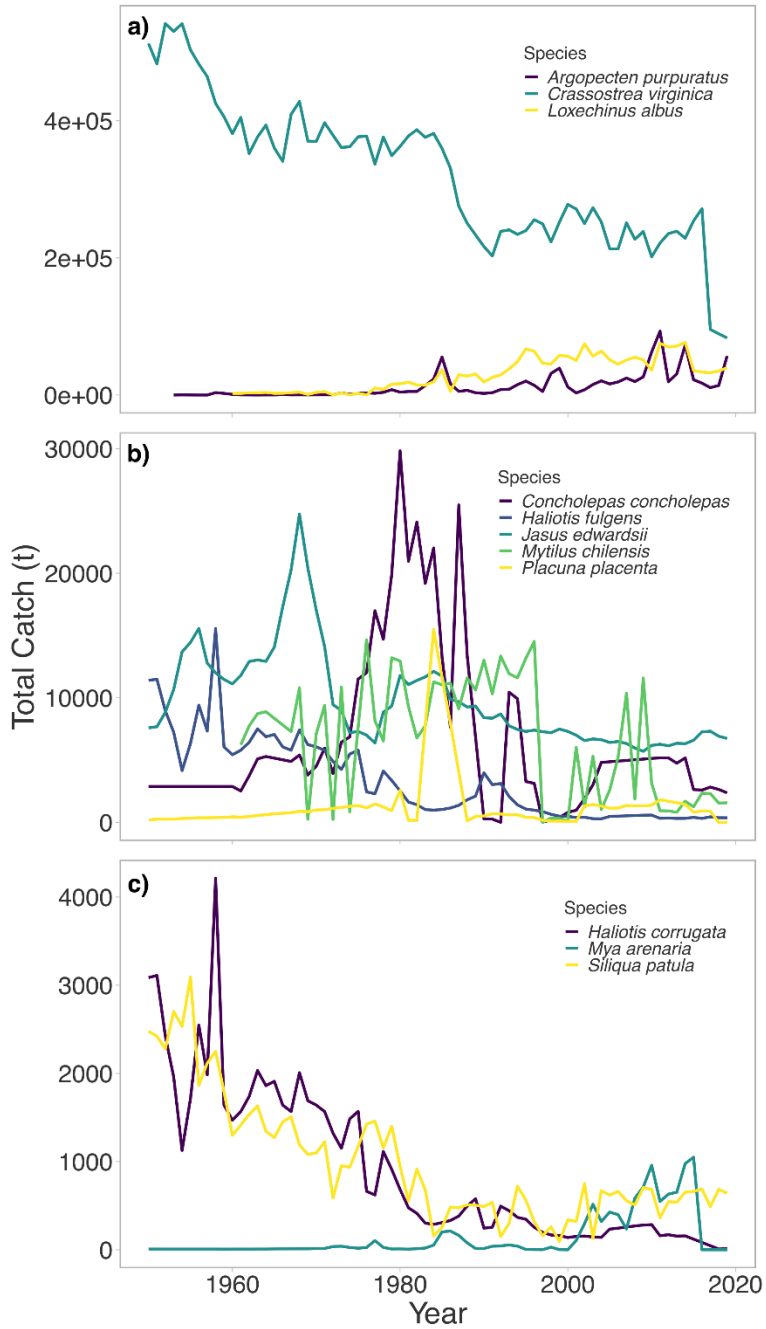


Figure S1. Historic trends (1950-2018) of annual catches for multiple benthic species found to be translocated globally in specific FAO areas, used for direct human consumption and other uses as indicated by reported and reconstructed data (as reported and available in Pauly D. et al. 2020).

3.2 Benefits and drivers of translocation

3.2.1 Restocking as a driver

Restocking is the main driver behind most cases (16 cases) of marine benthic invertebrate translocation (Table 2). The stakeholders of fisheries facing overfishing, population collapse, or even fishing closures used the translocation of wild adults or juvenile marine benthic invertebrates to restock overfished areas and increase and resume fishing activity. We classified one of the cases motivated by restocking as coordinated translocations, seven cases as uncoordinated translocations, and eight cases as academic translocations (Table 2).

The coordinated translocation case is the Philippine clam (*Placuna placenta*), which assessed positive benefits to the fishery, allowing commercial harvest to resume after ten years of translocation events (Table 2). One of the uncoordinated translocation cases, the Chilean sea urchin (*Loxechinus albus*), reported that fishers perceived new recruitment of the species in the restocked areas possibly as a product of the translocation; however, the data on sea urchin abundance after the translocations are not conclusive (Table 2). The remaining uncoordinated translocation cases do not report the benefits of translocation (Table 2). For the academic translocation cases, the Australian abalone (*Haliotis rubra*) reported that translocation may not be a strategy to recover populations; in the experiment, all translocated abalone died. Also, the USA pink abalone (*Haliotis corrugata*) and USA hard clam (*Mercenaria spp.*) cases reported no benefit from translocation (Table 2). The other five cases had positive results and reported that translocation could potentially recover stock (Table 2).

3.2.2 Improving commercial attributes as a driver

Some stakeholders used translocations to improve specific attributes of the organisms, such as growth rates or non-marketable characteristics. We classified one of the cases motivated

by improving commercial attributes as coordinated translocation, five cases as academic translocation, and five cases reported by Agatsuma (2013, 2020), for which it was not possible to determine their category given that the information presented while enough to infer characteristics of these translocations, was limited to conclude on who led them (Table 2, Figure 2).

One of the most iconic cases of marine benthic invertebrate translocation is that of the Australian lobster (*Jasus edwardsii*). Classified as a coordinated translocation, the stakeholders assessed positive benefits for the fishery, improving the lobsters' commercial value by promoting size increase and color change. Three academic translocation cases translocated sea urchins to improve the condition of the gonads, the marketable part of the sea urchin (Table 2). The Australian sea urchin (*Centrostephanus rodgersii*) case reported that translocation improved the unmarketable gonads of sea urchins that came from urchin barrens. Two cases translocated abalone to improve their growth rates; the Australian abalone (*Haliotis laevigata*) case reported that translocation improves organisms' growth rate (Table 2). The non-categorized cases correspond to five species of Japanese sea urchins (*Strongylocentrotus intermedius*, *Mesocentrotus nudus*, *Hemicentrotus pulcherrimus*, *Pseudocentrotus depressus*, and *Heliocidaris crassispina*). The report revised on these translocations suggests that translocated sea urchins showed gonadal improvement but do not show any data to substantiate this claim (Table 2).

3.2.3 Minimizing impact on the ecosystem as a driver

We identify one case where stakeholders experimented with translocation as a potential management tool to reduce ecosystem impacts (Table 2). In the Denmark mussel (*Mytilus edulis*) case, stakeholders translocated mussel seeds to enhance productivity and optimize

growth while reducing the need for dredging in natural fishing grounds (Table 2, Figure 3). Mussel harvesting by dredging is highly damaging to seabed habitats, and by shifting seed collection and cultivation to controlled areas, translocation helps alleviate pressure on natural beds. However, stakeholders also note that introducing mussel seeds into controlled areas may alter the benthic community composition.

3.3 Ecological impacts of translocation

Ecological impacts were not reported in six cases of coordinated and uncoordinated translocation and 13 of academic translocation cases (Figure 4, Table 2). Only three cases evaluated the ecological impacts: Australian lobster and Chilean and Peruvian scallops. For Peruvian and Chilean scallops, academic groups investigated the effects of long-term translocations carried out by the fishing sector on the genetic structure and genetic diversity of wild populations. Continuous translocations reduced genetic differentiation among populations, particularly in Peruvian populations; however, populations show high levels of genetic diversity. In the case of the Australian lobster, stakeholders evaluated the negative impacts of translocation on displacement and competition for refuges and resources of resident populations. They identified no significant exclusion or avoidance between resident and translocated populations and found no differences in foraging behavior or home range size.

4. Discussion

Our review identified 28 species translocated in 12 countries, with 29 specific cases. In these cases, we identified three main drivers for translocation: restocking, improving commercial attributes, and minimizing impact on the ecosystem. Restocking was the primary driver,

followed by the improvement of commercial attributes. Only three cases of coordinated and uncoordinated translocation reported benefits for fisheries (Figure 4). In contrast, 11 academic translocation cases reported positive benefits for fisheries (Figure 4). On the other hand, the assessment of ecosystem impacts was limited in all three categories, highlighting the primarily commercial focus and motivation of these translocations and the limited information generated regarding impacts on ecosystem functionality (Figure 4).

The increase in benthic translocations in the past decades suggests that fishing producers face challenges that prompt the exploration of new management strategies. The global crisis affecting fish stocks is evidenced by the continued decline of marine stocks at a rate faster than previously believed (Pauly, 2013). The "toxic triad," which encompasses overfishing, under-reporting of catches, and environmental misattribution, illustrates how these factors have contributed to the fisheries crisis (Pauly & Zeller, 2016). Indeed, an overview analysis of historic fishing catches at the regional level for the majority of species for which we found reports of their translocations suggest declining trends or yields under their historical peaks (Figure. S1). Also, the areas where we recorded marine benthic invertebrate translocations largely coincide with areas with the highest invertebrate fishery activity (Anderson et al., 2011). Therefore, restocking emerges as one of the main drivers of marine benthic invertebrate translocation in overexploited fisheries. Other authors have also recognized that restocking strategies, like the release of hatchery-reared juveniles, have become widespread worldwide (Bell et al., 2005; Born et al., 2004).

Reports reviewed suggest that after translocation to more favorable areas, some species of marine benthic invertebrates of unmarketable quality can improve their commercial attributes. For example, translocation has been used in Japan, Australia, and Chile to improve

the quality and quantity of sea urchin gonads. Since 1975, stakeholders involved in the management of the Australian lobster fishery have explored the implementation of translocation as a tool to improve stock marketability. This process prompted the collaboration with academia to evaluate and document both the benefits for fisheries and the potential impacts on ecosystems and associated species. Their continued implementation demonstrates the potential of translocation as a co-management tool, supported by effective collaboration between the fisheries, academic, and governmental sectors.

4.1 Negative impacts of translocations

The impacts of translocation go beyond simply moving species from their natural habitats and must be carefully considered, particularly due to the risks involved. As highlighted by the International Union for Conservation of Nature (IUCN, 1987), translocations can carry significant ecological risks if not properly managed. These risks include, but are not limited to, alteration of the genetic structure of populations, displacement of wild individuals, the introduction of pathogens, and disruption of ecological interactions such as competition, predation, and changes in food web dynamics (Brenner et al., 2014; Munro & Bell, 1997). While many studies emphasize the potential benefits of translocation for recovery or enhancing populations, the negative ecological effects remain insufficiently addressed. A few studies have mentioned these risks, such as overgrazing caused by the translocation of sea urchins from barren grounds to macroalgal forests (Blount et al., 2017), and only two cases have evaluated the loss of genetic diversity linked to translocations, as seen with Peruvian and Chilean scallops (Acosta-Jofré et al., 2020; Velez-Zuazo et al., 2021).

Moreover, while Lorenzen et al. (2010) proposed a framework for responsible translocation by focusing on releasing hatchery-reared juveniles, some stakeholders have raised concerns about whether this approach adequately considers ecological risks, especially for marine invertebrate species translocated within their natural range (Gardner et al., 2015). This highlights the need for a more comprehensive evaluation of the potential consequences of translocating marine benthic invertebrates, as the ecological impacts may be underestimated or insufficiently addressed, as also noted for hatchery-reared juvenile releases (Born et al., 2004). Given the simplicity and low cost of these practices, marine benthic invertebrate translocations are likely more common than documented, especially in small groups or communities. As a result, their potential ecological impacts at the local scale remain largely unassessed.

4.2 Climate change and fisheries

In addition to overfishing, climate change affects fisheries and communities dependent on marine benthic invertebrate fisheries in multiple ways (Kalikoski et al., 2018). Directly, extreme weather events, such as marine heat waves, can affect the recruitment and catches of species of commercial interest (Caputi et al., 2019). These events can cause direct mass mortality of fished stocks or lead to the proliferation of pathogens, leading to mass mortality of the species of interest (Caputi et al., 2019; Raimondi et al., 2002). Indirectly, increases in sea temperature have led to mass mortality of key predator species (Bates et al., 2009), which, together with the disappearance of functional species, such as macroalgae, causes alterations in the food web, affecting benthic invertebrate fisheries (Dudley et al., 2021).

Climate change and increased fishing pressure will continue to affect marine benthic invertebrate stocks, driving stakeholders to seek alternatives to persist and adapt, such as

implementing translocations in their fishing practices. Given the resource's economic nature, the relative ease of implementation of the translocation tool, and the challenge of implementing measures that prohibit it, we expect translocation actions to continue to emerge. With this in mind, translocation guidelines should be designed to maximize the benefits and reduce impacts on species and ecosystems.

4.3 Translocations as a management tool

Regardless of when or how the translocations occurred, the stakeholders used the translocation in response to unfavorable social-ecological conditions in marine benthic invertebrate fisheries —such as stock depletion due to overfishing, mass mortality, habitat degradation, rising sea temperatures, unmarketable stocks, or declines in biocultural well-being. Indeed, in this literature review we found that in some cases, the fishing groups or government agencies recovered fishable stocks and improved fisheries yields using the translocation, i.e., allowing them to persist and adapt. From the above, we can infer that invertebrate translocation was used as a resilience-based fishery management tool.

Translocations do not have to exclude the use of other fishery management tools. Despite some controversy, no-take zones have proven effective in enhancing fishing stocks and yields (Bostedt et al., 2020; Long, 2017). Similarly, fishery quotas, size limits, and closures, while often not fully successful or favored by fishers, have contributed to stock recovery (Chu, 2009; McGarvey et al., 2015). In addition, strategies to address illegal, unreported, and unregulated fisheries must also be considered to have meaningful management impacts when fisheries are struggling (Caddy & Seijo, 2005; Christensen, 2016). In any case, the implementation of translocations must be assessed and integrated into existing management strategies based on the specific context. Therefore, translocations should not be considered a

panacea or substitute to other proven effective fishery management strategies, but as an additional context-specific tool.

Top-down fisheries management approaches are often impractical and likely doomed to fail, especially in contexts with low enforcement capacities (Caddy & Seijo, 2005; Gordon, 1991; Gutiérrez et al., 2011; Holling & Meffe, 1996). Arguably, the potential benefits of translocations are rooted in their communal origins, where, despite the uncertainty on their benefits or impacts, it is perceived by the stakeholders as an easy-to-implement and convenient tool that, under pressing fishery conditions, could push fishery actors to explore it. For instance, in the Chilean sea urchin case, fishers have implemented translocation based on local knowledge, and although their stock recovery effectiveness remains unverified, the perceived improvement in availability has been enough to motivate translocation activities. In these circumstances, a constructive approach requires community involvement in developing guidelines that warrant evidence-based implementation following the precautionary approach (Armitage et al. 2009).

5. Future considerations

As a result of this review, the following considerations will be helpful to fishing groups and governmental or academic agencies seeking to translocate marine benthic invertebrates for fishing purposes.

- Understanding the drivers behind the decision to implement translocations and quantifying perceived benefits for fishers is crucial to assess their feasibility and applicability. Without proper planning and evaluation, translocations could pose a threat to the sustainability of marine ecosystems.

- The decision-making process for translocation must consider socio-economic factors, including cost-effectiveness, cultural practices, and the needs of fishing communities.
- Translocation as a fishery management tool requires integration into a broader adaptive co-management framework to ensure long-term sustainability.
- Implementing translocation as a fishery co-management tool must be done carefully, following the precautionary approach based on the best available scientific and local ecological knowledge, and have clear and defined goals towards stock recovery rather than as a routine practice.
- Clear indicators assessing both the positive and negative ecological impacts of translocations must be assessed alongside a comprehensive short-, medium-, and long-term impact assessment plan on the source and target ecosystems where translocations occur.
- According to the redundancy resilience principle, translocations should be integrated with other existing fisheries' management and conservation strategies and compared with alternative approaches, including no intervention or other passive strategies.

Acknowledgments

We acknowledge the support of a PhD Scholarship to TTO from the Mexican Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCyT). This project was developed under support from a UABC Research Grant to LMC and JAZD (UABC – 'XXIII Convocatoria Interna de Apoyo a Proyectos de Investigación'). Since this work and its data stem from a literature review, no fieldwork or sampling permits were required.

Conflict of Interest Statement

All authors declare no conflict of interest.

Data Availability Statement

All the data used to produce our results is presented in the figures and tables of this work.

References

- Acosta-Jofré, M. S., Sahade, R., Mendo, J., González-Ittig, R. E., Laudien, J., & Chiappero, M. B. (2020). Population genetic structure and demographic history of the scallop *Argopecten purpuratus* from Peru and Northern Chile: Implications for management and conservation of natural beds. *Hydrobiologia*, 847(1), 11-26. <https://doi.org/10.1007/s10750-019-04048-5>
- Addison, J. T., & Bannister, R. C. A. (1994). Re-stocking and enhancement of clawed lobster stocks: A review. *Crustaceana*, 67(2), 131-155.
- Agatsuma, Y. (2013). Stock enhancement. In N. Shumway (Ed.), *Developments in Aquaculture and Fisheries Science* (Vol. 38, pp. 213-224). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-396491-5.00015-0>
- Agatsuma, Y. (2020). Stock enhancement of regular sea urchins. In J. M. Lawrence (Ed.), *Developments in Aquaculture and Fisheries Science* (Vol. 43, pp. 299-313). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819570-3.00017-2>
- Anderson, S. C., Flemming, J. M., Watson, R., & Lotze, H. K. (2010). Serial exploitation of global sea cucumber fisheries: Serial exploitation of sea cucumbers. *Fish and Fisheries*, 12(3), 317-339. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2010.00397.x>
- Anderson, S. C., Mills Flemming, J., Watson, R., & Lotze, H. K. (2011). Rapid global expansion of invertebrate fisheries: trends, drivers, and ecosystem effects. *PLoS ONE*, 6(3), e14735. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0014735>
- Armitage, D. R., Plummer, R., Berkes, F., Arthur, R. I., Charles, A. T., Davidson-Hunt, I. J., Diduck, A. P., Doubleday, N. C., Johnson, D. S., Marschke, M., McConney, P., Pinkerton, E. W., & Wollenberg, E. K. (2009). Adaptive co-management for social-ecological complexity. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7(2), 95-102.
- Arnold, W. S. (2001). Bivalve enhancement and restoration strategies in Florida, U.S.A. In G. Burnell (Ed.), *Coastal Shellfish—A Sustainable Resource* (pp. 7-19). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-010-0434-3_2
- Arnold, W. S., Marelli, D., Parker, M., Hoffman, P., Frischer, M., & Scarpa, J. (2002). *Enhancing hard clam (Mercenaria spp.) population density in the Indian River Lagoon, Florida: A comparison of strategies to maintain the commercial fishery. Journal of Shellfish Research*, 21(2), 659-672.
- Australian Government. Department of Agriculture, Water and the Environment. (2020). *National policy guidelines for the translocation of live aquatic animals*.
- Balisco, R. A., Gonzales, B., & Dolorosa, R. (2022). Economically Important Benthic Macroinvertebrates in the Reefs of West Sulu Sea, Palawan, Philippines. *Philippine Journal of Science*, 151(3). <https://doi.org/10.56899/151.03.27>
- Bates, A., Hilton, B., & Harley, C. (2009). Effects of temperature, season and locality on wasting disease in the keystone predatory sea star *Pisaster ochraceus*. *Diseases of Aquatic Organisms*, 86, 245-251. <https://doi.org/10.3354/dao02125>
- Beal, B. F., Nault, D.-M., Annis, H., Thayer, P., Leighton, H., & Ellis, B. (2016). Comparative, large-scale field trials along the Maine coast to assess management options to enhance

populations of the commercially important softshell clam, *Mya arenaria* L. *Journal of Shellfish Research*, 35(4), 711-727. <https://doi.org/10.2983/035.035.0401>

Beckmann, K. M., Cromie, R. L., Sainsbury, A. W., Hilton, G. M., Ewen, J. G., Soorae, P. S., & Kock, R. A. (2022). Wildlife health outcomes and opportunities in conservation translocations. *Ecological Solutions and Evidence*, 3(3), e12164. <https://doi.org/10.1002/2688-8319.12164>

Bell, J. D., Leber, K. M., Blankenship, H. L., Loneragan, N. R., & Masuda, R. (2008). A new era for restocking, stock enhancement and sea ranching of coastal fisheries resources. *Reviews in Fisheries Science*, 16(1-3), 1-9. <https://doi.org/10.1080/10641260701776951>

Bell, J. D., Munro, J. L., Nash, W. J., Rothlisberg, P. C., Loneragan, N. R., Ward, R. D., & Andrew, N. L. (2005). *Advances in marine biology: Restocking and stock enhancement of marine invertebrate fisheries* (Vol. 49). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0065-2881\(05\)49006-9](https://doi.org/10.1016/S0065-2881(05)49006-9)

Bennett-Jones, L., Gnanalingam, G., Flack, B., Scott, N., Pritchard, D., Moller, H., & Hepburn, C. (2021). Translocation of black foot pāua (*Haliotis iris*) in a customary fishery management area: Transformation from top-down management to kaitiakitanga (local guardianship) of a cultural keystone. *Pacific Conservation Biology*, 27(4), 402. <https://doi.org/10.1071/PC20058>

Berkes, F., Colding, J., & Folke, C. (2000). Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management. *Ecological Applications*, 10(5), 1251–1262.

Blount, C., Chick, R. C., & Worthington, D. G. (2017). Enhancement of an underexploited fishery – Improving the yield and colour of roe in the sea urchin *Centrostephanus rodgersii* by reducing density or transplanting individuals. *Fisheries Research*, 186, 586-597. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2016.08.022>

Born, A. F., Immink, A. J., & Bartley, D. M. (2004). Marine and coastal stocking: Global status and information needs. In *Marine ranching* (p. 213). Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Bostedt, G., Berkström, C., Brännlund, R., Carlén, O., Florin, A.-B., Persson, L., & Bergström, U. (2020). Benefits and costs of two temporary no-take zones. *Marine Policy*, 117, 103883. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.103883>

Brenner, M., Fraser, D., Van Nieuwenhove, K., O'Beirn, F., Buck, B. H., Mazurié, J., Thorarinsdottir, G., Dolmer, P., Sanchez-Mata, A., Strand, O., Flimlin, G., Miossec, L., & Kamermans, P. (2014). Bivalve aquaculture transfers in Atlantic Europe. Part B: Environmental impacts of transfer activities. *Ocean & Coastal Management*, 89, 139-146. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2013.10.009>

Caddy, J. F., & Defeo, O. (2003). *Enhancing or restoring the productivity of natural populations of shellfish and other marine invertebrate resources* (FAO Fisheries Technical Paper No. 448). Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Caddy, J. F., & Seijo, J. C. (2005). This is more difficult than we thought! The responsibility of scientists, managers and stakeholders to mitigate the unsustainability of marine fisheries. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360(1453), 59-75. <https://doi.org/10.1098/rstb.2004.1567>

Caputi, N., Kangas, M., Chandrapavan, A., Hart, A., Feng, M., Marin, M., & Lestang, S. D. (2019). Factors affecting the recovery of invertebrate stocks from the 2011 Western Australian Extreme Marine Heatwave. *Frontiers in Marine Science*, 6, 484. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00484>

Cárcamo, P. F., Henríquez-Antipa, L. A., Galleguillos, F., & Figueroa-Fábrega, L. D. (2021). Marine stocking in Chile: A review of past progress and future opportunities for enhancing marine artisanal fisheries. *Bulletin of Marine Science*, 97(4), 729-748. <https://doi.org/10.5343/bms.2020.0052>

Chandrapavan, A., Gardner, C., & Green, B. S. (2010). Growth rate of adult rock lobsters *Jasus edwardsii* increased through translocation. *Fisheries Research*, 105(3), 244-247. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2010.03.014>

Chandrapavan, A., Gardner, C., & Green, B. S. (2011). Haemolymph condition of deep-water southern rock lobsters (*Jasus edwardsii*) translocated to inshore reefs. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 44(1), 21-32. <https://doi.org/10.1080/10236244.2010.533518>

Chandrapavan, A., Gardner, C., Green, B. S., Linnane, A., & Hobday, D. (2011). Improving marketability through translocation: A lobster case study from southern Australia. *ICES Journal of Marine Science*, 68(9), 1842-1851. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsr128>

Chandrapavan, A., Gardner, C., Linnane, A., & Hobday, D. (2009). Colour variation in the southern rock lobster *Jasus edwardsii* and its economic impact on the commercial industry. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 43(1), 537-545. <https://doi.org/10.1080/00288330909510020>

Chandrapavan, A., Guest, M. A., Nichols, P. D., & Gardner, C. (2009). Translocating southern rock lobsters (*Jasus edwardsii*) from deep-water to shallow inshore water enhances nutritional condition through omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acid content. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 375(1-2), 9-15. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2009.04.021>

Christensen, J. (2016). Illegal, Unreported and Unregulated Fishing in Historical Perspective. En K. Schwerdtner Mániz & B. Poulsen (Eds.), *Perspectives on Oceans Past* (pp. 133-153). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-017-7496-3_8

Chu, C. (2009). Thirty years later: The global growth of ITQs and their influence on stock status in marine fisheries. *Fish and Fisheries*, 10(2), 217-230. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2008.00313.x>

Coates, J., Hovel, K., Butler, J., Klimley, A., & Morgan, S. (2013). Movement and home range of pink abalone *Haliotis corrugata*: Implications for restoration and population recovery. *Marine Ecology Progress Series*, 486, 189-201. <https://doi.org/10.3354/meps10365>

Collaboration for Environmental Evidence. (2022). *Guidelines and Standards for Evidence synthesis in Environmental Management*. www.environmentalevidence.org/information-for-authors

Dixon, C. D., & Day, R. W. (2004). Growth responses in emergent greenlip abalone to density reductions and translocations. *Journal of Shellfish Research*, 23(4), 1223-1228.

Dolmer, P., Christensen, H., Hansen, B., & Vismann, B. (2012). Area-intensive bottom culture of blue mussels *Mytilus edulis* in a micro-tidal estuary. *Aquaculture Environment Interactions*, 3(1), 81-91. <https://doi.org/10.3354/aei00053>

Dolmer, P., & Frandsen, R. (2002). Evaluation of the Danish mussel fishery: Suggestions for an ecosystem management approach. *Helgoland Marine Research*, 56(1), 13-20. <https://doi.org/10.1007/s10152-001-0095-6>

Dolorosa, R. G., Grant, A., & Gill, J. A. (2013). Translocation of Wild *Trochus niloticus*: Prospects for Enhancing Depleted Philippine Reefs. *Reviews in Fisheries Science*, 21(3-4), 403-413. <https://doi.org/10.1080/10641262.2013.800773>

Dudley, P. N., Rogers, T. L., Morales, M. M., Stoltz, A. D., Sheridan, C. J., Beulke, A. K., Pomeroy, C., & Carr, M. H. (2021). A More Comprehensive Climate Vulnerability Assessment Framework for Fisheries Social-Ecological Systems. *Frontiers in Marine Science*, 8, 678099. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.678099>

Emmett, B., & Jamieson, G. S. (1988). An experimental transplant of northern abalone, *Haliotis kamtschatkana*, in Barkley Sound, British Columbia. *Fishery Bulletin*, 87, 90-104

FAO. (2020). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020 Sustainability in action*. FAO. <https://doi.org/10.4060/ca9229en>

Félix-Loaiza, A. C., Rodríguez-Bravo, L. M., Beas-Luna, R., Lorda, J., De La Cruz-González, E., & Malpica-Cruz, L. (2022). Marine heatwaves facilitate invasive algae takeover as foundational kelp. *Botanica Marina*, 65(5), 315-319. <https://doi.org/10.1515/bot-2022-0037>

Furlan, E. M., Gruber, B., Attard, C. R. M., Wager, R. N. E., Kerezszy, A., Faulks, L. K., Beheregaray, L. B., & Unmack, P. J. (2020). Assessing the benefits and risks of translocations in

depauperate species: A theoretical framework with an empirical validation. *Journal of Applied Ecology*, 57(4), 831-841. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13581>

Gamboa-Álvarez, M. Á., Poot-López, G. R., Olvera-Novoa, M. A., Aguilar-Perera, A., Ponce-Márquez, M. A., & López-Rocha, J. A. (2021). Survival and growth of wild-translocated individuals and released-cultured juveniles of sea cucumber *Isostichopus badionotus* off the northern Yucatan Peninsula, Mexico. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 252, 107273. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2021.107273>

Gardner, C., Frusher, S., Barrett, N., Haddon, M., & Buxton, C. (2006). Spatial variation in size at onset of maturity of female southern rock lobster *Jasus edwardsii* around Tasmania, Australia. *Scientia Marina*, 70(3), 423-430. <https://doi.org/10.3989/scimar.2006.70n3423>

Gardner, C., Frusher, S., Haddon, M., & Buxton, C. (2003). Movements of the southern rock lobster *Jasus edwardsii* in Tasmania, Australia. *Bulletin of Marine Science*, 73(3), 21.

Gardner, C., Hartmann, K., Punt, A. E., Jennings, S., & Green, B. (2015). Bio-economics of commercial scale translocation of southern rock lobster. *Fisheries Research*, 162, 29-36. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2014.09.015>

Gardner, C., & Van Putten, E. I. (2008a). Biological Modeling of Translocation as a Management Tool for a Rock Lobster Fishery. *Reviews in Fisheries Science*, 16(1-3), 81-90. <https://doi.org/10.1080/10641260701696183>

Gardner, C., & Van Putten, E. I. (2008b). The Economic Feasibility of Translocating Rock Lobsters to Increase Yield. *Reviews in Fisheries Science*, 16(1-3), 154-163. <https://doi.org/10.1080/10641260701681789>

Gordon, H. S. (1991). The economic theory of a common-property resource: The fishery. *Bulletin of Mathematical Biology*, 53(1/2), 231-252.

Green, B. S., & Gardner, C. (2009). Surviving a sea-change: Survival of southern rock lobster (*Jasus edwardsii*) translocated to a site of fast growth. *ICES Journal of Marine Science*, 66(4), 656-664. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsp030>

Green, B. S., Gardner, C., Linnane, A., & Hawthorne, P. J. (2010). The good, the bad and the recovery in an assisted migration. *PLoS ONE*, 5(11), e14160. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0014160>

Green, B. S., Gardner, C., & Meeren, G. I. (2013). Enhancement of lobster fisheries to improve yield and value. In B. F. Phillips (Ed.), *Lobsters: Biology, management, aquaculture and fisheries* (pp. 64–83). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118517444.ch3>

Green, B. S., Pederson, H., & Gardner, C. (2013). Overlap of Home Ranges of Resident and Introduced Southern Rock Lobster after Translocation. *Reviews in Fisheries Science*, 21 (3-4), 258-266. <https://doi.org/10.1080/10641262.2013.799389>

Griffith, B., Scott, J. M., Carpenter, J. W., & Reed, C. (1989). Translocation as a Species Conservation Tool: Status and Strategy. *Science*, 245(4917), 477-480. <https://doi.org/10.1126/science.245.4917.477>

Groesbeck, A. S., Rowell, K., Lepofsky, D., & Salomon, A. K. (2014). Ancient Clam Gardens Increased Shellfish Production: Adaptive Strategies from the Past Can Inform Food Security Today. *PLoS ONE*, 9(3), e91235. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0091235>

Gutiérrez, N. L., Hilborn, R., & Defeo, O. (2011). Leadership, social capital and incentives promote successful fisheries. *Nature*, 470(7334), 386-389. <https://doi.org/10.1038/nature09689>

Hasan, M. H., & Johnson, K. S. (2019). Restoration of Stocks of the Sea Cucumber *Holothuria fuscogilva* in the Red Sea with Transplanted Wild Juveniles. *Journal of Water Resource and Protection*, 11(8), 959-980. <https://doi.org/10.4236/jwarp.2019.118057>

Hernández Cordero, A. L., Seitz, R. D., Lipcius, R. N., Boverly, C. M., & Schulte, D. M. (2012). Habitat Affects Survival of Translocated Bay Scallops, *Argopecten irradians concentricus* (Say 1822), in Lower Chesapeake Bay. *Estuaries and Coasts*, 35(5), 1340-1345. <https://doi.org/10.1007/s12237-012-9510-2>

Hickey, F. R. (2006). Traditional marine resource management in Vanuatu: Acknowledging, supporting, and strengthening indigenous management systems. *SPC Traditional Marine Resource Management and Knowledge Information Bulletin*, 20, 11-23.

Hilborn, R., Orensanz, J. M., & Parma, A. M. (2005). Institutions, incentives and the future of fisheries. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360(1453), 47-57. <https://doi.org/10.1098/rstb.2004.1569>

Holling, C. S., & Meffe, G. K. (1996). Command and control and the pathology of natural resource management. *Conservation Biology*, 10(2), 328-337. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1996.10020328.x>

IUCN. (1987). *IUCN Position Statement on Translocation of Living Organisms*: (p. 13).

Joaquim, S., Gaspar, M. B., Matias, D., Ben-Hamadou, R., & Arnold, W. S. (2008). Rebuilding viable spawner patches of the overfished *Spisula solida* (Mollusca: Bivalvia): a preliminary contribution to fishery sustainability. *ICES Journal of Marine Science*, 65(1), 60-64. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsm167>

Jørgensen, L. L., Manushin, I., Sundet, J. H., & Birkely, S.-R. (2005). The intentional introduction of the marine red king crab *Paralithodes camtschaticus* into the Southern Barents Sea. *ICES Cooperative Research Report*, 277, 18 pp.

Kalikoski, D. C., Jentoft, S., Charles, A., Salazar-Herrera, D., Cook, Kate, Béné, C., & Allison, E. H. (2018). Chapter 2: Understanding the impacts of climate change for fisheries and aquaculture: Applying a poverty lens. In *Impacts of climate change on fisheries and aquaculture Synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options* (pp. 19-40). Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Kennedy, V. S., Breitburg, D. L., Christman, M. C., Luckenbach, M. W., Paynter, K., Kramer, J., Sellner, K. G., Dew-Baxter, J., Keller, C., & Mann, R. (2011). Lessons Learned from Efforts to Restore Oyster Populations in Maryland and Virginia, 1990 to 2007. *Journal of Shellfish Research*, 30(3), 719-731. <https://doi.org/10.2983/035.030.0312>

Long, S. (2017). Short-term impacts and value of a periodic no take zone (NTZ) in a community-managed small-scale lobster fishery, Madagascar. *PLOS ONE*, 12(5), e0177858. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0177858>

Lorenzen, K., Leber, K. M., & Blankenship, H. L. (2010). Responsible Approach to Marine Stock Enhancement: An Update. *Reviews in Fisheries Science*, 18(2), 189-210. <https://doi.org/10.1080/10641262.2010.491564>

Lü, H., Xu, J., & Vander Haegen, G. (2008). Supplementing Marine Capture Fisheries in the East China Sea: Sea Ranching of Prawn *Penaeus orientalis*, Restocking of Large Yellow Croaker *Pseudosciaena crocea*, and Cage Culture. *Reviews in Fisheries Science*, 16(1-3), 366-376. <https://doi.org/10.1080/10641260701678207>

Madrones-Ladja, J. A., Aldon, E. T., & Baliao, D. D. (2012). Broodstock transplantation: An approach for stock enhancement of the kapis shell *Placuna placenta* along Panay Gulf, central Philippines. *The Philippine Agricultural Scientist*, 95(2), 192-198.

Martin, G. A. S. (2003). Transplantation of large *Paracentrotus lividus*: a restocking strategy for an edible sea urchin. In J. M. Lawrence & O. Guzmán (Eds.), *Sea Urchins: Fisheries and Ecology. Proceedings of the International Conference on Sea-Urchin Fisheries and Aquaculture* (pp. 74-83). DEStech Publications.

McBride, S. (2005). *Sea Urchin Aquaculture*. In *American Fisheries Society Symposium* (Vol. 46, pp. 179-208). American Fisheries Society.

McGarvey, R., Punt, A. E., Matthews, J. M., Feenstra, J. E., Gardner, C., Burch, P., Hartmann, K., & Linnane, A. (2015). Comparing size-limit and quota policies to increase economic yield in a lobster fishery. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 72(9), 1292-1305. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2014-0405>

Mendo, J., Wolff, M., Carbajal, W., Gonzáles, I., & Badjeck, M. (2008). *Manejo y explotación de los principales bancos naturales de concha de abanico (Argopecten purpuratus) en*

la costa Peruana. En A. Lovatelli, A. Farías, & I. Uriarte (Eds.), *Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: Factores que afectan su sustentabilidad en América Latina* (pp. 101–114). FAO Actas de Pesca y Acuicultura No. 12. FAO.

Morgan, E. M. J., Green, B. S., Murphy, N. P., & Strugnell, J. M. (2013). Investigation of Genetic Structure between Deep and Shallow Populations of the Southern Rock Lobster, *Jasus edwardsii* in Tasmania, Australia. *PLoS ONE*, 8(10), e77978. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0077978>

Munro, J. L., & Bell, J. D. (1997). Enhancement of marine fisheries resources. *Reviews in Fisheries Science*, 5(2), 185-222. <https://doi.org/10.1080/10641269709388597>

Pauly, D. (2013). Beyond duplicity and ignorance in global fisheries. En A. Yáñez-Arancibia, R. Dávalos-Sotelo, J. W. Day, & E. Reyes (Eds.), *WIT Transactions on State of the Art in Science and Engineering* (1st ed., Vol. 1, pp. 519-535). WIT Press. <https://doi.org/10.2495/978-1-84564-756-8/028>

Pauly, D., & Zeller, D. (2016). Catch reconstructions reveal that global marine fisheries catches are higher than reported and declining. *Nature Communications*, 7(1), 10244. <https://doi.org/10.1038/ncomms10244>

Pauly, D., Zeller, D., & Palomares, M. L. D. (2020). *Sea Around Us Concepts, Design and Data*. <https://www.searoundsus.org/>

Peterson, C., Summerson, H., & Luettich, R. (1996). Response of bay scallops to spawner transplants: a test of recruitment limitation. *Marine Ecology Progress Series*, 132, 93-107. <https://doi.org/10.3354/meps132093>

Purcell, S. W., & Ceccarelli, D. M. (2021). Population colonization of introduced trochus (Gastropoda) on coral reefs in Samoa. *Restoration Ecology*, 29(1). <https://doi.org/10.1111/rec.13312>

Purcell, S. W., & Kirby, D. S. (2006). Restocking the sea cucumber *Holothuria scabra*: Sizing no-take zones through individual-based movement modelling. *Fisheries Research*, 80(1), 53-61. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2006.03.020>

Purcell, S. W., Polidoro, B. A., Hamel, J.-F., Gamboa, R. U., & Mercier, A. (2014). The cost of being valuable: Predictors of extinction risk in marine invertebrates exploited as luxury seafood. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281(1781), 20133296. <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.3296>

R Core Team. (2024). *R: A Language and Environment for Statistical Computing* [Software]. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>

Raimondi, P., Wilson, C., Ambrose, R., Engle, J., & Minchinton, T. (2002). Continued declines of black abalone along the coast of California: Are mass mortalities related to El Niño events? *Marine Ecology Progress Series*, 242, 143-152. <https://doi.org/10.3354/meps242143>

Ross, P. M., Knox, M. A., Smith, S., Smith, H., Williams, J., & Hogg, I. D. (2018). *Historical translocations by Māori may explain the distribution and genetic structure of a threatened surf clam in Aotearoa (New Zealand)*. *Scientific Reports*, 8(1), 17241. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-35564-4>

Sumaila, U. R., Cheung, W. W. L., Lam, V. W. Y., Pauly, D., & Herrick, S. (2011). Climate change impacts on the biophysics and economics of world fisheries. *Nature Climate Change*, 1(9), 449-456. <https://doi.org/10.1038/nclimate1301>

Swan, K. D., McPherson, J. M., Seddon, P. J., & Moehrenschrager, A. (2016). Managing marine biodiversity: The rising diversity and prevalence of marine conservation translocations. *Conservation Letters*, 9(4), 239-251. <https://doi.org/10.1111/conl.12217>

Tegner, M. J. (1989). Brood-stock transplants as an approach to abalone stock enhancement. In S. A. Shepherd, J. J. Tenner, & S. A. Guzmán del Proo (Eds.), *Proceedings of the 1st International Symposium on Abalone, November 1989, La Paz, Mexico*.

Tegner, M. J. (2000). Abalone (*Haliotis spp.*) enhancement in California: What we've learned and where we go from here. In A. Campbell & National Research Council of Canada (Eds.),

Workshop on Rebuilding Abalone Stocks in British Columbia. Workshop on Rebuilding Abalone Stocks in British Columbia, Ottawa. NRC Research Press.

Velez-Zuazo, X., Barahona, S. P., Melo, O. G., Hanschke, E., Hanschke, I., & Santa-Maria, M. C. (2021). *Substantial gene flow caused by long-term translocation between natural bank populations of the Peruvian scallop (*Argopecten purpuratus*) is supported by RAD-Seq analyses*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 52(3), 425-436. <https://doi.org/10.1111/jwas.12795>

Westley, R. E., Rickard, N. A., Goodwin, C. L., & Scholz, A. J. (1990). Enhancement of Molluscan Shellfish in Washington State. In A. K. Sparks (Ed.), *Marine Farming and Enhancement*. NOAA Technical Report NMFS.

Wickham, H., Averick, M., Bryan, J., Chang, W., McGowan, L., François, R., Grolemund, G., Hayes, A., Henry, L., Hester, J., Kuhn, M., Pedersen, T., Miller, E., Bache, S., Müller, K., Ooms, J., Robinson, D., Seidel, D., Spinu, V., ... Yutani, H. (2019). Welcome to the Tidyverse. *Journal of Open Source Software*, 4(43), 1686. <https://doi.org/10.21105/joss.01686>

CAPÍTULO II. MOTIVACIONES Y EFECTOS SOCIOECOLÓGICOS DE LA TRANSLOCACIÓN DE INVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN BAJA CALIFORNIA.

1. Introducción

La pesca de pequeña escala o ribereña es un subsector diverso y dinámico, profundamente integrado en los grupos locales, cuyas características varían según el contexto ecológico, cultural e institucional (FAO, 2015). Muchas de estas pesquerías operan en condiciones de alta variabilidad ambiental, presiones socioeconómicas crecientes y capacidades institucionales limitadas, lo que plantea desafíos importantes para su sostenibilidad (Chuenpagdee & Jentoft, 2009; FAO, 2020).

Ante este panorama, diversos grupos pesqueros han desarrollado estrategias propias para mantener su actividad y responder a los cambios ecológicos y de mercado. Entre estas se incluyen el establecimiento de reservas marinas (Villaseñor-Derbez et al., 2023), la rotación espacial y diversificación de zonas de pesca (Gonzalez-Mon et al., 2021), la generación de valor agregado a los productos pesqueros (Penca et al., 2021), el reforzamiento de stocks silvestres mediante la liberación de organismos cultivados en tierra (Cárcamo et al., 2021) y la translocación de especies (Delgado-Ramírez & Soto-Aguirre, 2018; Tavera-Ortiz et al., 2025). Estas últimas, a menudo poco documentadas en la literatura científica, pueden constituir respuestas adaptativas relevantes frente a la incertidumbre y el cambio ambiental.

La capacidad de respuesta adaptativa dentro de un entorno colectivo constituye un atributo central para fortalecer la resiliencia socioecológica en las pesquerías de pequeña escala (Berkes et al., 2003). Este enfoque permite abordar la complejidad de los sistemas pesqueros al considerar su habilidad para absorber perturbaciones, reorganizarse y adaptarse, o incluso transformarse cuando es necesario (Folke, 2006; Folke et al., 2016; Folke, Haider, et al.,

2021). La resiliencia no depende únicamente de la salud del ecosistema, sino también de factores sociales como la legitimidad de las reglas, las capacidades organizativas, los vínculos sociales y la autonomía para tomar decisiones informadas (Preiser et al., 2018; Valdez-Rojas et al., 2022). Lo social y lo ecológico están profundamente entrelazados y su interdependencia constituye el núcleo de los sistemas socioecológicos complejos (Folke, Haider, et al., 2021).

La pesquería de erizo rojo y los bosques de kelp en la costa del Pacífico de Baja California constituyen un ejemplo paradigmático de interdependencia social y ecológica. Los bosques de macroalgas, especialmente el kelp gigante (*Macrocystis pyrifera*), proporcionan hábitats estructurales complejos que sirven de refugio y alimento para numerosas especies, incluidos los erizos rojos (*Mesocentrotus franciscanus*; Beas-Luna et al., 2019). Esta región, ubicada en una zona de transición biogeográfica, donde confluyen condiciones oceanográficas y biológicas de regiones templadas (*California Current*) y tropicales, generando gradientes latitudinales en temperatura, productividad y composición de especies marcando los límites de distribución tanto del kelp gigante como del erizo rojo (Beas-Luna & Ladah, 2014; Durazo & Baumgartner, 2002; Ladah & Zertuche-González, 2022; Lluch-Belda et al., 2003). En las últimas décadas, episodios de ondas de calor marinas han provocado fuertes disminuciones en la cobertura y persistencia de los bosques de kelp (Arafteh-Dalmau et al., 2019; Cavanaugh et al., 2019), generando áreas dominadas por erizos —los llamados *barren* o desiertos de erizos— y alterando la composición y estructura de la comunidad bentónica (Beas-Luna et al., 2020a). Aunque las poblaciones de erizo rojo muestran signos de recuperación (Medellín-Ortiz et al., 2020), los pescadores señalan que la menor disponibilidad de kelp

afecta la cantidad y calidad de sus gónadas, el recurso comercializable, con impactos directos en la rentabilidad pesquera (Hernández Castillo, 2021).

En Baja California, los grupos pesqueros han impulsado la translocación de erizos rojos como estrategia de manejo para mejorar la condición de las gónadas, práctica que consiste en la captura, traslado y liberación en el medio natural de organismos con gónada no comercializable (Delgado-Ramírez & Soto-Aguirre, 2018; Hernández-Castillo, 2021; Tavera-Ortiz et al., 2025). Esta acción se originó en 2002 como parte de un proceso de co-manejo entre cooperativas e instituciones gubernamentales y, en 2016, la Secretaría de Pesca y Acuicultura la institucionalizó mediante la publicación de un *Manual de Repoblación* (Delgado-Ramírez & Soto-Aguirre, 2018; Hernández Castillo, 2021; SEPESCA, 2016). Por ejemplo, cinco grupos pesqueros participaron en los primeros proyectos de translocación, lo que evidenció el interés local por innovar en el manejo del recurso (comunicación personal con la directora del CRIAP en marzo de 2022). Sin embargo, la mayoría de ellos suspendieron la práctica debido a limitaciones operativas y económicas, excepto la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Ensenada (en adelante, la Cooperativa Ensenada; Hernández Castillo, 2021). El caso de la Cooperativa Ensenada nos permite analizar cómo un grupo pesquero de pequeña escala mantiene sus prácticas de manejo y qué factores sociales y organizativos la respaldan.

La complejidad y el carácter multifactorial de las decisiones pesqueras justifican la necesidad de comprender qué racionalidad guía a los pescadores y cuáles son las motivaciones que los llevan a mantener la translocación de erizos rojo (Pollnac & Poggie, 2008; Salas et al., 2004). Esta contribución resulta relevante para enriquecer los debates sobre gobernanza pesquera, especialmente en contextos de pesquerías de pequeña escala donde la articulación entre

saberes es clave. Reconocer la coexistencia de múltiples formas de conocimiento —y valorar sus fortalezas respectivas— permite construir una comprensión más integral de los desafíos y las fortalezas de las pesquerías de pequeña escala (Early-Capistrán et al., 2020; Murphy et al., 2021b; Reilly-Moman, 2022).

Este estudio tiene dos objetivos principales: 1) Analizar los motivos que tienen los pescadores de la cooperativa Ensenada para decidir translocar erizos rojos. 2) Evaluar los cambios en la abundancia y estructura de la comunidad en especies que tengan una relación trófica directa con el erizo rojo de mar durante una temporada de translocación. En este estudio consideramos el marco analítico de la sostenibilidad de los Sistemas Socio-Ecológicos (SES) propuesto por Ostrom (2009) y desarrollado posteriormente por McGinnis y Ostrom (2014). Las preguntas de investigación que guiaron el estudio fueron: ¿Cómo la cooperativa Ensenada lleva a cabo la translocación de erizos rojos? ¿Cuáles son los motivadores que impulsen a los pescadores de erizo rojo de la Cooperativa Ensenada a realizar la translocación de erizos rojos? ¿El rendimiento gonadal de los erizos translocados es mayormente redituable en comparación con el rendimiento gonadal de los erizos no translocados? ¿La translocación de erizos rojos afecta la estructura ecológica del ecosistema receptor? ¿Los pescadores perciben cambios sobre las principales macroalgas en la zona objetivo, antes y después de la translocación?

2. Metodología

2.1 Zona de estudio

La zona de estudio se encuentra dentro de la Bahía de El Rosario, en Baja California, México. El sistema de recursos está constituido por las zonas arrecifales costeras del Pacífico de Baja California y las unidades de recurso por el erizo rojo (*Mesocentrotus franciscanus*), cuya

gónada es altamente valorada en el mercado internacional (Palleiro-Nayar, 2013). La pesquería opera mediante buceo selectivo (DOF, 2012, 2015). En nuestro caso de estudio, los actores están organizados en la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Ensenada (Cooperativa Ensenada), que gestiona múltiples pesquerías de alto valor, incluida la del erizo rojo. En la cooperativa Ensenada existe un esquema de co-manejo adaptativo, expresado en la colaboración entre cooperativas, científicos, OSCs y autoridades, para diseñar reglas formales e informales (Álvarez et al., 2018; Flores-Guzmán, 2023). Además, es reconocida por su participación en el manejo y la conservación de sus recursos marinos. Por ejemplo, esta cooperativa ha participado activamente en capacitaciones, certificaciones, monitoreos ecológicos, e incluso ha establecido tres reservas marinas comunitarias (Comunidad y Biodiversidad A.C., 2018; Flores-Guzmán & López-Ercilla, 2021).

2.2 Obtención y análisis de datos

Adoptamos un diseño de métodos mixtos, integrando técnicas cualitativas y cuantitativas para obtener conocimiento descriptivo, interpretativo y explicativo (Biggs et al., 2021; Hernández Sampieri et al., 2014). El método cualitativo tuvo un carácter retrospectivo, lo que permitió comprender las experiencias y percepciones sobre la translocación de erizos rojos realizada en los últimos 10 años por miembros de la cooperativa Ensenada (ver material suplementario 1). El método cuantitativo incluye datos recolectados entre 2019 y 2025. Las técnicas de recolección de datos cualitativos fueron la observación no participante, entrevistas informales y entrevistas semiestructuradas (Izcara, 2014). Para los métodos cuantitativos recurrimos a la encuesta de pescadores, al muestreo de gónadas de erizos, a los monitoreos ecológicos subacuáticos y a la revisión de bases de datos sobre las capturas de

erizo rojo. Utilizamos la triangulación de técnicas y actores para la producción de resultados consistentes (Izcarra, 2014). Las técnicas de recolección de datos se detallan a continuación.

2.2.1 Datos cualitativos

2.2.1.1 Entrevista semiestructurada: prácticas y motivaciones de la translocación.

Para obtener información sobre las prácticas y motivaciones asociadas a la translocación de erizos rojos por parte de la cooperativa Ensenada, diseñamos y aplicamos una entrevista semiestructurada. Entrevistamos a dos personas clave, seleccionadas utilizando su experiencia en el proceso como criterio de selección (Hernández Sampieri et al., 2014). Primero, entrevistamos a un técnico pesquero y socio con más de 30 años como buzo y 10 años como técnico de la cooperativa. También entrevistamos a un buzo-pescador socio con cuatro años de experiencia, para contrastar trayectorias y triangular la información.

Formulamos las preguntas con base en hallazgos de estudios previos sobre translocaciones y agregaciones de erizos y sus efectos en ecosistemas receptores (ver Material Suplementario 1). La Tabla S1 resume las referencias utilizadas y su contribución al diseño de la entrevista, indicando los hallazgos clave relevantes para nuestro caso de estudio. A partir de los hallazgos, desarrollamos hipótesis específicas sobre la translocación de erizos rojos y definimos variables predictivas y de respuesta. Con esta información diseñamos preguntas concretas. Por ejemplo, Atalah et al. (2013) documentaron una disminución en la densidad inicial de los erizos translocados, lo que indica que una parte de la población podría experimentar mortalidad posterior a la translocación en la bahía El Rosario. Para evaluarlo, definimos la variable “porcentaje de supervivencia”, lo que derivó en la pregunta: ¿Del total

de erizos que translocan, qué porcentaje se muere o se pierde? El desarrollo de la entrevista semiestructurada se detalla en el material suplementario 1 (Tablas S1 y S2).

Analizamos la información de las entrevistas mediante análisis de contenido. Este análisis incluyó la transcripción y el examen detallado de los relatos. Categorizamos los datos utilizando codificación abierta y axial, con apoyo de la versión gratuita del programa ATLAS.TI 23 (Corbin & Strauss, 2008). Durante este proceso, empleamos códigos *in vivo*, basados en frases textuales de los entrevistados (Corbin & Strauss, 2008). Antes de participar, los entrevistados firmaron una declaración de principios éticos y un consentimiento informado, donde explicamos el proyecto, sus objetivos, responsables, fuentes de financiación y la relevancia de su colaboración (material suplementario 1).

2.2.1.2 Observación no participante y entrevistas informales: prácticas de la translocación.

Empleamos la observación no participante y las entrevistas informales para obtener información sobre cómo la cooperativa Ensenada lleva a cabo la translocación. Acompañamos el proceso de translocación de erizo rojo durante la temporada 2022–2023. Estuvimos presentes en las jornadas del 6 al 9 de julio de 2022, mientras que recibimos información a distancia sobre las translocaciones realizadas el 15 de julio y el 6 de agosto de 2022.

Durante las jornadas de campo, redactamos notas de recapitulación con observaciones sobre conversaciones informales con pescadores, interacciones en la planta procesadora, reuniones en la oficina del técnico pesquero y diálogos a bordo de las embarcaciones. También registramos las llamadas y los mensajes de WhatsApp intercambiados con el técnico y su asistente. Documentamos mediante fotografías y videos la selección de los sitios de origen,

la elección de los sitios de destino dentro de la zona objetivo y los pasos seguidos durante las jornadas de translocación entre el 6 y el 9 de julio. Asimismo, recopilamos coordenadas de los sitios fuente y de destino y registramos el procesamiento de los erizos en la planta procesadora.

2.2.2 Datos cuantitativos

2.2.2.1 Encuestas a buzos pescadores: motivaciones para la translocación y percepciones de sus impactos ecológicos

Diseñamos y aplicamos una encuesta para identificar los motivadores de los pescadores para realizar la translocación de erizos rojos y para conocer sus percepciones sobre los impactos de la translocación en la cobertura de macroalgas. Seleccionamos como población de estudio a los buzos-pescadores de erizo afiliados a la cooperativa, debido a su conocimiento directo sobre la manipulación del recurso y las condiciones del entorno marino. Aplicamos un muestreo no probabilístico, de acuerdo con los objetivos del estudio (Hernández Sampieri et al., 2014). Según información proporcionada por la administración de la cooperativa el 3 de junio de 2022, en esa temporada había 19 buzos-pescadores de erizo activos. Encuestamos a 15 de ellos, lo que representa el 79 % del total. Para garantizar la calidad de la información, únicamente incluimos a pescadores que hubieran capturado tanto *erizo translocado* -erizo que ha sido movido a las zonas objetivo y que ha pasado su tiempo de engorda- como *erizo silvestre* -erizo con gónada comercializable que no ha sido translocado- durante los últimos cinco años, un periodo suficientemente amplio para asegurar la validez de sus respuestas y permitir comparaciones entre años con distintas condiciones de pesca. El desarrollo de la encuesta se detalla en el material suplementario 2.

Analizamos las percepciones sobre la calidad y cantidad de la gónada de erizo rojo antes de la translocación y después del periodo de engorda, así como sobre la abundancia de las especies de kelp más prevalentes en la zona objetivo de la translocación antes de meter los erizos y después de pescarlos para comercialización. Recolectamos las respuestas mediante una escala tipo Likert y procesamos los datos calculando la moda y la distribución porcentual por categoría de respuesta. Construimos gráficos de barras usando el lenguaje R con el paquete *ggplot2* (Wickham, 2016) para visualizar y comparar las percepciones antes y después de la translocación.

Solicitamos a los participantes firmar una declaración de principios éticos y un consentimiento informado, en el que explicamos el proyecto, sus objetivos, las partes responsables, las fuentes de financiación y la importancia de su participación (material suplementario 3).

2.2.2.2 Muestreo de gónadas: validación de las percepciones sobre la condición de las gónadas de los erizos translocados y los erizos flacos.

Para validar las percepciones de los pescadores sobre la condición de las gónadas de los erizos, determinamos el Índice Gonadosomático (GSI). Utilizamos muestras de erizos rojos de tamaño comercial (diámetro de testa mayor o igual a 80 mm) provenientes de las zonas fuente y de la zona objetivo para la translocación. Pesamos cada erizo, en bola, de forma individual y medimos el diámetro de la testa. Luego, abrimos cuidadosamente los erizos para no dañar las gónadas, las separamos de los órganos digestivos con una espátula, las enjuagamos con agua y las pesamos. El GSI se calculó como el peso de las gónadas dividido entre el peso total del erizo, multiplicado por 100, para expresar el resultado como porcentaje.

En julio de 2023, solicitamos a los buzos-pescadores recolectar *erizos flacos* —aquellos con baja cantidad de gónada, cuya pesca no resulta redituable y que son considerados candidatos para la translocación—, lo que permitió representar la categoría según su conocimiento empírico (n=97 erizos). Además, recolectamos 17 *erizos translocados*, los cuales representan individuos alimentados en la zona objetivo y se presumen pertenecientes a la cohorte translocada en julio de 2022, reflejando así la calidad y cantidad de gónada tras la translocación. Una persona con experiencia procesó por igual los *erizos flacos* y los *erizos translocados* en la planta procesadora de la cooperativa. Elaboramos diagramas de caja (*boxplots*) mediante la función `ggplot` del paquete `ggplot2` (Wickham, 2016) para visualizar las diferencias en GSI. Para evaluar las diferencias estadísticas, primero exploramos el conjunto de datos utilizando el procedimiento de Zuur et al. (2010). Se determinó la normalidad; por tanto, se aplicaron pruebas no paramétricas. Para evaluar las diferencias estadísticas en el GSI entre los *erizos flacos* contra los *erizos translocados* después del periodo de engorda, se aplicó una prueba no paramétrica de U de Mann–Whitney (Wilcoxon, 1945; Mann & Whitney, 1947) mediante la función `wilcox.test` de R. Posteriormente, se exploraron las diferencias de GSI entre sitios individuales utilizando comparaciones por pares con la función `pairwise.wilcox.test`.

2.2.2.3 Bases de datos de capturas: comparación del rendimiento gonadal entre erizos translocados y erizos silvestres.

Para determinar si el rendimiento gonadal de los *erizos translocados* resulta más redituable que el de los *erizos silvestres*, utilizamos la base de datos de capturas diarias de la cooperativa Ensenada para las temporadas 2022-2023, 2023-2024 y 2024-2025. La base de datos está separada por captura de *erizos silvestres* y *erizos translocados*. La base de datos incluye la

fecha de pesca, los kilogramos de erizo pesado “en bola” (íntegro y húmedo) y los kilogramos de gónada limpia húmeda. El rendimiento gonadal es un valor porcentual que se obtiene al dividir los kilogramos de gónada limpia húmeda entre los kilogramos de erizo “en bola” húmedo multiplicado por cien, obtenidos en un día de pesca por todos los equipos de pesca. Los datos fueron procesados utilizando el lenguaje R (R Core Team, 2024) y los paquetes *ggplot2* (Wickham, 2016), *dplyr* (Wickham et al., 2019) y *lubridate* (Grolemund & Wickham, 2011). Generamos gráficos de distribución de rendimiento gonadal por día de pesca empleando gráficos de puntos (*dotplots*) mediante *ggplot2*, resaltando los meses de interés y estableciendo un umbral de rendimiento rentable mediante una línea de referencia.

2.2.2.4 Monitoreos ecológicos subacuáticos: impactos sobre la estructura ecológica del ecosistema receptor de erizos.

Para evaluar si la translocación de erizos rojos afecta la estructura del ecosistema receptor, realizamos monitoreos subacuáticos adaptamos el enfoque Antes–Después del Control–Impacto (BACI; Seger et al., 2021). No fue posible incluir un sitio de control porque toda la bahía de El Rosario está sujeta a la pesca de erizo rojo. En su lugar, comparamos dos momentos en la misma zona: antes de la translocación (julio de 2022) y después de la permanencia y pesca de los erizos translocados (julio de 2023), correspondientes a la temporada 2022–2023.

Para caracterizar los conjuntos de invertebrados, peces y algas, usamos monitoreo visual subacuático con equipo SCUBA. En cada momento (antes y después), establecimos puntos de muestreo con coordenadas registradas, donde realizamos dos transectos de 30 m por 2 m (60 m² total). Buceadores capacitados registraron la identidad y abundancia de especies a lo largo de los transectos. Para *Macrocystis pyrifera* adultos, contamos el número de estipes a

un metro sobre la sujeción para estimar frondas por unidad de superficie. Para los juveniles, contamos cada individuo, ya que suelen tener una sola fronda.

Exploramos los datos de los tres grupos taxonómicos (algas, peces e invertebrados) siguiendo el procedimiento propuesto por Zuur et al., (2010). Calculamos la media y el intervalo de confianza del 95 % de la densidad de cada especie en los dos momentos antes y después de la translocación de erizos. Durante la temporada 2022–2023, los erizos permanecieron aproximadamente 11 meses en la zona objetivo. Los datos de densidad mostraron una distribución no normal en la mayoría de las especies evaluadas.

Para evaluar los cambios en la abundancia y la estructura de la comunidad antes y después de la translocación de erizos rojos, construimos una matriz de especies asociadas al erizo rojo, basada en Vilalta-Navas et al. (2018). Esta matriz incluyó competidores como el erizo morado *Strongylocentrotus purpuratus*, depredadores como el pez vieja *Semicossyphus pulcher*, langosta roja (*Panulirus interruptus*) y estrellas de mar (e.g. *Patiria miniata*, *Henricia spp.*, *Pisaster giganteus*, etc.). Además, incluimos su alimento principal como *Macrocystis pyrifera*, *Eisenia arborea*, algas laminariales y otras algas. Consideramos las densidades de estas especies antes y después de la translocación.

Para examinar los cambios en la estructura comunitaria entre ambos momentos (antes vs. después) realizamos dos análisis multivariados con esta matriz. Primero, aplicamos un análisis permutacional multivariante de varianza (*perMANOVA*), utilizando la disimilitud de Bray-Curtis (Bray & Curtis, 1957) y la variable temporal (Antes–Después) como factor explicativo. Calculamos la matriz de disimilitud con la función *vegdist* y ejecutamos el *perMANOVA* con *adonis2* del paquete *vegan* (Oksanen et al., 2022), utilizando 999 permutaciones. Después, realizamos un escalamiento multidimensional no métrico (NMDS)

con la función *metaMDS* del mismo paquete, sobre una matriz de densidades (individuos/m²), empleando distancia de Bray-Curtis, dos dimensiones ($k = 2$), sin transformación de datos y con $\text{trymax} = 100$ para asegurar una solución estable y minimizar el *stress* del modelo (Clarke, 1993).

2.2.2.5 Datos de arribos de captura

Para analizar la dinámica temporal así como la importancia de la captura de erizo en Baja California y valorar la contribución de la cooperativa Ensenada a la producción total, utilizamos la base de datos de avisos de arribo de la CONAPESCA, que compila información reportada por los productores y disponible públicamente. Los datos abarcan el periodo 2000–2025 (2000–2016 proporcionados por Mateja Nenadovic y 2018–2025 descargados de la plataforma pública de CONAPESCA, https://conapesca.gob.mx/wb/cona/avisos_arribo_cosecha_produccion, fecha de acceso 18 de noviembre de 2025). Filtramos los registros correspondientes a Baja California y a las capturas clasificadas como erizo, que incluyen erizo rojo, erizo morado y registros sin especificación de especie. Para identificar tendencias anuales, agrupamos la información por año y por unidad económica, sumando el peso total de captura en kilogramos. Posteriormente identificamos las cinco cooperativas con mayor peso acumulado de captura de erizo en todo el periodo de estudio y generamos series temporales para comparar sus capturas anuales. Los nombres largos de algunas unidades económicas fueron homogenizados para facilitar su representación gráfica. También filtramos todos los registros de captura de todas las especies por parte de la cooperativa Ensenada para el mismo periodo. Todos los análisis y visualizaciones se realizaron en R, utilizando los paquetes *dplyr* para la manipulación de datos y *ggplot2* para la elaboración de la gráfica.

3. Resultados

La cooperativa Ensenada se encuentra entre las cinco organizaciones con mayor captura de erizo en Baja California (Figura 1). La producción anual de erizo mostró una alta variabilidad interanual durante 2000–2024 (Figura 1). La SPR Asociación Pesquera REGASA No. 2 de RL (SRP REGASA) fue el principal productor del periodo, con 5,439.9 toneladas (90.7 % erizo rojo, 2.6 % erizo morado y 6.7 % sin especificar especie). Seguida de la SPR Buzos y Pescadores del Ejido Coronel Esteban Cantú (SRP Cantú), con 4,918.18 toneladas (75.7 % erizo rojo, 16.5 % erizo morado y 7.8 % sin especificar). En tercer lugar, se ubicó la cooperativa Ensenada, con 4,437.52 toneladas (97.9 % erizo rojo, 0.3 % erizo morado y 1.8 % sin especificar; Figura 1).

En 2016 todas las cooperativas registraron una caída abrupta en la captura de erizo, aunque la magnitud varió entre organizaciones. La cooperativa Ensenada y SRP REGASA fueron las más afectadas, con desplomes superiores al 70 %. La recuperación posterior fue heterogénea: para 2018, la cooperativa Ensenada retomó niveles comparables a los de SRP Cantú, mientras que SRP Cantú mantuvo un descenso progresivo hasta alcanzar sus valores mínimos en 2024–2024. SRP REGASA, pese a ser la organización con mayor captura acumulada en todo el periodo, no logró recuperar sus niveles históricos, registrando sus valores más bajos entre 2021 y 2023. Por su parte, SRP Santo Tomás mostró un repunte moderado, con un patrón de recuperación similar a la cooperativa Ensenada, pero desplazado aproximadamente un año. En conjunto, los datos sugieren que, tras el colapso de 2016, la cooperativa Ensenada experimentó una recuperación más consistente que otras organizaciones (Figura 1). La siguiente cita textual hace referencia al evento de ondas de

calor extremas que provocó la disminución de la población de erizos, de acuerdo con los pescadores.

Cita textual:

(Pescador con 27 años como buzo de erizo)

Antes había mucho pero con lo del niño, aguas calientes y todo eso por poco nos quedamos hasta sin zona porque se llevó todo lo que es vegetación, dejó todo blanco, todo, abajo no había nada, todo se murió, abulón, erizo, tanto el rojo como el morado, todo tipo de algas se acabó.

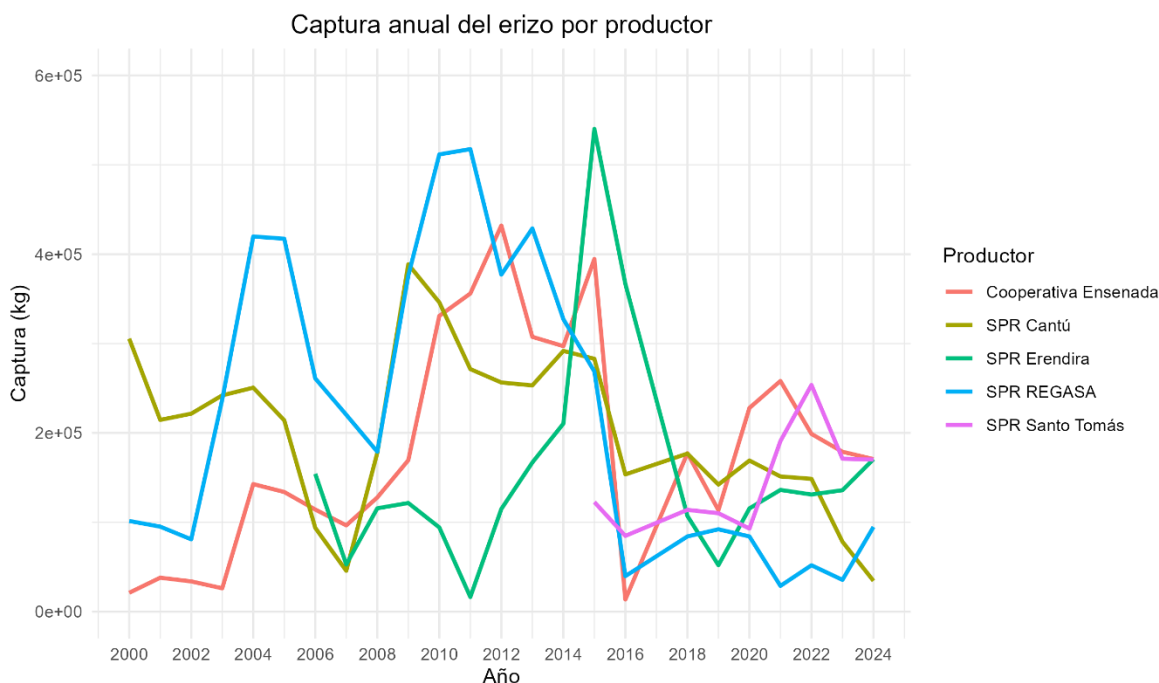


Figura 1. Tendencias en las capturas anuales de erizo (kg) para las cinco unidades económicas con mayor captura acumulada durante el periodo 2000–2024. Las unidades representadas son: SCPP Ensenada (Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Ensenada S.C.L.); SPR Cantú (Buzos y Pescadores del Ejido Coronel Esteban Cantú SPR de RL); SPR Eréndira (Productos Marinos Eréndira SPR de RL); SPR REGASA (Asociación Pesquera REGASA No. 2 SPR de RL) y SPR Santo Tomás (UPPE El Puerto de Santo Tomás SPR de RL).

La pesca de erizo rojo constituye la principal actividad extractiva de la cooperativa Ensenada en términos de volumen (Figura 2). Los registros de arribo muestran que esta especie representa la mayor proporción de la captura anual en volumen durante la mayor parte del

periodo 2000–2024, con excepción de la caída abrupta registrada en 2016. No obstante, los directivos señalan que la langosta es la pesquería más importante en términos económicos para la cooperativa (comunicación personal, ver Capítulo III). Considerando esta relevancia productiva, el enfoque de manejo dirigido al erizo rojo resulta consistente y sustenta las acciones que se describen a continuación.

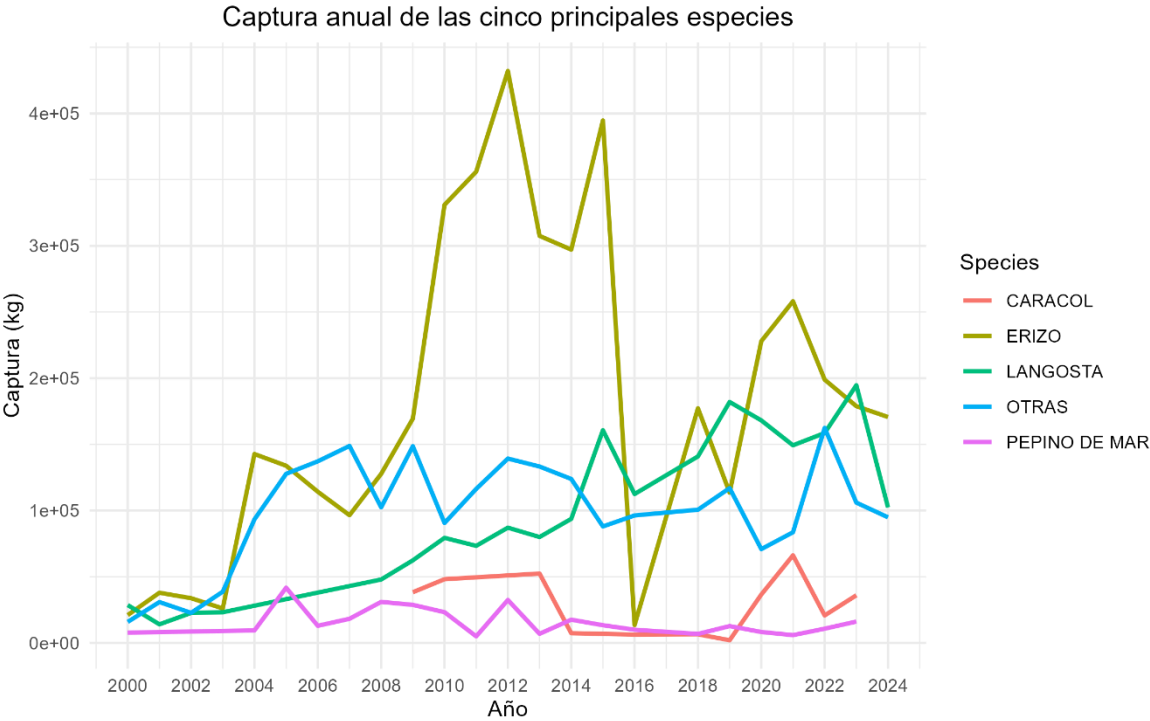


Figura 2. Tendencias de captura anual (kg) para las cinco especies principales para la cooperativa Ensenada en términos de captura durante el periodo 2000–2024. La categoría “otras” corresponde a avisos de arribo que agrupan diversas especies de peces óseos, denominados pesca o captura de “escama”, como vieja, blanco, cabicucho, bacalao, barracuda, chopa y rocote, además de cangrejo, mejillón y otras especies adicionales.

3.1 Motivantes para la translocación

Encontramos que los pescadores de la cooperativa perciben la translocación de erizo rojo como una estrategia que genera beneficios económicos, ecológicos y sociales, los cuales contribuyen a la continuidad de la actividad pesquera. Estas percepciones conforman la

categoría “Motivantes para la Translocación”, estructurada en tres subcategorías, que agrupan los principales códigos derivados del análisis de contenido (Tabla I). A continuación, describimos cada una de estas subcategorías.

Tabla I. Tabla de categorías y códigos producto del análisis de contenido de las entrevistas a dos pescadores de la cooperativa pesquera.

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	ID	CÓDIGOS
Motivantes para la Translocación	A. Beneficios económicos	A1	Mayor cantidad de gónada del erizo translocado
		A2	Mejor color de gónada del erizo translocado
		A3	Mejor sabor de gónada del erizo translocado
		A4	Mayor beneficio económico comparado pesca erizo silvestre
	B Beneficios para la especie	B5	Repoblación de erizos rojo en la zona objetivo
	C. Beneficios Sociales	C6	Menos riesgo a la salud
La translocación como Estrategia de Manejo	D. Regulación y seguimiento	D1	Organización entre los pescadores previo a la translocación
		D2	Protocolo mejorado para la translocación
		D3	Zona exclusiva para manejo erizo
		D4	Rotación de los cuadrantes usados como zona objetivo
		D5	Presencia de macroalgas pardas en la zona de translocación que dan el color y sabor a la gónada de erizo
		D6	Control cantidades erizo que translocan
		D7	Monitoreo de la gónada de los erizos que están en engorda
		D8	Zona de translocación como un almacén natural de erizos

3.1.1 Subcategoría A. Beneficios económicos

La subcategoría A, Beneficios económicos, explica que los pescadores translocan erizos rojos principalmente para mejorar su valor comercial. Esto se aplica especialmente a los *erizos flacos*, que tienen una menor cantidad y calidad de gónadas y no son tan fáciles de vender (ver Tabla I).

Los pescadores entrevistados creen que, al mover los *erizos flacos* a zonas con bosques de macroalgas (las zonas objetivo), estos “engordan”. Es decir, aumentan la cantidad de gónadas. Además, mejoran en color y sabor, lo que los hace de mejor calidad (ver Tabla I; subcategoría A, beneficios económicos, códigos A1-A3). Las entrevistas que a continuación se muestran también dan cuenta de ello:

Códigos in vivo

(Pescador con más de 10 años de experiencia como técnico)

Que aumente la gónada porque los ponemos en una zona donde hay alimento, donde hay vegetación...

Esperamos un amarillo como yema de huevo. Un color de primera calidad.

Espera que este dulce, el cliente pide un sabor.

Los japoneses buscan que la textura de la gónada esté sólida

(Pescador con más de 4 años de experiencia como buzo-pescador)

De primera. Hay una parte donde le decíamos, tiene la capacidad de que se pone muy amarillo.

Los pescadores encuestados perciben que, antes de la translocación, la cantidad de gónada en los erizos flacos es “muy poca”, “poca” o “más o menos” (Figura 3. A). Además, consideran que la calidad de la gónada de estos erizos es tan baja que “no puede venderse” (Figura 3. C). En contraste, los pescadores perciben que, tras el periodo de engorda, los *erizos*

translocados tienen “mucho” o “demasiada” gónada y que su calidad alcanza un estándar de “primera calidad” (Figura 3. B y D).

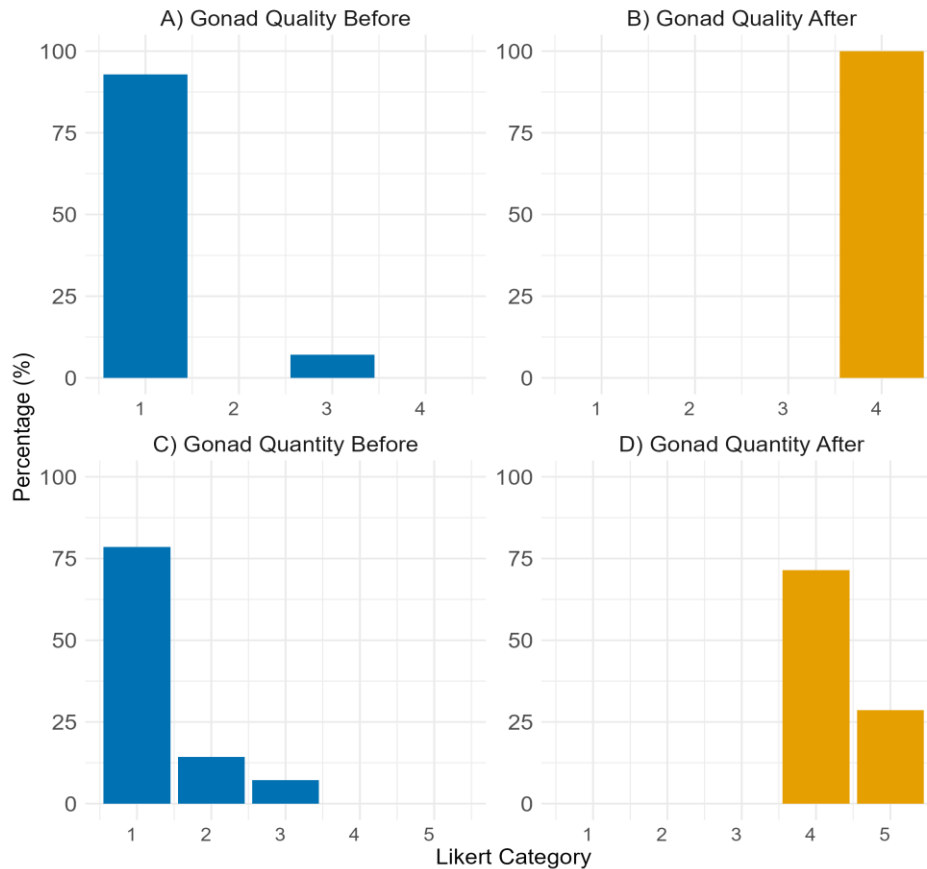


Figura 3. Percepción de los pescadores sobre la calidad y cantidad de gónadas de erizo antes y después de la translocación (n=14). Los participantes valoraron sus respuestas en una escala de Likert: 1 = muy poco, 2 = poco, 3 = más o menos, 4 = mucho y 5 = demasiado. A. Cantidad de gónadas antes se refiere a la percepción de los participantes sobre la cantidad de gónadas de los erizos antes de traslocarlos (*erizos flacos*). B. Cantidad de gónadas después, se refiere a la percepción de los participantes sobre la cantidad de gónadas de los erizos translocados después del periodo de engorda (*erizos gordos*). Para A y B,. C. Calidad de las gónadas antes se refiere a la percepción de los participantes sobre la calidad de la gónada de los erizos antes de ser translocados (*erizos flacos*). D. Calidad de gónada después, se refiere a la percepción de los participantes sobre la calidad de gónada de los erizos translocados después del periodo de engorda (*erizos gordos*). Para C y D, los participantes pueden valorar sus respuestas en una escala Likert de 1 = no se pueden vender, 2 = tercera calidad, 3 = segunda calidad y 4 = primera calidad.

Detectamos diferencias significativas entre el Índice Gonadosomático (GSI) de los *erizos flacos* provenientes de las zonas fuente y objetivo. EL GSI en las zonas fuente varió entre 0% y 25.4%, mientras que el GSI de los *erizos translocados*—capturados tras su tiempo de permanencia en las zonas objetivo — osciló entre 10% y 36.6% (Figura 4). La prueba de U de Mann–Whitney detectó diferencias significativas en el GSI entre los erizos de las zonas fuente y las zonas objetivo en conjunto ($W = 38.5$, $p < 0.001$; Figura 4).

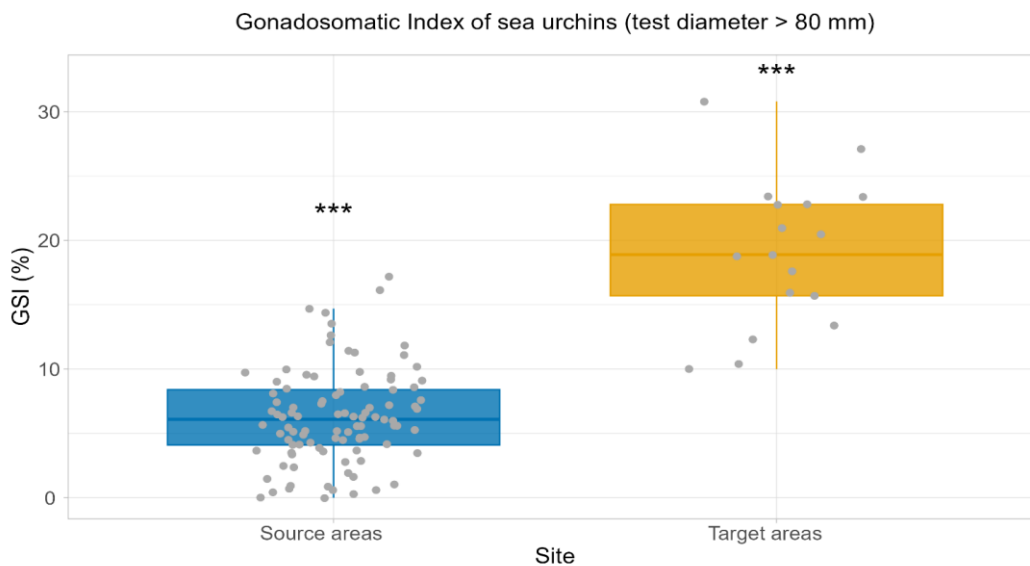


Figura 4. Índice Gonadosomático (GSI) de muestras de erizo rojo de tamaño comercial (>80 mm de diámetro de prueba) recogidas en las zonas fuente (*erizos flacos*) y las zonas objetivo (*erizos translocados*) durante julio-agosto de 2023. *** La prueba U de Mann-Whitney detectó diferencias significativas en el GSI entre los erizos de las áreas fuente y objetivo ($W = 38,5$, $p < 0,001$). Se presume que los erizos de mar de la zona objetivo fueron translocados en julio de 2022.

Los análisis de comparaciones múltiples mediante la prueba de Wilcoxon permitieron evaluar las diferencias entre sitios específicos. En general, los erizos translocados de los sitios de la zona objetivo (J50 1 y J50 2) presentaron un GSI significativamente mayor que los

erizos flacos de todos los sitios de la zona de origen (Figura S1, Tabla S3), mientras que las diferencias entre las distintas zonas de origen no fueron significativas, con la excepción de Fuera Gallo vs Bocana 2 (Tabla S3). Además, no se detectaron diferencias significativas entre los sitios objetivo, lo que indica homogeneidad en el desarrollo gonadal dentro de estas zonas (Tabla S3). Estos resultados confirman que la translocación a las zonas objetivo favorece un mayor desarrollo gonadal, tanto a nivel general como en sitios específicos.

Encontramos que la translocación homogeneiza el color de la gónada a un color yema de huevo que sugiere una calidad alta (Material suplementario 5; Figura S2.A). En contraste, los erizos flacos provenientes de las zonas fuentes diversas, presentaron heterogeneidad de los colores de la gónada (Figura S2.B.C). Esto sugiere que en las zonas fuentes puede haber erizos con buena cantidad y calidad de gónada. Sin embargo, la pesca en estos lugares puede generar una gónada más heterogénea.

Encontramos que los días de pesca de erizo translocado alcanzan rendimientos gonadales aceptables con mayor frecuencia que los de erizo silvestre. La base de datos de la cooperativa durante las temporadas 2022-2023, 2023-2024 y 2024-2025 muestra que el 82.7% de los días de pesca de erizo translocado superó el umbral del 6% de rendimiento gonadal, definido como el mínimo considerado redituable por la cooperativa, mientras que solo el 54.2% de los días de pesca de erizo silvestre alcanzó este umbral, y el 45.8% permaneció por debajo de él, resultando no redituable (Figura 5). Estos resultados sugieren que la translocación aumenta consistentemente la probabilidad de obtener capturas con rendimiento gonadal aceptable.

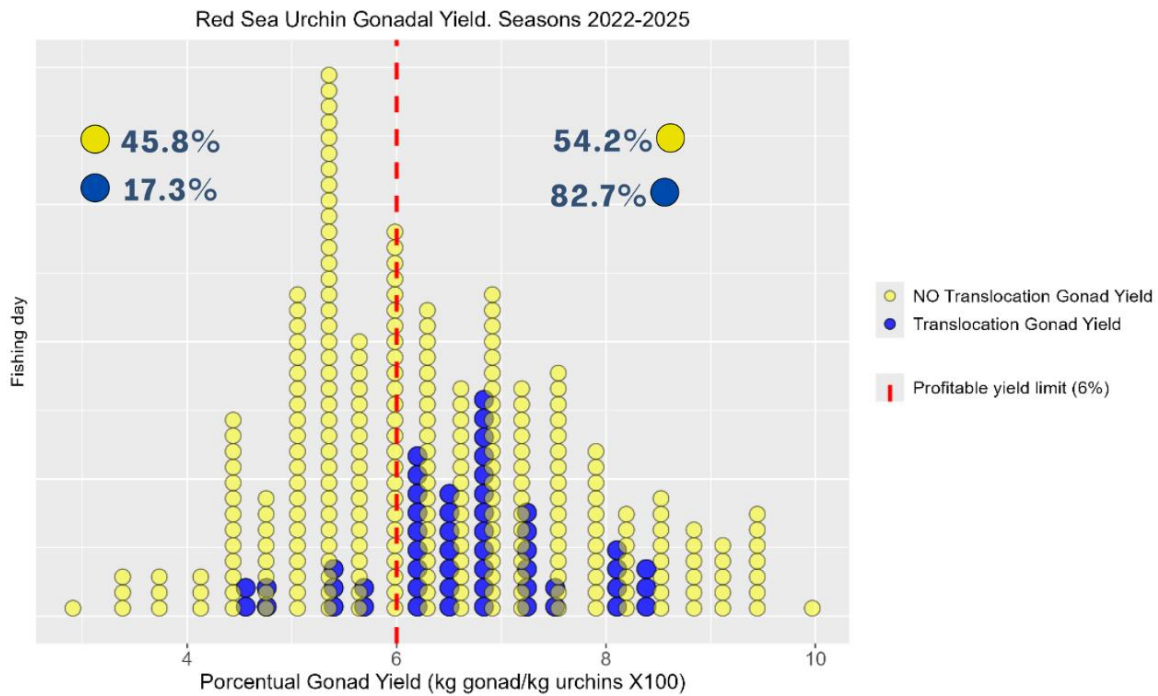


Figura 5. Rendimiento gonadal porcentual de las temporadas de pesca 2022-2023, 2023-2024 y 2024-2025. El rendimiento gonadal es igual a los kilogramos de gónada entre la cantidad de kilogramos de erizos húmedos pescados en un día por 100. Los círculos amarillos representan el rendimiento gonadal por día de pesca de *erizos silvestres*, erizos pescados fuera de la zona de translocación. Los círculos azules representan el rendimiento gonadal por día de pesca de los *erizos translocados*. La línea roja representa el límite de rendimiento gonadal para que el día de pesca sea redituable para la cooperativa, el rendimiento gonadal debe ser igual o mayor a 6%.

Los pescadores entrevistados reconocen que se puede obtener un rendimiento gonadal con la pesca de *erizo silvestre* similar al rendimiento gonadal de la pesca de erizo translocado, pero con un mayor esfuerzo que se traduce en más tiempo y dinero, es decir, la pesca de *erizo silvestre* puede llegar a ser menos redituable. Por otra parte, todos los pescadores encuestados afirman que la ganancia económica derivada de la pesca del *erizo translocado* es “mayor” o incluso “mucho mayor” en comparación con la pesca del *erizo silvestre*, como se da cuenta en el siguiente segmento de la entrevista:

Código in vivo

(Pescador con más de 4 años de experiencia como buzo-pescador de erizo)

O sea que, si los pueden encontrar así, sin trasplantar. Si los pueden encontrar y pueden sacar los kilos... Pueden sacar las 3 tinas y todo, pero tardan más tiempo.

El beneficio económico percibido por los pescadores también se explica porque la cooperativa cubre los costos operativos de la translocación, incluyendo combustible y alimentos, mientras que los pescadores aportan su jornada laboral sin recibir un pago directo por esta actividad; es decir, la translocación no le genera un costo adicional para el pescador. Por su parte, los costos de captura, tanto de *erizos translocados* como de *erizos silvestres*, los asumen los pescadores. Además, la translocación se realiza en zonas más cercanas al campo pesquero; por tanto, los costos de captura, especialmente de combustible, son menores en comparación con la pesca de *erizos silvestres*. Estos factores refuerzan la idea de que la translocación reduce el esfuerzo requerido y aumenta la eficiencia de la pesca.

Código in vivo

(Pescador con más de 10 años de experiencia como técnico)

La cooperativa invierte el dinero para mover los erizos. Ellos invierten su trabajo, su esfuerzo, pero la cooperativa hace todos los gastos, de gasolina, porque no les pagamos, porque ellos reciben un beneficio y la cooperativa también recibe un beneficio es recuperable.

Los mismos pescadores pusieron esa regla sino siembran no pueden recogerlo.

3.1.2 Subcategoría B. Beneficios para la especie.

La subcategoría B. Beneficios para la especie, señala que la translocación de erizos rojos también puede propiciar la repoblación de erizos en las zonas objetivo de translocación.

Los pescadores entrevistados consideran que no todos los erizos translocados se pescan. Sobre todo, los erizos de talla inferior a la talla comercial (80 mm) para darles oportunidad de reproducirse y repoblar la zona. Consideran que es un beneficio para la especie (Tabla I; subcategoría B. beneficios para la especie, código B5).

Respecto a la mortalidad, el 46.7 % de los pescadores encuestados considera que “muy pocos” erizos translocados mueren o se pierden, otro 46.7 % estima que la pérdida es “pocos” y un 6.7 % la califica “más o menos”.

Códigos in vivo

(Pesador con más de 10 años de experiencia como técnico)

Se pueden recuperar el 90-95%. Pero hacemos un plan de trabajo y solamente sacamos el 45 o si el mercado lo permite sacamos el 50%, porque el otro 50 lo dejamos para que se repoble la zona y siga habiendo recurso.

(Pesador con más de 4 años de experiencia como buzo-pescador de erizo)

Y está bien porque el trasplante es corte parejo. Te llevas chico, grande, de todo te llevas.

Y lo dejas acá, sacas en medida, y el chico ya se repone ahí, y se repobla.

Es muy poco el que se muere. Es por decir, de un 100%, póngale un 5, un 10% el que se muere.

3.1.3 Subcategoría C. Beneficios sociales

La subcategoría *Beneficios sociales* describe cómo la translocación no solo tiene implicaciones ecológicas o productivas, sino que también reduce riesgos asociados al buceo profundo (Tabla I; subcategoría C. beneficios para la especie, código C6).

La participación en las actividades de translocación reduce el riesgo de enfermedad por descompresión, aflicción generada por una acumulación de nitrógeno en los tejidos al respirar aire a altas presiones por periodos prolongados y sin seguir los límites del buceo, lo que se

puede traducir en dolores intensos en las articulaciones, afectaciones al sistema nervioso y en casos graves puede ser fatal. Los pescadores explican que, al buscar *erizo silvestre* con gónada comercializable, deben bucear entre 30 y 50 m de profundidad, lo que aumenta el riesgo de descompresión. En cambio, las zonas de translocación están entre 10 y 15 m de profundidad (en las observaciones en campo se registró una profundidad máxima de 17m), lo que permite reducir tanto la profundidad como el tiempo de buceo para pescar erizo con gónada comercializable, disminuyendo así el riesgo de sufrir una enfermedad por descompresión. Esto fue claramente expresado como se observa en los siguientes extractos:

Códigos in vivo

(Pescador con más de 10 años de experiencia como técnico)

Como el erizo bueno ya está muy escaso en las zonas muy buceadas que son someras, pues ya los buzos actualmente andan buceando en profundidades de 40m-50m estamos hablando de 15-16 brazas pues se enfrentan a tener riumas, una descompresión de los buzos. Se están arriesgando porque están buceando más profundo y durar más tiempo... No todos los buzos bucean ahí, no todos se animan.

Los buzos que no bucean en lo profundo pues tienen que buscar en las zonas que están más sobreexplotadas con más esfuerzo, con más tiempo y menos calidad.

(Pescador con más de 4 años de experiencia como buzo-pescador de erizo)

Sí, porque lo plantas más bajito. Lo plantas a 6, 7 brazas, 5 brazas.

Y muchas de las veces los compañeros los andan buscando en 10, 12 brazas. Ahí hay más probabilidad. Porque es más la presión del agua.

...la descompresión no tiene que ver con el trabajo del erizo. Es el descuido de uno mismo.

... si uno hace bien la descompresión, a conforme te marca la tabla y a cómo te tienes que salir, no te pasa nada. Porque la mayoría de los buzos, no, no, no se descompresionan.

El 93% de los pescadores afirma que los problemas asociados a la descompresión son el principal riesgo para la salud que se enfrenta un buzo para encontrar y pescar *erizo silvestre*

con gónada comercializable. Y todos los pescadores encuestados (n=15) perciben que la práctica de la translocación reduce el riesgo de sufrir una descompresión en el buceo.

Las percepciones sobre la reducción de los riesgos a la salud mediante la participación en actividades relacionadas a la translocación de erizos implican condiciones de buceo significativamente diferentes. Una diferencia importante es la profundidad y duración de las inmersiones. Sin embargo, el proceso de translocación también implica inmersiones para sacar *erizo flaco* de las zonas fuentes e inmersiones para colocarlo en las zonas objetivo. Las observaciones indican que las zonas fuente son amplias y heterogéneas, con profundidades de hasta 25 m. Aunque, encontramos evidencia de que las inmersiones para la translocación son más breves, ya que los *erizos flacos* se encuentran agrupados y se cosechan en zonas previamente determinadas –es decir, "se va a lo seguro". Como resultado, el tiempo total de la jornada, que incluye el traslado al sitio, la cosecha, la siembra y el retorno a tierra, se reduce a entre 5 y 6 horas -una jornada corta (observaciones directas)-.

3.2 La translocación como medida de manejo pesquero

La translocación de erizo rojo en la cooperativa Ensenada es una estrategia organizada de manejo pesquero (Tabla I). La subcategoría D, Regulación y seguimiento, muestra que esta práctica sigue un esquema estructurado basado en decisiones colectivas, protocolos técnicos, delimitación de zonas exclusivas, control de cantidades y monitoreo continuo.

3.2.1 Organización entre los pescadores previo a la translocación

Los pescadores informaron que las decisiones sobre la translocación son discutidas y aprobadas en una reunión previa al inicio de las actividades de translocación (Tabla 1. subcategoría D. Regulación y seguimiento, código D1. Organización entre los pescadores previo a la translocación).

Códigos en vivo:

(Pescador con más de 10 años de experiencia como técnico)

Antes de hacer la translocación los citamos a una reunión a todos los buzos que van a hacer translocación y hacemos el protocolo y el programa y nos encargamos de recordarles, van a ser tantos kilos, tantas jabas, damos las recomendaciones.

Durante la reunión previa a las actividades de translocación, los pescadores acuerdan la fecha de inicio y determinan quiénes participarán en la jornada. El técnico pesquero indica los sitios de extracción de erizos flacos. También, explica la manera correcta de manipularlos y señala los lugares donde deberán ser colocados, estableciendo también la hora de inicio de las actividades. Cada equipo detalla los recursos disponibles, incluyendo embarcaciones y personas, y, en caso necesario, solicitan apoyo de otros equipos para garantizar que la translocación se realice de manera eficiente y coordinada. Durante esta planificación se observa un ambiente de solidaridad y responsabilidad, donde los miembros se apoyan mutuamente (observación directa).

3.2.2 Protocolo para la translocación

El proceso de translocación se basa en un protocolo con lineamientos establecidos. Estos lineamientos incluyen la cantidad de *erizos flacos* que cada embarcación puede translocar por jornada, las condiciones de transporte y la forma en que los buzos deben colocar los *erizos flacos* en los sitios de translocación, entre otros lineamientos (Tabla 1; subcategoría D. Regulación y seguimiento, código D2. Protocolo mejorado para la translocación).

El técnico pesquero selecciona las zonas fuente de erizos tras evaluar visualmente la abundancia de individuos e inferir su estado gonadal. En algunos casos, procesa una muestra de erizo flaco en la planta para confirmar su diagnóstico (observación directa). Las zonas

fuentes deben contar con suficiente densidad de erizos rojos para justificar la extracción durante una jornada de translocación y presentar escasa o nula cobertura de algas pardas, especialmente *Macrocystis pyrifera* y *Eisenia arborea*; si una zona presenta cobertura importante de *estas algas*, los erizos no se extraen de esa zona. Estas decisiones se basan en el conocimiento y la experiencia del técnico, quien cuenta con más de 10 años en esta función. Posteriormente, los pescadores cosechan los erizos flacos en las zonas y cantidades que determina el técnico (observación directa).

Una vez que los pescadores recolectan la cantidad establecida, trasladan los erizos en recipientes cubiertos con mantas húmedas para protegerlos del sol y asegurar su supervivencia (observación directa y encuestas). Durante la translocación, una embarcación de apoyo mide y pesa una muestra de *erizos flacos* de cada embarcación participante. Esta información permite estimar la cantidad total y el tamaño promedio de los erizos translocados por cuadrante y por temporada (observación directa, revisión de documentos de la cooperativa).

3.2.3 Zona exclusiva para manejo de erizo y rotación de los cuadrantes usados como zona objetivo

Los pescadores informaron que la zona donde se translocan los erizos flacos -la zona objetivo de translocación- es una zona exclusiva para el manejo de los erizos (Tabla 1; subcategoría D. Regulación y seguimiento, código D3. Zona exclusiva para manejo de erizo). Además, la zona objetivo de translocación tiene una superficie definida y está subdividida en cuadrantes. Los cuadrantes son las unidades que se utilizan y se rotan como zona objetivo por cada temporada de pesca (Tabla 1; subcategoría D. Regulación y seguimiento, código D4. Rotación de los cuadrantes usados como zona objetivo).

Códigos en vivo:

(Pescador con más de 10 años de experiencia como técnico)

Zona de veda que hacemos nosotros. Polígono designado para hacer la translocación.

Dentro de los 3km cuadrados hacemos cuadrantes de 500 m y es donde metemos...

El técnico pesquero de la cooperativa es el encargado de llevar el control de los cuadrantes en la zona objetivo, define en qué cuadrante se translocarán los erizos de la jornada (observación directa). Los cuadrantes objetivo de cada jornada de translocación se delimitan con boyas que indican a los pescadores dónde colocar los erizos (observación directa).

3.2.4 Presencia de macroalgas pardas en la zona de translocación que dan el color y sabor a la gónada de erizo.

La presencia de *Macrocystis pyrifera*, *Eisenia arborea*, *Pterygophora californica* y otras algas laminariales es importante para seleccionar sitios para la translocación de erizos. Según la experiencia de los pescadores entrevistados, estas macroalgas influyen directamente en la calidad comercial de la gónada del erizo, otorgándole un color amarillo similar a la yema de huevo y un sabor dulce, ambos atributos altamente valorados en el mercado (Tabla I; subcategoría D. Regulación y seguimiento, código D5. Presencia de macroalgas pardas en la zona de translocación que dan el color y sabor a la gónada de erizo).

Por su parte, los buzos pescadores encuestados coincidieron en que *Macrocystis pyrifera* es una de las especies más abundantes en la zona objetivo, y el 73.3% también identificó a *Eisenia arborea* como una de las principales. Sin embargo, al preguntar si seleccionan sitios de translocación específicamente por la presencia de macroalgas pardas, la mayoría indicó que no, y solo cinco pescadores respondieron afirmativamente. Sugiere que, aunque la

presencia de algas pardas es relevante para la calidad de la gónada, los buzos que realizan la translocación en general no priorizan ni poseen información detallada sobre este criterio al elegir los sitios.

Códigos in vivo:

(Pescador con más de 10 años de experiencia como técnico)

Pteligofora, eisenia, laminarias y macrocystis son las 4 macroalgas que buscamos para hacer la translocación. Nosotros los ponemos donde hay macrocystis. Por lo regular buscamos donde estén los bosques para rápido recuperar el erizo.

(Pesador con más de 4 años de experiencia como buzo-pescador)

No pues gran presencia de algas. Por la comida abundante, es el fundamento para que el erizo engorde.

3.2.5 Control cantidades erizo que translocan

Los pescadores informaron que la cooperativa regula la cantidad de erizos translocados con base en una cantidad previamente establecida, la cual consideran que no genera daños en el bosque de macroalgas receptor. Esta cantidad ha sido determinada a partir de la experiencia acumulada durante los últimos 10 años de translocaciones (Desde 2012; Tabla I; subcategoría D. Regulación y seguimiento, código D6. Control cantidades erizo que translocan).

Códigos in vivo:

(Pesador con más de 10 años de experiencia como técnico)

...llevamos una cuota, hay que medir tallas, hay que pesar, hay que hacer un control. Tenemos 10 años haciendo esto

A través del tiempo fuimos aprendiendo a prueba y error. Si repoblábamos muchos erizos a la zona nos dimos cuenta que el erizo no engordaba y se comía toda la vegetación del fondo.

Gracias a los muestreos hechos por la embarcación de apoyo durante las actividades de translocación, se pudo determinar que durante la temporada 2022–2023, se translocaron un

total de 12,415 kg de erizo rojo, equivalentes a 33,534 individuos, en un área total de 0.5 km² (500,000 m²). El 9 de julio de 2022 se trasladaron 6,619 kg (18,818 individuos) a dos cuadrantes de 500 × 500 m (J50 y J68, cada uno de 0.25 km²). Posteriormente, los días 6 y 8 de agosto de 2022, se translocaron 5,796 kg (14,716 individuos) nuevamente al cuadrante J50. Esto representa una densidad promedio de 0.0248 kg/m² o 0.0671 individuos/m² en el área total intervenida.

3.2.6 Monitoreo de la gónada de los erizos que están en engorda

Los pescadores monitorean regularmente el estado de la gónada de los erizos en la zona objetivo para determinar el tiempo de permanencia. También consideran las condiciones del mercado —buscando momentos de alta demanda y baja oferta— y las condiciones climáticas, utilizando la zona objetivo durante mal tiempo, ya que está más cerca de la costa y representa menor riesgo para los pescadores (Tabla I; subcategoría D. Regulación y seguimiento, código D7. Monitoreo de la gónada de los erizos que están en engorda). En este sentido, la zona objetivo funciona como un almacén natural, asegurando la disponibilidad de erizos con gónada comercializable ante aumentos de la demanda o condiciones climáticas adversas, además es una zona restringida, donde los pescadores solo pueden extraer erizos cuando reciben autorización (Tabla I; subcategoría D8. Zona de translocación como un almacén natural de erizos). Estas prácticas permiten una gestión estratégica de la translocación, garantizando tanto la calidad de la gónada como la disponibilidad de erizos para la pesca.

Códigos in vivo:

(Pescador con más de 10 años de experiencia como técnico)

Estamos revisando constantemente la gónada para irnos a lanzar al mercado y esperamos que esté la AA que es la más cara, que es lo que buscamos cuando es engorda.

La zona de translocaciones es una alcancía para los pescadores.

Esta zona como está vedada y la tenemos cerrada internamente...

(Pesador con más de 4 años de experiencia como buzo-pescador de erizo)

En el momento que vale más el erizo. Supuestamente sube más el precio y lo dejan para ese tiempo.

Para monitorear los erizos translocados en la zona objetivo, la cooperativa envía equipos de pesca a recolectar una muestra y evaluar su rendimiento gonadal. Esta evaluación permite decidir si es conveniente cosecharlos en ese momento (fuente: mensajes de texto y hojas de datos de la cooperativa de una muestra tomada por dos embarcaciones que recolectaron erizo en la zona de translocación el 19 de noviembre de 2022).

Por lo general, la cooperativa inicia la temporada de pesca de erizo capturando erizos translocados en la temporada anterior, es decir, “*abren la zona de translocación*”. En los meses de julio y agosto anticipan una mayor demanda del mercado y un buen rendimiento gonadal en dicha zona (entrevistas informales). Según los registros de la cooperativa para las temporadas 2022–2023, 2023–2024 y 2024–2025, durante julio y agosto se captura tanto *erizo translocado* como *erizo silvestre* (Figura S3.A). En este periodo, el 80 % de los días de pesca de *erizo translocado* fueron redituables (rendimiento gonadal >6 %), mientras que solo el 30 % de los días de pesca de *erizo silvestre* superaron este umbral. Durante septiembre y octubre, la pesca se centró mayormente en *erizo silvestre*, con un porcentaje más alto de días redituables (73%; Figura S3.B).

Los pescadores señalaron que, bajo ciertas condiciones de mercado y dependiendo del estado de las gónadas, la cooperativa puede decidir capturar los erizos translocados en la misma temporada (translocados entre julio-agosto). Esto ocurre generalmente en noviembre o diciembre, por lo que los erizos pueden permanecer entre tres y cinco meses en la zona de

translocación (observación directa, entrevistas informales, mensajes de texto). Los registros de la cooperativa (temporadas 2022–2023, 2023–2024 y 2024–2025) indican que, en los meses de noviembre y diciembre, se pescó *erizo translocado* con un 87 % de días redituables, frente a un 67 % de días redituables por pesca del *erizo silvestre* (Figura S3.C). Por otra parte, en enero y febrero, sólo se pescó *erizo silvestre* con un 45% de días redituables (Figura S3.D).

3.3 Cambios percibidos por los pescadores e impactos en los ecosistemas receptores de erizos.

Para evaluar la percepción de los pescadores sobre la cobertura de macroalgas en la zona de translocación, utilizamos imágenes representativas de distintos niveles de cobertura. Estas imágenes ilustran la presencia de *M. pyrifera*, *Eisenia arborea* y del sotobosque algal y permitieron a los pescadores asignar una calificación visual en una escala del 1 al 5 (Tabla S2, ID 4, 5 y 6). Las respuestas muestran que los pescadores seleccionan zonas con alta cobertura de *M. pyrifera*, *E. arborea* y algas del sotobosque para colocar los erizos translocados (Figura 6).

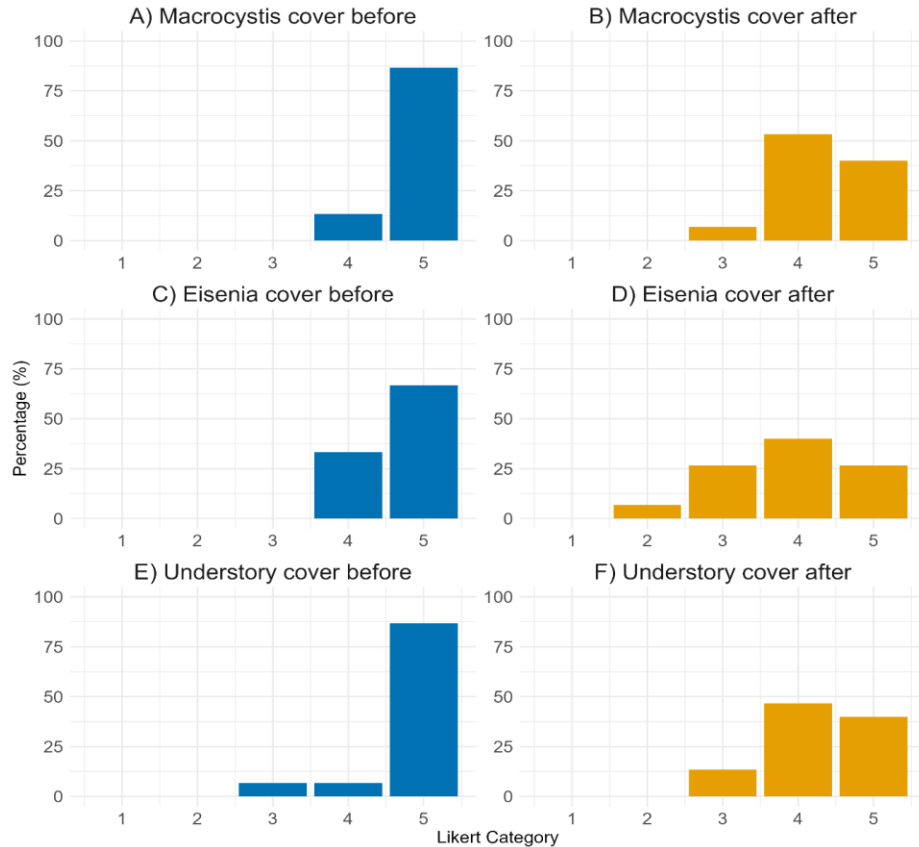


Figura 6. Percepción de los pescadores sobre la abundancia de las algas más prevalentes en la región, *Macrocystis pyrifera* y *Eisenia arborea*, junto con las algas del sotobosque antes y después de la translocación en la zona objetivo (n=15). A. Cobertura de *Macrocystis* antes, representa la percepción de los pescadores sobre la abundancia de *M. pyrifera* en la zona objetivo de la translocación antes de la translocación de erizos. B. Cobertura de *Macrocystis* después representa la percepción de los pescadores sobre la abundancia de *M. pyrifera* en las zonas objetivo una vez que se pescan los erizos translocados. C. Cobertura de *Eisenia* antes representa la percepción de los pescadores sobre la abundancia de *Eisenia arborea* en el área objetivo de translocación antes de la translocación de erizos. D. Cobertura de *Eisenia* después representa la percepción de los pescadores de la abundancia de *E. arborea* en las zonas objetivo una vez que se pescan los erizos translocados. E. Cobertura del sotobosque antes representa la percepción de los pescadores de la abundancia de algas del sotobosque en el área objetivo de translocación antes de la translocación de erizos. F. Cobertura del sotobosque después representa la percepción de los pescadores sobre la abundancia de algas del sotobosque en las áreas objetivo una vez que se pescan los erizos translocados. Las puntuaciones se asignaron en una escala de 1 a 5, correspondiendo cada número a una imagen de referencia que proporcionaba una estimación visual de la abundancia de algas (Tabla S2, ID 4, 5 y 6). Estas imágenes facilitan la detección de cambios en la abundancia de algas sin mostrar detalles específicos de la cubierta.

Tras el periodo de engorda y la posterior pesca del erizo translocado, la mayoría de los pescadores percibió una disminución en la abundancia de macroalgas (Figura 6). Sin embargo, como los erizos pueden permanecer en la zona de translocación entre algunos meses y hasta un año, esta disminución percibida no puede atribuirse únicamente a la herbivoría de los erizos, sino también a factores ambientales.

Los pescadores entrevistados identifican el comportamiento de agregaciones destructivas de erizos y la creación de las brechas —zonas desprovistas de macroalgas— en los lechos de macroalgas (Feehan et al., 2012). Los pescadores describen que los erizos se agrupan y se desplazan en conjunto para alimentarse, un comportamiento que identifican como “manchas” y lo consideran natural. Señalan que, durante este pastoreo destructivo, los erizos consumen todas las algas disponibles. El técnico señala que este comportamiento destructivo se observó al inicio de las experiencias de translocación, cuando notaron que “arrasaban con todo el bosque”. Esta situación los llevó a ajustar su manejo, incorporando revisiones antes y después de la translocación, así como monitoreos mensuales para evaluar cambios en la cobertura de algas y el comportamiento de los erizos.

En las encuestas, cuando se les preguntó si habían observado agregaciones o “manchas” de erizos translocados pastoreando juntos, el 93,33% de los pescadores encuestados (14 de 15) respondió afirmativamente, mientras que el 6,67% (1 de 15) indicó que no lo había observado. Además, al indagar sobre la presencia de brechas que pudieran atribuirse al pastoreo destructivo de erizos dentro del bosque, el 73,33% de los pescadores (11 de 15) dijo que sí los habían identificado, el 13,33% (2 de 15) mencionó que sí, pero lo atribuyeron a los erizos morados, y el 13,33% (2 de 15) afirmó no haber observado dicha presencia.

Códigos in vivo:

(Pescador con más de 10 años de experiencia como técnico)

Sí, ellos como que se reúnen en familias y empiezan a viajar, a moverse, a pastear se empiezan a separar hasta que agarran su hábitat, pero si salen a pastear juntos.

Es un comportamiento natural porque lo podemos ver dentro de la translocación y lo podemos ver afuera en las zonas comerciales, es un patrón de él.

(Pescador con más de 4 años de experiencia como buzo-pescador de erizo)

Porque el erizo morado, ya como les digo, se va... va arrasando con todo pues. El morado nomás.

3.4 Estructura ecológica del ecosistema receptor antes y después de la translocación

La comparación de la estructura de la comunidad antes y después de la translocación, con base en especies ecológicamente asociadas a los erizos rojos, muestra ligeras diferencias en la composición comunitaria. En la ordenación nMDS, las muestras correspondientes a los grupos antes (azul) y después (naranja) tienden a agruparse de forma diferenciada, con una superposición parcial de las elipses de confianza (Figura 7). Esto sugiere una separación parcial en el espacio multivariado: algunas muestras mantienen composiciones similares entre ambos momentos. Los resultados del análisis PERMANOVA, una diferencia marginalmente significativa en la composición de las comunidades entre los grupos temporales (Antes–Después; $p = 0.051$) —aunque este valor no alcanza el umbral tradicional de significancia estadística ($p < 0.05$). El modelo explica el 28.23% de la variación en la matriz de disimilitud Bray-Curtis, atribuida a las diferencias temporales (ver las pruebas nMDS y PERMANOVA del total de especies en el Material Suplementario 7; Figure S4, Tabla S4).

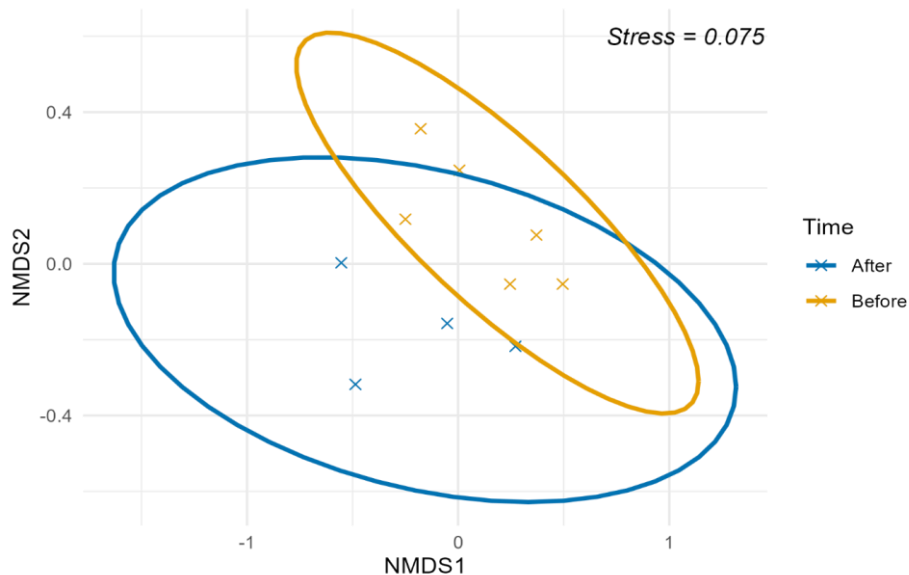


Figure 7. Comparación de la estructura de la comunidad de tres grupos taxonómicos (algas, peces e invertebrados) antes y después de la translocación, mediante un análisis de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) de la matriz de semejanza de Bray–Curtis. El análisis se basó en especies ecológicamente asociadas al erizo rojo (según Vilalta-Navas et al., 2018). En naranja se muestra la estructura de la comunidad antes de la translocación y en azul, después del periodo de permanencia y pesca de los erizos translocados, correspondiente a la temporada 2022–2023.

De forma complementaria, los resultados de la prueba U de Mann–Whitney permitieron evaluar los cambios en la densidad de especies antes y después de la translocación. Las especies que mostraron diferencias estadísticamente significativas entre periodos ($U < U$ crítica, $p < 0.05$) fueron *Pterygophora californica* ($U = 0.0$), *Dictyotales* ($U = 3.5$), *Laminarias* ($U = 3.0$) y *Strongylocentrotus purpuratus* ($U = 3.0$). En general, estas especies presentaron un aumento en su densidad después de la translocación, con excepción de *Laminarias*, cuya densidad disminuyó (Figura 8; vea el total de las especies en el Material Suplementario 7; Figura S5, Figura S6, Figure S7).

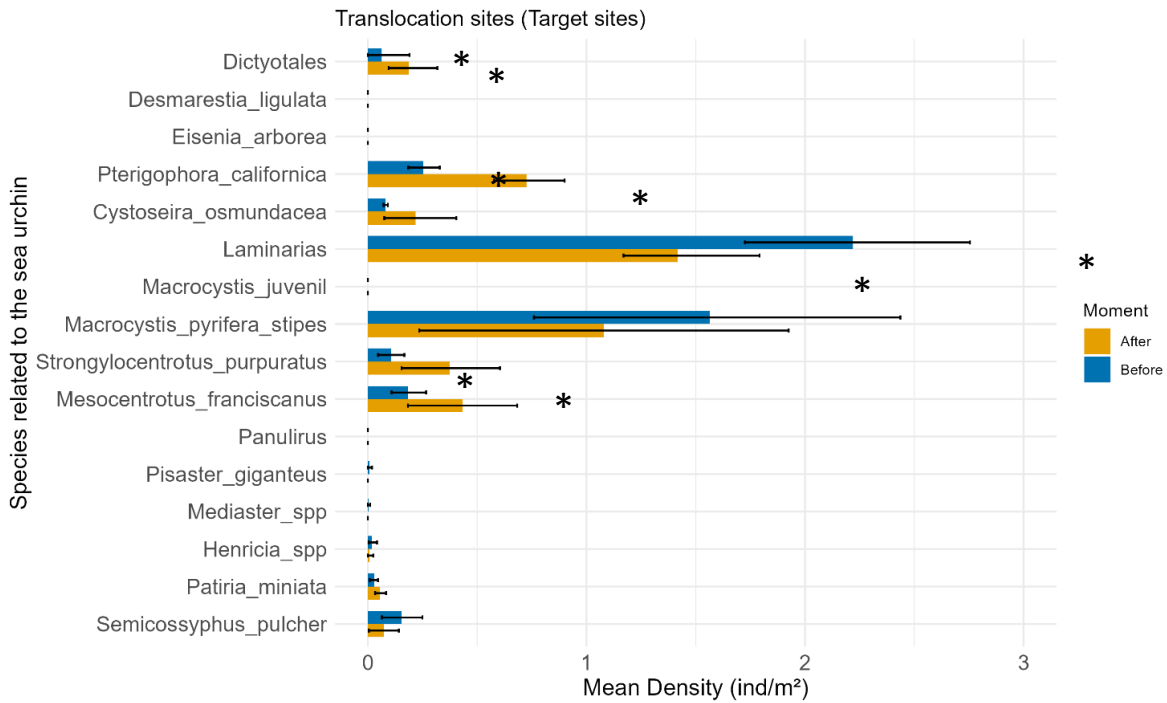


Figure 8. Densidad media ($\pm 95\%$ intervalos de confianza) de especies asociadas con erizos rojos, identificadas por Vilalta-Navas et al. (2018), antes y después de la translocación de erizos rojos en los sitios de intervención (sitios objetivo) en la Bahía de El Rosario, Baja California, México. * Indica diferencias estadísticamente significativas basadas en la prueba U de Mann-Whitney ($U < U_{critical}$).

4. Discusión

Los pescadores no conciben la translocación como un reemplazo de la pesca de *erizo silvestre*, sino como una práctica complementaria que les permite mejorar la eficiencia de su actividad. Los *erizos translocados* alcanzan estándares de calidad más homogéneos en comparación con los *erizos silvestres*, lo que facilita la comercialización y reduce la incertidumbre sobre los ingresos obtenidos en cada jornada de pesca. Además, la translocación implica un esfuerzo colectivo, ya que, si bien la cooperativa cubre los costos operativos, los pescadores aportan su tiempo y trabajo sin recibir un pago directo por la siembra. No obstante, reconocen que este esfuerzo genera beneficios a mediano plazo, asegurando un acceso más estable y predecible a un recurso de calidad. Los pescadores

perciben que la translocación tiene un impacto positivo en la sostenibilidad del recurso, ya que parte de los *erizos translocados* quedan en la zona objetivo sin ser cosechados, lo que favorece la repoblación. Los aspectos sociales también juegan un papel clave en la decisión de translocar. Los pescadores asocian esta práctica con una reducción del riesgo en el buceo, ya que les permite operar en aguas menos profundas y con menor esfuerzo físico. Esto no solo disminuye la posibilidad de accidentes, sino que también representa una mejora en su bienestar laboral. En conjunto, estas motivaciones evidencian que la translocación de erizo rojo contribuye a la estabilidad económica de los pescadores y aporta beneficios ecológicos y sociales que refuerzan la sostenibilidad de la pesquería.

La translocación de erizo rojo por parte de la cooperativa Ensenada es una estrategia estructurada de manejo pesquero que combina organización colectiva, regulación y monitoreo continuo. Antes de cada translocación, los pescadores coordinan las actividades en reuniones donde establecen fechas, participantes y recuerdan el protocolo. Durante el proceso, siguen lineamientos técnicos para la cosecha, transporte y reubicación de los erizos en zonas exclusivas de manejo. Estas zonas, delimitadas y rotadas estratégicamente, garantizan condiciones para la engorda, aprovechando la presencia de macroalgas pardas que mejoran la calidad del producto. El monitoreo constante permite ajustar las estrategias de cosecha de los erizos en función del rendimiento gonadal de los erizos, la demanda del mercado y las condiciones climáticas. Además, la zona de translocación funciona como un “almacén natural”, asegurando la disponibilidad de erizo comercializable en momentos clave.

Los pescadores perciben que, tras los periodos de engorda, la cobertura de macroalgas puede reducirse y que los erizos, al agruparse, generan brechas asociadas a un pastoreo intenso; sin

embargo, consideran este comportamiento natural y también atribuyen estas disminuciones a factores ambientales. El análisis ecológico confirma cambios en el ecosistema receptor después del periodo de engorda de los erizos translocados: aumentó la densidad de *P. californica*, Dictyotales y del erizo morado *S. purpuratus*, mientras que las laminarias (específicamente *Laminaria farlowii*) disminuyeron. Estos resultados sugieren que la translocación provoca variaciones detectables, pero no un cambio catastrófico en la estructura del ecosistema, aunque sí justifican la necesidad de mantener un monitoreo continuo y evaluaciones a mediano y largo plazo.

4.1 La dimensión humana en el manejo de pesquerías

Las decisiones de los pescadores en torno a la pesca responden a una racionalidad compleja que va más allá de las motivaciones económicas (Pollnac & Poggie, 2008; Salas et al., 2004). Por ejemplo, en las pesquerías de pequeña escala de Chile y Perú, los pescadores también consideran la legitimidad de las normas, los valores morales individuales, las normas sociales del grupo y el comportamiento de sus pares para decidir si cumplen con las normas pesqueras (Dresdner et al., 2015; Guirkingner et al., 2021). De forma similar, en la cooperativa Ensenada, la adopción de la translocación de erizos rojos no solo respondió a la expectativa de un mayor rendimiento económico, sino también a preocupaciones por la salud y la seguridad de los buzos. Por tanto, las decisiones de manejo en pesquerías de pequeña escala están guiadas por una combinación de motivaciones ecológicas, económicas, culturales, sociales, de salud y de identidad (Leite et al., 2023). Además, las decisiones pesqueras están profundamente influidas por las condiciones locales en las que se desarrollan y por las características propias de los recursos pescados (Oliveto-Andrade et al., 2024; Ostrom,

2009). Reconocer esta complejidad es fundamental para entender las estrategias de manejo de los grupos pesqueros de pequeña escala.

4.2 Sistema de incentivos y sanciones para el cumplimiento de los sistemas internos de gestión

Ostrom (1990, 2009) sostiene que el éxito en el manejo comunitario de recursos comunes requiere no solo reglas claras, sino también mecanismos de monitoreo, aplicación y sanción diseñados localmente que fomenten su cumplimiento. En el contexto de las pesquerías los mecanismos de aplicación y disuasión son fundamentales para asegurar el cumplimiento de las normas formales impuestas por el Estado (Sierra Castillo et al., 2024). Sin embargo, es bien reconocido que los grupos pesqueros de pequeña escala también desarrollan e implementan sus sistemas internos de cumplimiento más acordes con su realidad social, económica y organizativa (Cassio Madrazo & Taddei Bringas, 2017; Pimentel Equihua et al., 2024). En estos contextos, los mecanismos de cumplimiento de los grupos o comunidades pueden resultar eficaces cuando son percibidos como legítimos y coherentes con las normas del grupo (Basurto, 2005). Además, es ampliamente reconocida la necesidad de establecer sistemas de co-manejo adaptativo, que permitan la adecuación de la gestión a los contextos locales y sensibles a las condiciones socioeconómicas y biofísicas fluctuantes (Armitage et al., 2009). En línea con este enfoque, la cooperativa ha implementado un sistema de gestión interna que articula vigilancia local, incentivos y sanciones, junto con estrategias de disuasión que incluyen procesos educativos promovidos por OSC y universidades, así como discursos internos que refuerzan valores colectivos. Esta combinación de mecanismos ha fortalecido el cumplimiento de las normas del sistema de manejo de la pesquería de erizo rojo, por ejemplo,

el respeto a las zonas de translocación y los derechos de pesca exclusivos para quienes participaron en la actividad.

4.3 Retroalimentación dinámica entre las motivaciones y los procesos ecológicos

En las pesquerías de pequeña escala, las motivaciones que orientan las decisiones de manejo influyen directamente en los procesos ecológicos, los cuales, a su vez, retroalimentan las percepciones, los conocimientos y los valores de los propios pescadores (Berkes et al., 2000, 2003). Esta retroalimentación dinámica, característica del enfoque socio-ecológico, —o *feedback loop*— es clave para comprender por qué ciertas prácticas de manejo emergen, se mantienen o se ajustan a lo largo del tiempo, principios fundamentales en el establecimiento de sistemas de co-manejo adaptativo. La experiencia de la cooperativa Ensenada ejemplifica este tipo de dinámica. Al observar mejoras en la calidad de la gónada de los erizos translocados, los pescadores comenzaron a incrementar la cantidad trasladada a las zonas objetivo. Sin embargo, tras notar una disminución en la cobertura del kelp, decidieron reducir el número de erizos movilizados hasta alcanzar un nivel que consideraron ecológica y productivamente óptimo. Además, siguen tomando decisiones basadas en las observaciones del grupo, como ampliar la zona de translocación o dónde extraer los erizos flacos. Un patrón similar se ha documentado en el Golfo de California, donde los pescadores establecieron Zonas de Refugio Pesquero para restaurar poblaciones locales. Tras la expiración oficial de estas zonas en 2017, fueron ellos mismos quienes, basándose en su experiencia directa y en señales de recuperación ecológica, decidieron rediseñarlas y ampliarlas (Quintana et al., 2021) demostrando un aprendizaje social poco común y que no es posible de generalizar al resto de las unidades económicas que implementan esta práctica, pero que en su caso ha favorecido la resiliencia del sistema. Estos casos muestran que las motivaciones no son

estáticas, sino que evolucionan conforme los actores locales interpretan y responden a los cambios del ecosistema (Ostrom, 2009).

4.4 Límites e incertidumbres ecológicas de la translocación

La interacción entre erizos y bosques de kelp ejemplifica la complejidad ecológica de las pesquerías de pequeña escala. Los erizos, como herbívoros clave, regulan la estructura de estos bosques; cuando su abundancia supera ciertos umbrales, pueden desencadenar procesos de deforestación (Filbee-Dexter & Scheibling, 2014; Karatayev et al., 2021; Steneck et al., 2002). En Baja California, los bosques de kelp enfrentan una alta vulnerabilidad ecológica debido a perturbaciones como las ondas de calor marinas extremas y la sobreabundancia de erizos (Arafeh-Dalmau et al., 2019; Beas-Luna et al., 2020b). En este contexto, las acciones humanas —particularmente las prácticas pesqueras como la translocación— pueden tener efectos opuestos: por un lado, favorecer la restauración al remover erizos en zonas degradadas (Miller et al., 2022); por otro, aumentar la presión sobre bosques persistentes, especialmente aquellos en recuperación temprana (Bekkby et al., 2015), lo que dificulta predecir con certeza los resultados ecológicos de la práctica. Hasta ahora, el sistema de manejo implementado por la cooperativa ha mostrado capacidad para detectar y mitigar impactos negativos. Aunque no existe garantía de que esta capacidad se mantenga en el futuro, la evidencia sugiere que, bajo ciertas condiciones, la translocación de erizos puede realizarse sin provocar la deforestación de bosques de kelp (Blount et al., 2017).

La estrategia de translocación implementada por la cooperativa implica concentrar erizos en zonas específicas. Sin embargo, estas agregaciones pueden inhibir el movimiento individual, ralentizar el avance del frente de pastoreo y concentrar la herbivoría en áreas reducidas, lo que puede intensificar su impacto sobre las macroalgas (Parnell et al., 2017). Los pescadores

confirman que los erizos tienden a agruparse en “manchas” móviles, capaces de desplazarse hasta un kilómetro antes de estabilizarse en refugios. Además, reportan una disminución en la cobertura de macroalgas en la zona objetivo después del periodo de engorda. Ante estos riesgos, la cooperativa ha establecido un umbral operativo sobre la cantidad de erizos que pueden translocar, con el objetivo de evitar la deforestación del bosque de kelp. También ha adoptado criterios ecológicos para la selección de zonas objetivo, priorizando aquellas con cobertura algal permanente. Sin embargo, el número exacto de erizos a translocar no está claramente definido y suele variar en función de la persona que coordina la estrategia y de las decisiones de la mesa directiva. Esto sugiere que el manejo depende en gran medida del conocimiento ecológico local, la experiencia práctica y las capacidades organizativas de quién o quiénes lideran el proceso (Bodin, 2017; Folke et al., 2005; Olsson et al., 2004; Ostrom, 2010).

Si bien estas medidas representan avances importantes, aún no se dispone de evaluaciones sistemáticas que permitan comprender el impacto acumulado de las translocaciones sobre la resiliencia del bosque de kelp a mediano y largo plazo, pero documentar las prácticas de la cooperativa Ensenada puede ser de utilidad a otros casos que busquen crear directrices similares. Para mantener la contribución positiva de esta estrategia bajo escenarios ecológicos cambiantes, es necesario intensificar el enfoque precautorio y evitar asumir que su efectividad será constante en el tiempo. En este sentido, se requieren indicadores ecológicos tempranos del cambio, límites espaciales y temporales claramente definidos y procesos de toma de decisiones informados tanto por evidencia científica como por conocimiento local. Un aspecto fundamental del éxito de la sostenibilidad ecológica depende de la existencia de buenos sistemas de seguimiento y evaluación (Cota-Nieto et al., 2018a;

Ponce-Díaz et al., 2009). Desafortunadamente, pareciera una práctica bastante común el no darles un seguimiento y una evaluación adecuados a estrategias de translocación similares que se realizan con otras especies de invertebrados de importancia pesquera en otras partes del mundo (ver Capítulo I; Tavera-Ortiz et al. 2025).

4.5 Translocación como estrategia de manejo adaptativa y promotora de resiliencia socioecológica

La translocación de erizos por parte de la cooperativa Ensenada puede entenderse como una estrategia de manejo adaptativo, ya que ha sido ajustada progresivamente con base en la experiencia, el monitoreo informal y el conocimiento ecológico de los pescadores, lo que refleja la capacidad del grupo para aprender y responder a la variabilidad ecológica. En términos de resiliencia, este tipo de manejo favorece la capacidad del sistema socioecológico para anticiparse y adaptarse a perturbaciones ecológicas y económicas (Micheli et al., 2024; Valdez-Rojas et al., 2022). En suma, la translocación de erizos bajo ciertas condiciones puede contribuir a la resiliencia socioecológica de la pesquería; no obstante, su continuidad y efectividad futura dependerán de la capacidad del sistema para seguir adaptándose frente a la incertidumbre ecológica y a los cambios socioeconómicos.

4.6 Escalabilidad de la estrategia de manejo

Aunque los resultados de este estudio muestran que la translocación de erizo rojo ha sido efectiva como estrategia adaptativa en el caso de la cooperativa Ensenada, su éxito depende no solo de las condiciones oceanográficas óptimas (p. ej. temperatura, nutrientes, oxígeno, etc.; (Grime et al., 2023; McBride et al., 1997; Teck et al., 2018), sino también de condiciones sociales, organizativas, económicas e institucionales específicas (ver Capítulo I; (Tavera-Ortiz et al., 2025). Otras cooperativas que intentaron replicar la práctica la

abandonaron ante la falta de resultados positivos sostenidos en el tiempo, lo que sugiere que su viabilidad está estrechamente vinculada a factores internos (comunicación personal con la directora del CRIAP en marzo de 2022). La experiencia de la cooperativa Ensenada revela que este tipo de estrategia de manejo requiere un capital social consolidado (por ejemplo, cohesión interna, relaciones de confianza, normas compartidas, resolución de conflictos y sentido de pertenencia), mecanismos internos de coordinación y cumplimiento (por ejemplo, acuerdos internos sobre translocación y vigilancia comunitaria) y conocimiento ecológico local (por ejemplo conocimiento sobre la influencia del tipo de macroalgas en la calidad de la gónada, comportamiento de los erizos e identificación de las zonas adecuadas para cosechar y sembrar erizos; (Kosamu, 2015). Además, la existencia de infraestructura para el procesamiento del erizo y la capacidad de comercializarlo sin intermediarios han sido elementos clave para implementar la estrategia de manejo de forma efectiva. El respaldo de instituciones de gobierno —aunque limitado— resultó importante en las etapas iniciales de la estrategia. Estas condiciones no están presentes en todos los grupos pesqueros, lo que limita la transferibilidad y replicación automática del modelo.

Esta heterogeneidad también advierte sobre los desafíos de replicar estrategias de manejo en contextos donde no existen condiciones organizativas y sociales consolidadas. Las pesquerías exitosas suelen compartir atributos como liderazgo fuerte, normas compartidas, redes de colaboración y estructuras de incentivos claras (Frawley et al., 2024; Gutiérrez et al., 2011; Micheli et al., 2024). La ausencia de estos elementos puede limitar gravemente la efectividad de esquemas de manejo y generar resultados no deseados cuando se intenta escalar una práctica sin considerar su base social e institucional.

5. CONCLUSIONES

La translocación de erizos rojos por parte de la cooperativa Ensenada es una estrategia de manejo adaptativo emergente, construida a partir del conocimiento ecológico local, del monitoreo informal y de la experiencia colectiva. Translocar erizos rojos muestra que la cooperativa puede adaptar sus prácticas en respuesta a cambios en el ambiente, sin necesitar ayuda externa.

Las decisiones de manejo están guiadas por una racionalidad compleja, en la que se combinan motivaciones económicas, ecológicas y de salud. Esta perspectiva desafía visiones reduccionistas sobre las prácticas pesqueras. Por tanto, si las partes interesadas en la gestión pesquera consideran que las prácticas implementadas por los pescadores podrían tener impactos negativos o no se alinean con indicadores científicos y buscan cambiarlas, es fundamental comprender primero a fondo las motivaciones que las sustentan. Más que imponer cambios desde fuera, es necesario acompañar a los grupos pesqueros en el análisis de sus decisiones de manejo y retarlas con evidencia cuantitativa para, a partir de ese diálogo, determinar si es necesario eliminar las prácticas, proponer ajustes, reforzar las prácticas existentes o simplemente no intervenir. En este proceso, resulta clave construir confianza en el conocimiento científico.

A pesar de su efectividad local, la estrategia de translocar erizos enfrenta incertidumbres ecológicas relevantes. En particular, desconocemos el impacto acumulativo sobre la estructura, función y resiliencia de los bosques de kelp (*M. pyrifera*, *E. arborea* y *P. californica*), lo que justifica la necesidad de establecer un monitoreo sistemático.

La escalabilidad de esta práctica está limitada por condiciones contextuales. El estudio muestra que factores como el capital social, la infraestructura operativa y la autonomía organizativa fueron determinantes del éxito.

La experiencia de la cooperativa Ensenada ejemplifica un caso de resiliencia socioecológica construida desde abajo. Sin embargo, su continuidad dependerá de la capacidad del grupo para mantener procesos de aprendizaje colectivo, ajustar el manejo ante cambios ecológicos y sostener la legitimidad interna de sus reglas.

Finalmente, el estudio aporta una contribución novedosa al conocimiento internacional al documentar una forma de manejo informal de invertebrados bentónicos de alto valor en pesquerías de pequeña escala en México, con un papel potencial en la resiliencia de dichas pesquerías.

Referencias

Aceves-Bueno, E., Nenadovic, M., Dove, I., Atkins-Davis, C., Aceves-Bueno, J. S., Trejo-Ramirez, A., Rivas-Ochoa, C., Rodriguez-Van Dyck, S., & Weaver, A. H. (2023). Sustaining small-scale fisheries through a nation-wide Territorial Use Rights in Fisheries system. *PLOS ONE*, *18*(6), e0286739. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0286739>

Álvarez, P., Delgado, C., Espejel, I., & Seingier, G. (2018). Historia Ambiental del comanejo adaptativo en dos regiones pesqueras del noroeste mexicano. *Relaciones Estudios de Historia y Sociedad*, *39*(153), 41-67. <https://doi.org/10.24901/rehs.v39i153.390>

Arafeh-Dalmau, N., Montaña-Moctezuma, G., Martínez, J. A., Beas-Luna, R., Schoeman, D. S., & Torres-Moye, G. (2019). Extreme Marine Heatwaves Alter Kelp Forest Community Near Its Equatorward Distribution Limit. *Frontiers in Marine Science*, *6*, 499. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00499>

Armitage, D. R., Plummer, R., Berkes, F., Arthur, R. I., Charles, A. T., Davidson-Hunt, I. J., Diduck, A. P., Doubleday, N. C., Johnson, D. S., Marschke, M., McConney, P., Pinkerton, E. W., & Wollenberg, E. K. W. R. (2009). Adaptive Co-Management for Social-Ecological Complexity. *Frontiers in Ecology and the Environment*, *7*(2), 95-102.

Basurto, X. (2005). How Locally Designed Access and Use Controls Can Prevent the Tragedy of the Commons in a Mexican Small-Scale Fishing Community. *Society & Natural Resources*, *18*(7), 643-659. <https://doi.org/10.1080/08941920590959631>

Beas-Luna, R., & Ladah, L. B. (2014). Latitudinal, seasonal, and small-scale spatial differences of the giant kelp, *Macrocystis pyrifera*, and an herbivore at their southern range limit in the northern hemisphere. *Botanica Marina*, *57*(2). <https://doi.org/10.1515/bot-2013-0114>

Beas-Luna, R., Lorda, J., Malpica-Cruz, L., Montaña-Moctezuma, G., Zepeda-Domínguez, J. A., Vaca-Rodríguez, J. G., & Abadía-Cardoso, A. (2019). *Bosques de Macroalgas en Arrecifes Templados* (Primer Reporte) [Estado del Ciclo del Carbono en México: Agenda Azul y Verde]. Programa Mexicano del Carbono.

Beas-Luna, R., Micheli, F., Woodson, C. B., Carr, M., Malone, D., Torre, J., Boch, C., Caselle, J. E., Edwards, M., Freiwald, J., Hamilton, S. L., Hernandez, A., Konar, B., Kroeker, K. J., Lorda, J., Montaña-Moctezuma, G., & Torres-Moye, G. (2020). Geographic variation in responses of kelp forest communities of the California Current to recent climatic changes. *Global Change Biology*, *26*(11), 6457-6473. <https://doi.org/10.1111/gcb.15273>

Bekkby, T., Angeltveit, G., Gundersen, H., Tveiten, L., & Norderhaug, K. M. (2015). Red sea urchins *Echinus esculentus* and water flow influence epiphytic macroalgae density. *Marine Biology Research*, *11*(4), 375-384. <https://doi.org/10.1080/17451000.2014.943239>

Berkes, F., Colding, J., & Folke, C. (2000). Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management. *Ecological Applications*, *10*(5).

Berkes, F., Colding, J., & Folke, C. (2003). *Navigating Social-Ecological Systems: Building Resilience for Complexity and Change*.

Biggs, R., Preiser, R., de Vos, A., Schlüter, M., Maciejewski, K., & Clements, H. (2021). *The Routledge Handbook of Research Methods for Social-Ecological Systems* (1.^a ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003021339>

Bodin, Ö. (2017). Collaborative environmental governance: Achieving collective action in social-ecological systems. *Science*, *357*(6352), eaan1114. <https://doi.org/10.1126/science.aan1114>

Cárcamo, P. F., Henríquez-Antipa, L. A., Galleguillos, F., & Figueroa-Fábrega, L. D. (2021). Marine stocking in Chile: A review of past progress and future opportunities for enhancing marine artisanal fisheries. *Bulletin of Marine Science*, *97*(4), 729-748. <https://doi.org/10.5343/bms.2020.0052>

Cassio Madrazo, E., & Taddei Bringas, I. C. T. (2017). *Gobernanza y competitividad en cooperativas pesqueras de ribera del sistema lagunar Topolobampo-Ohuira-Santa María en Sinaloa, México*.

Cavanaugh, K. C., Reed, D. C., Bell, T. W., Castorani, M. C. N., & Beas-Luna, R. (2019). Spatial Variability in the Resistance and Resilience of Giant Kelp in Southern and Baja California to a Multiyear Heatwave. *Frontiers in Marine Science*, *6*, 413. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00413>

Chuenpagdee, R., & Jentoft, S. (2009). Governability Assessment for Fisheries and Coastal Systems: A Reality Check. *Human Ecology*, *37*(1), 109-120. <https://doi.org/10.1007/s10745-008-9212-3>

Comunidad y Biodiversidad A.C. (2018). *Reservas marinas totalmente protegidas en México (2005-2016)*. Comunidad y Biodiversidad A.C.

Cota-Nieto, J. J., Erisman, B., Aburto-Oropeza, O., Moreno-Báez, M., Hinojosa-Arango, G., & Johnson, A. F. (2018). Participatory management in a small-scale coastal fishery—Punta Abreojos, Pacific coast of Baja California Sur, Mexico. *Regional Studies in Marine Science*, *18*, 68-79. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2017.12.014>

Delgado-Ramírez, C. E. (2019). *Buceando erizo de mar. Etnografía biocultural de un sistema de manejo pesquero en Baja California* (primera). Secretaría de Cultura. Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Delgado-Ramírez, C. E., & Soto-Aguirre, E. (2018). Co-manejo pesquero e innovación social: El caso de la pesquería de erizo rojo (*Strongylocentrotus franciscanus*) en Baja California. *Sociedad y Ambiente*, *16*, 91-115. <https://doi.org/10.31840/sya.v0i16.1814>

DOF. (2012). *ACUERDO por el que se da a conocer el Plan de Manejo Pesquero de erizo rojo Strongylocentrotus franciscanus y erizo morado Strongylocentrotus purpuratus en la Península de Baja California, México.*

DOF. (2015, junio 24). *NORMA Oficial Mexicana NOM-007-SAG/PESC-2015, Para regular el aprovechamiento de las poblaciones de erizo rojo y morado en aguas de jurisdicción federal del Océano Pacífico de la costa oeste de Baja California.* http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5397876&fecha=24/06/2015

Dresdner, J., Chávez, C., & Barriga, O. (2015). Compliance in Artisanal Fisheries: Do Morality, Legitimacy, and Peer Effects Matter? *Marine Resource Economics*, 30(4), 349-370. <https://doi.org/10.1086/682215>

Early-Capistrán, M.-M., Solana-Arellano, E., Abreu-Grobois, F. A., Narchi, N. E., Garibay-Melo, G., Seminoff, J. A., Koch, V., & Saenz-Arroyo, A. (2020). Quantifying local ecological knowledge to model historical abundance of long-lived, heavily-exploited fauna. *PeerJ*, 8, e9494. <https://doi.org/10.7717/peerj.9494>

Filbee-Dexter, K., & Scheibling, R. (2014). Sea urchin barrens as alternative stable states of collapsed kelp ecosystems. *Marine Ecology Progress Series*, 495, 1-25. <https://doi.org/10.3354/meps10573>

Feehan, C., Scheibling, R., & Lauzon-Guay, J. (2012). Aggregative feeding behavior in sea urchins leads to destructive grazing in a Nova Scotian kelp bed. *Marine Ecology Progress Series*, 444, 69-83. <https://doi.org/10.3354/meps09441>

Flores-Guzmán, A. (2023). *Análisis de la pesquería de cinco especies de escama marina capturadas con línea de mano y trampa en El Rosario, Baja California, e isla de Cedros, Baja California Sur, México, en el marco de un Proyecto de Mejora Pesquera.* Comunidad y Biodiversidad A. C.

Flores-Guzmán, A., & López-Ercilla, I. (2021). *Análisis de la pesquería de cinco especies de escama marina capturadas con línea de mano y trampa en El Rosario, Baja California, México, en el marco de un Proyecto de Mejora Pesquera.* (p. 25). Comunidad y Biodiversidad A.C.

Folke, C. (2006). Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. *Global Environmental Change*, 16(3), 253-267. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.04.002>

Folke, C., Biggs, R., Norström, A. V., Reyers, B., & Rockström, J. (2016). Social-ecological resilience and biosphere-based sustainability science. *Ecology and Society*, 21(3), art41. <https://doi.org/10.5751/ES-08748-210341>

Folke, C., Haider, L. J., Lade, S. J., Norström, A. V., & Rocha, J. (2021). Commentary: Resilience and Social-Ecological Systems: A Handful of Frontiers. *Global Environmental Change*, 71, 102400. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102400>

Folke, C., Hahn, T., Olsson, P., & Norberg, J. (2005). *ADAPTIVE GOVERNANCE OF SOCIAL-ECOLOGICAL SYSTEMS.*

Frawley, T. H., González-Mon, B., Nenadovic, M., Gladstone, F., Nomura, K., Alberto Zepeda-Domínguez, J., Rodríguez-Van Dyck, S., Ferrer, E. M., Torre, J., Micheli, F., Leslie, H. M., & Basurto, X. (2024). Self-governance mediates small-scale fishing strategies, vulnerability and adaptive response. *Global Environmental Change*, 84, 102805. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2024.102805>

Garibay-Toussaint, I., Olguín-Jacobson, C., Woodson, C. B., Arafeh-Dalmau, N., Torre, J., Fulton, S., Micheli, F., O'Connor, R., Prêcoma-de La Mora, M., Hernández-Velasco, A., & Narchi, N. E. (2024). Combining the uncombinable: Corporate memories, ethnobiological observations,

oceanographic and ecological data to enhance climatic resilience in small-scale fisheries. *Frontiers in Marine Science*, 11, 1458059. <https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1458059>

Gonzalez-Mon, B., Bodin, Ö., Lindkvist, E., Frawley, T. H., Giron-Nava, A., Basurto, X., Nenadovic, M., & Schlüter, M. (2021). Spatial diversification as a mechanism to adapt to environmental changes in small-scale fisheries. *Environmental Science & Policy*, 116, 246-257. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.11.006>

Grime, B. C., Sanders, R., Ford, T., Burdick, H., & Claisse, J. T. (2023). Urchin Gonad Response to Kelp Forest Restoration on the Palos Verdes Peninsula, California. *Bulletin, Southern California Academy of Sciences*, 122(1). <https://doi.org/10.3160/0038-3872-122.1.1>

Guirkinger, L., Rojas-Perea, S., Ender, I., Ramsden, M., Lenton-Lyons, C., & Geldmann, J. (2021). Motivations for compliance in Peruvian manta ray fisheries. *Marine Policy*, 124, 104315. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.104315>

Gutiérrez, N. L., Hilborn, R., & Defeo, O. (2011). Leadership, social capital and incentives promote successful fisheries. *Nature*, 470(7334), 386-389. <https://doi.org/10.1038/nature09689>

Hernández Castillo, A. (2021). *Evaluación de las acciones de “trasplante” de erizo rojo (Mesocentrotus franciscanus) como estrategia de manejo de la pesquería en El Rosario, Baja California, México*. Universidad Autónoma de Baja California.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw Hill Interamericana.

Holling, C. S. (1973). Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4(1), 1-23. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245>

Karatayev, V. A., Baskett, M. L., Kushner, D. J., Shears, N. T., Caselle, J. E., & Boettiger, C. (2021). Grazer behaviour can regulate large-scale patterning of community states. *Ecology Letters*, 24(9), 1917-1929. <https://doi.org/10.1111/ele.13828>

Kosamu, I. B. M. (2015). Conditions for sustainability of small-scale fisheries in developing countries. *Fisheries Research*, 161, 365-373. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2014.09.002>

Leite, M. C. F., Johnson, D. S., Ross, H., & Seixas, C. S. (2023). Social wellbeing, values, and identity among Caiçara small-scale fishers in southeastern Brazil. *Maritime Studies*, 22(3), 36. <https://doi.org/10.1007/s40152-023-00322-4>

McBride, S. C., Pinnix, W. D., Lawrence, J. M., Lawrence, A. L., & Mulligan, T. M. (1997). The Effect of Temperature on Production of Gonads by the Sea Urchin *Strongylocentrotus franciscanus* Fed Natural and Prepared Diets. *Journal of the World Aquaculture Society*, 28(4), 357-365. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.1997.tb00282.x>

Medellín-Ortiz, A., Montaña-Moctezuma, G., Alvarez-Flores, C., & Santamaria-del-Angel, E. (2020). Retelling the History of the Red Sea Urchin Fishery in Mexico. *Frontiers in Marine Science*, 7, 167. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00167>

Micheli, F., Saenz-Arroyo, A., Aalto, E., Beas-Luna, R., Boch, C. A., Cardenas, J. C., De Leo, G. A., Diaz, E., Espinoza-Montes, A., Finkbeiner, E., Freiwald, J., Fulton, S., Hernández, A., Lejbowicz, A., Low, N. H. N., Martinez, R., McCay, B., Monismith, S., Precoma-de La Mora, M., ... Woodson, C. B. (2024). Social-ecological vulnerability to environmental extremes and adaptation pathways in small-scale fisheries of the southern California Current. *Frontiers in Marine Science*, 11, 1322108. <https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1322108>

Miller, K. I., Blain, C. O., & Shears, N. T. (2022). Sea Urchin Removal as a Tool for Macroalgal Restoration: A Review on Removing “the Spiny Enemies”. *Frontiers in Marine Science*, 9, 831001. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.831001>

Murphy, R., Cunningham, C., Harris, B. P., & Brown, C. (2021). Qualitative and Quantitative Fisher Perceptions to Complement Natural Science Data for Managing Fisheries. *Fisheries*, 46(5), 209-219. <https://doi.org/10.1002/fsh.10568>

Oliveto-Andrade, A., Espinoza-Tenorio, A., Ramos-Muñoz, D., & Pérez-Jiménez, J. C. (2024). Understanding the motivations of young people from marginalized rural communities to participate in small-scale fisheries in oil territories of the Gulf of Mexico. *Ocean & Coastal Management*, 248, 106947. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2023.106947>

Olsson, P., Folke, C., & Hahn, T. (2004). Social-Ecological Transformation for Ecosystem Management: The Development of Adaptive Co-management of a Wetland Landscape in Southern Sweden. *Ecology and Society*, 9(4), art2. <https://doi.org/10.5751/ES-00683-090402>

Ostrom, E. (1990). *Governing the commons: The evolution of institutions for collective action*. Cambridge University Press.

Ostrom, E. (2009). A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems. *Science*, 325(5939), 419-422. <https://doi.org/10.1126/science.1172133>

Ostrom, E. (2010). Polycentric systems for coping with collective action and global environmental change. *Global Environmental Change*, 20(4), 550-557. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2010.07.004>

Palleiro-Nayar, J. S. (2013). *Recursos bentónicos de Baja California. erizo y pepino de mar* (p. 60). Instituto Nacional de Pesca.

Parnell, P. E., Fumo, J. T., Lennert-Cody, C. E., Schroeter, S. C., & Dayton, P. K. (2017). Sea Urchin Behavior in a Southern California Kelp Forest: Food, Fear, Behavioral Niches, and Scaling Up Individual Behavior. *Journal of Shellfish Research*, 36(2), 529-543. <https://doi.org/10.2983/035.036.0224>

Penca, J., Said, A., Cavallé, M., Pita, C., & Libralato, S. (2021). Sustainable small-scale fisheries markets in the Mediterranean: Weaknesses and opportunities. *Maritime Studies*, 20(2), 141-155. <https://doi.org/10.1007/s40152-021-00222-5>

Pimentel Equihua, J. L., Velázquez Machuca, M. A., Mendoza Mora, F. D. J., & Martínez Bravo, E. (2024). Analysis of fishermen's organization using Elinor Ostrom's design principles. *Textual*, 83, 59-84. <https://doi.org/10.5154/r.textual/2023.83.3>

Pollnac, R. B., & Poggie, J. J. (2008). Happiness, Well-being and Psychocultural Adaptation to the Stresses Associated with Marine Fishing. *Human Ecology Review*, 15(2).

Preiser, R., Biggs, R., De Vos, A., & Folke, C. (2018). Social-ecological systems as complex adaptive systems: Organizing principles for advancing research methods and approaches. *Ecology and Society*, 23(4), art46. <https://doi.org/10.5751/ES-10558-230446>

Quintana, A. C. E., Giron-Nava, A., Urmy, S., Cramer, A. N., Domínguez-Sánchez, S., Rodríguez-Van Dyck, S., Aburto-Oropeza, O., Basurto, X., & Weaver, A. H. (2021). Positive Social-Ecological Feedbacks in Community-Based Conservation. *Frontiers in Marine Science*, 8, 652318. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.652318>

Reilly-Moman, J. (2022). Métodos para la polivocalidad en la resiliencia climática. En N. E. Narchi & C. M. Beitzl (Eds.), *América profunda. Visiones y convergencias en la oceanografía social del continente*. El Colegio de Michoacán.

Salas, S., Sumaila, U. R., & Pitcher, T. (2004). Short-term decisions of small-scale fishers selecting alternative target species: A choice model. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 61(3), 374-383. <https://doi.org/10.1139/f04-007>

SEPESCA. (2016). *Programa Estatal de Apoyo para el Repoblamiento de Banos de Erizo Ejercicio 2016*. Secretaría de Pesca y Acuicultura del Estado de Baja California. http://dceg.bajacalifornia.gob.mx/Sasip/documentos/archivos/SEP1720175783351663_2.pdf

Sierra Castillo, L., Wilson, J., Aceves-Bueno, E., Quintana, A., & Gaines, S. (2024). Enforcement, deterrence, and compliance in co-managed small-scale fisheries. *Ecology and Society*, 29(4), art10. <https://doi.org/10.5751/ES-15362-290410>

Steneck, R. S., Graham, M. H., Bourque, B. J., Corbett, D., Erlandson, J. M., Estes, J. A., & Tegner, M. J. (2002). Kelp forest ecosystems: Biodiversity, stability, resilience and future. *Environmental Conservation*, 29(4), 436-459. <https://doi.org/10.1017/S0376892902000322>

Tavera-Ortiz, T., Zepeda-Domínguez J., (2025). Global insights into the translocation of marine benthic invertebrates as a fishery management tool. *Ocean and Coastal Management*.

Teck, S. J., Lorda, J., Shears, N. T., Ben-Horin, T., Toseland, R. E., Rathbone, S. T., Rudie, D., & Gaines, S. D. (2018). Quality of a fished resource: Assessing spatial and temporal dynamics. *PLOS ONE*, 13(6), e0196864. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196864>

Valdez-Rojas, C., Beas-Luna, R., Lorda, J., Zepeda-Domínguez, J. A., Montáño-Moctezuma, G., Medellín-Ortiz, A., Torre, J., & Micheli, F. (2022). Using a social-ecological systems perspective to identify context specific actions to build resilience in small scale fisheries in Mexico. *Frontiers in Marine Science*, 9, 904859. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.904859>

Vilalta-Navas, A., Beas-Luna, R., Calderon-Aguilera, L. E., Ladah, L., Micheli, F., Christensen, V., & Torre, J. (2018). A mass-balanced food web model for a kelp forest ecosystem near its southern distributional limit in the northern hemisphere. *Food Webs*, 17, e00091. <https://doi.org/10.1016/j.fooweb.2018.e00091>

Zuur, A. F., Ieno, E. N., & Elphick, C. S. (2010). A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. *Methods in Ecology and Evolution*, 1(1), 3-14. <https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2009.00001.x>

CAPÍTULO III. EXPLORANDO LA RESILIENCIA DE LOS PESCADORES A PEQUEÑA ESCALA A TRAVÉS DE LA CAPACIDAD ADAPTATIVA.

Introducción

Las pesquerías de pequeña escala enfrentan múltiples desafíos interrelacionados que comprometen su sostenibilidad (viabilidad ecológica, socialmente justa y económicamente eficiente). Entre estos se encuentran la creciente variabilidad ambiental, los impactos del cambio climático, la sobreexplotación de los recursos, las variaciones en los mercados y las limitaciones institucionales (Barange et al., 2018; Chuenpagdee & Jentoft, 2009; Pauly & Zeller, 2016). En este contexto, resulta clave analizar los factores que fortalecen la capacidad adaptativa de los grupos pesqueros (Badjeck et al., 2010; Cinner et al., 2015).

Entendemos la capacidad adaptativa como una característica latente de los individuos o grupos que refleja las condiciones que les permiten anticiparse, responder, minimizar las consecuencias, recuperarse y aprovechar las oportunidades ante los efectos de cambios climáticos y no climáticos (Cinner et al., 2015, 2018). Esta capacidad no opera de forma aislada, ya que las escalas individuales y colectivas están interrelacionadas y se influyen mutuamente (Smit & Wandel, 2006). La capacidad adaptativa está profundamente ligada a otra propiedad clave en el contexto del enfrentamiento al cambio climático, la resiliencia socioecológica (De Carvalho et al., 2023).

La capacidad adaptativa constituye un pilar de la resiliencia socio-ecológica, pues no solo fortalece la adaptación y la persistencia del sistema pesquero, sino que también sienta las bases para eventuales procesos de transformación cuando los umbrales de cambio así lo demanden (Cinner & Barnes, 2019; Folke et al., 2016; Folke, Haider, et al., 2021). En contextos pesqueros, la capacidad adaptativa está determinada por múltiples factores, como

el acceso a activos, el aprendizaje y conocimiento, la agencia individual y colectiva, la diversidad de estrategias y la existencia de instituciones y formas de gobernanza (Cinner & Barnes, 2019; De Carvalho et al., 2023). Estos dominios habilitan respuestas diferenciadas frente al cambio, que pueden ir desde mecanismos de afrontamiento reactivos hasta procesos de transformación (Bennett et al., 2018). En este sentido, una mayor capacidad adaptativa amplía el rango de respuestas posibles y fortalece el potencial del sistema para sostener sus funciones ecológicas y sociales a largo plazo (Valdez-Rojas et al., 2022).

En este capítulo adoptamos el marco conceptual denominado “de adaptación y resiliencia” sintetizado por De Carvalho et al. (2023), el cual integra aportes previos sobre capacidad adaptativa en sistemas socioecológicos desarrollados por Cinner et al. (2018), Galappaththi et al. (2019) y Green et al. (2021). Con base en este enfoque, analizamos cómo se expresa la capacidad adaptativa en la pesquería de erizo rojo (*Mesocentrotus franciscanus*), la cual constituye una de las principales pesquerías de pequeña escala en Baja California debido a su relevancia comercial, su contribución al empleo directo e indirecto y su papel en el sostenimiento de los grupos costeros (Palleiro-Nayar, 2013; Cabrera-Sánchez, 2025).

Consideramos que la capacidad adaptativa se configura a través de decisiones estratégicas y arreglos organizativos que permiten enfrentar escenarios de cambio, incluyendo la diversificación económica, el acceso a recursos y subsidios, la movilidad laboral (dentro y fuera del mar) y la capacidad de anticiparse a variaciones en la rentabilidad de la pesquería. Estos elementos reflejan tanto adaptaciones individuales como atributos colectivos que sostienen la continuidad de la organización pesquera en un entorno cambiante.

El objetivo de este capítulo es identificar y comparar los atributos que configuran la capacidad adaptativa de los pescadores y de la cooperativa Ensenada, considerando las

diferencias entre socios y no socios en la pesquería de erizo rojo. Este análisis busca aportar evidencia empírica sobre cómo las prácticas locales y las formas organizativas contribuyen a la resiliencia socioecológica de las pesquerías de pequeña escala frente a la variabilidad ambiental y de mercado.

Métodos

Aplicamos dos encuestas para analizar los atributos de la capacidad adaptativa: una a nivel de pescador y otra a nivel de cooperativa. Para la encuesta a nivel de cooperativa, entrevistamos al secretario del consejo de administración el 17 de julio de 2025. El actual secretario de administración ha trabajado para la Cooperativa desde 1988, y desde 1991 ha ocupado diversos cargos como presidente del consejo, presidente de previsión social y secretario del consejo administrativo. Grabamos la encuesta a nivel cooperativa, analizamos las respuestas y las presentamos de manera descriptiva e interpretativa en la sección de resultados.

Originalmente, el instrumento aplicado a nivel cooperativa se diseñó como una encuesta general para evaluar distintos aspectos de gestión en cooperativas pesqueras de México (referencia). Sin embargo, añadimos preguntas abiertas para profundizar en las particularidades de la cooperativa Ensenada y comprender mejor su funcionamiento interno y su capacidad de adaptación. La encuesta abordó temas relacionados con los permisos de pesca y la estructura organizativa, así como con la producción, la diversificación y los procesos de valor agregado. También incluyó preguntas sobre las reglas de comercialización, las finanzas internas y los beneficios sociales, los subsidios recibidos, y las capacitaciones del consejo de administración. Además, se exploraron aspectos vinculados con la diversificación productiva y la cooperación institucional, el control de la pesca ilegal, y las

estrategias de adaptación frente a la escasez de recursos, los cambios en el mercado y las transformaciones ecológicas. Finalmente, se integró un bloque de preguntas orientado a comprender el manejo adaptativo de la pesquería de erizo rojo y los factores que explican la fortaleza organizativa de la cooperativa.

Para la encuesta a nivel de pescador, seleccionamos como población de estudio a los pescadores de erizo —socios y no socios— vinculados a la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Ensenada. Según la información proporcionada por la administración el 3 de junio de 2022, la cooperativa contaba con 19 equipos de pesca de erizo para esa temporada, cada uno integrado por tres pescadores, lo que representaba un total aproximado de 57 personas activas en la pesquería. Aunque el número de equipos puede variar entre temporadas, esta cifra ofrece una referencia general del tamaño de la población objetivo. Las encuestas se aplicaron en dos momentos: el 9 de diciembre de 2023 y el 25 de noviembre de 2024, a un total de 25 pescadores (44% del total estimado), de los cuales 18 eran no socios y 7 socios. La muestra presenta una proporción mayor de no socios, lo que constituye una posible limitación del estudio, ya que los resultados reflejan principalmente las percepciones y condiciones de los pescadores activos, más que las de la totalidad de los socios de la cooperativa. Esta diferencia se debe a que, aunque todos los socios tienen derecho a participar en la pesquería de erizo, solo un número reducido lo hace de forma regular, ya sea por dedicarse a otras pesquerías.

Las preguntas de la encuesta a nivel pescador abordaban los siguientes temas: antigüedad y estatus dentro de la cooperativa, ingresos anuales, diversificación de especies capturadas, ingreso por especie pescada, meses trabajados, diversificación económica, contribución al ingreso familiar, ahorros personales o familiares, participación en capacitaciones, movilidad

laboral, percepciones sobre la Captura por Unidad de Esfuerzo de las especies pescadas, y acciones ante una posible caída en la rentabilidad de la pesca de erizo rojo (una de las especies que más ingresos les reporta).

Procesamos los datos de la encuesta a nivel pescador utilizando el programa R (R Core Team, 2024). Mediante diagramas de cajas analizamos la antigüedad de los pescadores socios y no socios. Examinamos la relación entre el número de meses trabajados durante el año y el ingreso total, incorporando el número de especies explotadas como una variable visual adicional en los gráficos de dispersión. En los casos en que los pescadores no pudieron determinar sus ingresos o la cantidad de meses trabajados, eliminamos únicamente esos registros del análisis, manteniendo el resto de la información disponible, por tanto, ninguna encuesta fue excluida. Caracterizamos la composición del ingreso por especie, separamos las contribuciones económicas provenientes de langosta (*Panulirus interruptus*), erizo rojo (*Mesocentrotus franciscanus*), abulón (*Haliotis* spp.) y otras pesquerías -que incluyen especies de escama como el blanco (*Caulolatilus princeps*), rocote rojo (*Sebastes miniatus*), rocote estrellado (*Sebastes constellatus*), verdillo (*Paralabrax nebulifer*) y vieja (*Bodianus pulcher*), así como almeja generosa (*Panopea generosa*), pepino de mar (*Apostichopus parvimensis*) y caracol (*Megastraea undosa*). Calculamos la proporción del ingreso total que representa cada especie para cada pescador y estandarizamos los valores en una escala porcentual (0–100 %) y graficamos la composición porcentual del ingreso por especie, desagregada por pescador y por estatus de socio.

Resultados

1. Características a nivel cooperativa

1.1 Permisos de pesca y estructura organizativa

Encontramos que la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera (SCPP) Ensenada (en adelante, la cooperativa) cuenta con una estructura organizativa formal y una amplia diversificación de permisos de pesca. La cooperativa cuenta con permisos para capturar diversas especies, con los siguientes esfuerzos autorizados: escama (37 pangas), erizo de mar (37), almeja generosa (número desconocido), caracol (12), pepino de mar (9), cangrejo (20), sargazo rojo (12) y abulón (20); además, cuenta con una concesión para langosta para 43 embarcaciones. Esta diversidad de permisos refleja su capacidad operativa y su participación en distintas pesquerías de alto valor comercial. La cooperativa está integrada por 52 socios (51 hombres y una mujer no pescadora), de los cuales entre 43 y 45 participan activamente en la pesca, cada uno encargado de una embarcación. A su vez, entre 120 y 130 trabajadores no socios colaboran como pescadores contratados, de los cuales entre 40 y 50 participan en la pesquería de erizo rojo cada temporada.

1.2 Producción, diversificación y procesos de valor agregado.

Encontramos que los ingresos anuales de la cooperativa provienen principalmente de su producción pesquera. Aunque también ha diversificado sus actividades con iniciativas como la maricultura de ostión, mejillón y abulón y, en menor escala, la acuicultura de abulón. La langosta constituye la pesquería de mayor valor económico, seguida del erizo rojo, que en los últimos años ha desplazado al abulón en importancia. La cooperativa cuenta con plantas de procesamiento para erizo y escama, donde se realizan actividades de valor agregado que complementan los ingresos, como el empaque especializado de gónada de erizo, el empaque al vacío para pescado blanco y la técnica japonesa *ikejime* -que consiste en sacrificar al pez

de manera rápida y precisa para reducir el estrés y mejorar la calidad del producto, conservando su textura, sabor y frescura por más tiempo-, lo que permite el acceso a mercados más exigentes. Debido a la naturaleza laboriosa del procesamiento de erizo, estas actividades no solo aumentan el valor económico de la producción, sino que también generan empleo, involucrando a familiares de los socios y estudiantes locales. Esto evidencia que las estrategias de valor agregado contribuyen tanto al fortalecimiento económico de la cooperativa, como al impacto social en la comunidad laboral que la sostiene.

Citas textuales

La langosta. Por motivos económicos y porque esta se va a viva a China.

Podría decirse que sería la segunda importancia; anteriormente era el abulón, la segunda importancia, y en los últimos años, las condiciones del mercado o la demanda del mercado están cambiando muchísimo.

Y el impacto social que tiene es mayor en el caso del erizo, porque es mucho más laborioso, el erizo hay que procesarlo. Entonces, ya incluye mano de obra que es la misma gente de la comunidad

1.3 Comercialización

La cooperativa mantiene normas claras para la comercialización de los productos pesqueros. Por un lado, la organización comercializa sus productos a través de intermediarios, por lo que la venta no es completamente directa; sin embargo, la comisión que recibe el vendedor final se considera justa por los riesgos que asume. Por otro lado, todos los socios y pescadores están obligados a comercializar sus capturas exclusivamente a través de la cooperativa, cumpliendo esta regla de manera constante y para todas las especies. En caso de no acatar estas normas, los miembros se enfrentan a sanciones.

Citas textuales

Que es casi directo, es casi directo, yo creo que se lleva una comisión, pero corre con todos los riesgos que implica la devolución y demás.

...no pueden mover el producto sin permiso.

...también hay reglas muy básicas y se enfrentan a infracciones fuertes...

1.4 Finanzas internas y beneficios sociales

Encontramos que la cooperativa opera según un plan de trabajo por ciclos. Durante el ciclo productivo, los pagos a los socios se registran como anticipos del rendimiento, es decir, como adelantos que posteriormente se ajustan de acuerdo con los resultados económicos del ejercicio. Al cierre del ciclo, si se obtiene un resultado positivo, primero se cubren las prestaciones correspondientes a los trabajadores y, posteriormente, se distribuyen los rendimientos finales entre los socios.

Citas textuales

Manejamos lo que es un plan de trabajo para los anticipos, en todas las cooperativas lo que tú pagas al socio se maneja como anticipo a cuenta de rendimiento, anticipo es un pago, entonces ya cuando cierras el ejercicio, si hay un resultado positivo o favorable, pues eso se llama rendimiento, lo que para el trabajador es utilidad, el trabajar normal, para el socio sería rendimiento, separamos igual las prestaciones que corresponden a la parte de actividad de los trabajadores, y la parte que pudiera corresponder de rendimiento se entrega a los socios, cuando hay un resultado positivo.

En los ámbitos social y financiero, la cooperativa cuenta con un fondo de inversión destinado a convertirse en un fideicomiso para el retiro de sus socios. Además, promueve la cultura del ahorro y del préstamo mediante una caja chica financiada con aportaciones de los propios socios. A través de este mecanismo, los socios pueden solicitar hasta 50 mil pesos con un interés bajo —un esquema diseñado para sustituir los servicios bancarios. Todos los miembros contribuyen de manera constante al fondo de ahorro, lo que fortalece la base financiera colectiva y permite otorgar préstamos en momentos estratégicos o de necesidad.

La cooperativa también dispone de un fondo adicional para atender emergencias de los socios, con préstamos de hasta 120 mil pesos que se reembolsan en su totalidad. Asimismo, ofrece acceso a un seguro médico público que cubre a socios, trabajadores contratados y pescadores libres, extendiendo los beneficios sociales más allá de la membresía formal. Estos mecanismos son producto de la reestructuración interna de la cooperativa tras un periodo de crisis.

Citas textuales

... hace ya algunos años generamos, tratando de generar la cultura del ahorro y del préstamo, hicimos un fondo lo tenemos allá, que a la gente se le presta con pequeño interés es dinero de todos...

...estamos generando ahí un fondo de inversión que se va a emigrar a lo que sería el fideicomiso para liquidaciones precisamente por lo que comentaba hace rato en la crisis o ese bache que vivimos en algún momento nos obligó a reestructurar todo ...

1.5 Subsidios

En los últimos 12 meses, la cooperativa ha recibido apoyos gubernamentales como PROCODES y PROVICOM (de la CONANP), el programa Bienpesca y recursos del gobierno estatal para equipamiento. Estos recursos han fortalecido sus capacidades operativas, técnicas y de vigilancia comunitaria.

1.6 Capacitaciones del consejo de administración

No encontramos evidencia de que, en los últimos cinco años, los miembros del consejo de administración hayan recibido capacitación reciente en gestión y manejo de cooperativas. Sin embargo, el entrevistado cuenta con amplia experiencia en distintos cargos en el consejo desde 1991, lo que le brinda conocimientos prácticos en la gestión de la cooperativa. Además, mencionó un curso sobre cooperativismo en el que participaron todos los pescadores, que

considera relevante para fortalecer la cohesión del grupo y ayudar a prevenir crisis como la que enfrentaron en el pasado. La cooperativa, por su parte, mantiene una planeación estratégica con metas definidas y realiza reuniones de seguimiento para actualizar continuamente sus estrategias. Esto muestra que la experiencia acumulada del consejo y los mecanismos internos de planificación respaldan la operación continua del grupo.

Citas textuales

Promovimos un curso sobre cooperativismo... La gente a veces, bueno, conoce la filosofía del cooperativismo, los principios del cooperativismo, pero a veces vienen las nuevas generaciones y como que no lo perciben como tal. Más aún porque la cooperativa pasó por un proceso muy, muy difícil, muy complicado, tuvimos que reestructurar todo, todo, todo. Por eso últimamente nos señalan más porque venimos de un proceso muy complicado.

1.7 Cooperación institucional

La cooperativa mantiene una amplia red de colaboración institucional que refuerza su capacidad técnica y de manejo pesquero. También participa activamente en evaluaciones anuales de los recursos en colaboración con el Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuicultura Sustentables, y trabaja estrechamente con la organización no gubernamental Comunidad y Biodiversidad (COBI) para la evaluación de recursos, la creación, el monitoreo y el manejo de las zonas de refugio pesquero, con la cual tiene convenios. También colaboran en investigación con universidades nacionales como la UABC y con universidades internacionales como Stanford University, para desarrollar investigación, marcaje de langosta, instalación y uso de sensores para medir los parámetros físico-químicos, e investigación para la creación de refugios climáticos. Estas alianzas fortalecen las capacidades técnicas y científicas de la cooperativa.

Citas textuales

sí manejamos allí algunos apoyos para desarrollar investigación, marcaje de langosta de los sensores para medir los parámetros físico-químicos de la zona, toda esa parte lo mantenemos activo

Y recientemente hemos manejado algunos proyectos de las cuerdas que estamos por introducir algunas de ellas y también ya se trajeron los esporofitos de la zonas, se están generando en el laboratorio de la UABC.

1.8 Control de la pesca ilegal

Durante los últimos 12 meses, el nivel de pesca ilegal en la zona de pesca de la cooperativa se considera que ha sido muy bajo. Este resultado se debe a las acciones de vigilancia implementadas por el propio grupo, que incluyen patrullajes tanto por agua como por tierra, realizados por personal armado y no armado.

Citas textuales

Y tengo vigilancia, pues, casi casi 24-7, ¿no? Armados, y los rurales le llamamos a los que no usan armas. Esos son los que hacen recorridos terrestres, y también ocasionalmente van a hacer recorridos al mar.

Pues, como tenemos esa vigilancia, creo que la hemos disminuido bastante.

1.9 Adaptación a la escasez de recursos y cambios en el mercado

La cooperativa ha desarrollado mecanismos de gestión financiera y organizativa que le permiten adaptarse a las condiciones cambiantes del mercado. Entre ellos destacan las reuniones periódicas en las que se presentan informes financieros y se comparten expectativas sobre el estado de los recursos pesqueros, los ingresos y la demanda del mercado. Estos espacios permiten tomar decisiones informadas sobre las acciones de venta y la organización de los equipos pesqueros, fortaleciendo así la base productiva del grupo. Asimismo, cuenta con recursos financieros que le permiten sostener su operación en

escenarios de incertidumbre, como recurrir a compromisos previamente establecidos con compradores para obtener adelantos de pago o acceder a líneas de crédito en cuenta corriente.

Citas textuales

Se hacen reuniones económicas y en las reuniones económicas se dan a conocer los resultados de cómo pudieran estar las expectativas de recursos y las expectativas del mercado de acuerdo a ciertos parámetros de esas evaluaciones a ver, el erizo no está en condición en tal parte y lo manejamos, igual las evaluaciones se presentan.

La planificación financiera preventiva constituye una de las principales estrategias de la cooperativa para asegurar su operación aun en contextos de ingresos bajos. Cada año, al cierre del ciclo, realiza un aprovisionamiento para cubrir sus gastos fijos durante al menos cuatro meses, sin necesidad de proyectar ingresos. Esta práctica resultó decisiva durante la pandemia por COVID-19 y contribuyó a sostener entre tres y cuatro meses de operación con ingresos mínimos, sin depender de la producción inmediata.

Citas textuales

Regularmente lo que se hace es, al cierre del ejercicio, se hace un aprovisionamiento de recursos. Sabemos, más o menos, cuáles son nuestros gastos directos, y mes a mes, seguro social, impuestos, básicamente, el personal que se queda, que es la plantilla de confianza o permanente, y hacemos un aprovisionamiento sin considerar ningún tipo de ingreso hasta el mes de junio.

...haz de cuenta que separamos recursos para hacerle frente, aun cuando no tuviéramos ningún tipo de producción en marzo, abril, mayo, tres, cuatro meses, sin considerar nada de producción.

...sobre todo fue una salida hablando de la resiliencia una salida a la pandemia...

A lo largo de su historia, la cooperativa ha enfrentado periodos de escasez de diversos recursos pesqueros que ha logrado afrontar. Por ejemplo, ante la disminución del abulón, diversificó sus actividades hacia especies de escama y cangrejo. Aunque el cangrejo también ha experimentado temporadas de baja disponibilidad, recientemente su captura se ha recuperado; sin embargo, las condiciones de mercado han cambiado, reduciendo la demanda

y obligando a la cooperativa a explorar nuevos nichos comerciales. La capacidad de diversificar en distintos productos constituye una ventaja estratégica que refuerza la estabilidad económica de la organización.

Citas textuales

La ventaja que tienes con organizaciones es poder diversificar los productos, marcar aquí la escama en su momento, el cangrejo, que se dejó de capturar también un tiempo porque había poca productividad, pero en últimas fechas ya hay más producto, pero las condiciones del mercado han cambiado.

Entonces hay que buscar nuevos nichos en el mercado, y eso es lo que hace la cooperativa.

1.10 Adaptación a los cambios ecológicos

Frente a condiciones ecológicas adversas, la cooperativa ha desplegado diversas estrategias de adaptación, como la reducción o ampliación de la producción y la apertura o cierre de zonas de pesca, según la disponibilidad y las condiciones del recurso. En el caso del erizo rojo, se han implementado rotaciones espaciales de bancos y translocaciones, así como controles sobre la cantidad de extracción para evitar la sobreexplotación. En la pesquería de abulón, se han adoptado medidas preventivas como vedas autoimpuestas por acuerdo comunitario con el fin de conservar las poblaciones. Como parte de sus esfuerzos por sostener la base ecológica de la pesquería, también han probado intervenciones para mejorar el hábitat. Entre ellas destacan las remociones de erizo morado, orientadas a favorecer la recuperación de *Macrocystis pyrifera*, macroalga clave para el funcionamiento del ecosistema. También se ha iniciado recientemente la instalación de cultivos con cuerdas flotantes de esta especie.

Citas textuales

Básicamente serían esas cerrar algunas áreas de pesca dado resultado, otro sería la traslocación del erizo, medimos el rendimiento del recurso, si ya desovó si tiene buena capacidad o buen porcentaje de rendimiento para capturarlo, o qué bancos son los más apropiados.

Yo propuse en el 91 la autoveda del abulón en la isla, que la autoridad nos dieron oficialmente... Y cerramos, cerramos, fue una autoveda decidida por nosotros, y al poco tiempo el recurso abulón se recuperó.

...a remoción del morado principalmente, y luego en generar en el laboratorio los esporofitos para luego manejarlos en cuerdas, y con muy buenos resultados.

1.11 Manejo adaptativo de la pesquería de erizo rojo

La cooperativa ha implementado la translocación de erizos rojos como estrategia de manejo adaptativo, que consiste en trasladar individuos con gónadas no comercializables desde zonas con escasez de macroalgas a áreas con bosques de kelp, donde el alimento es más abundante y las gónadas pueden desarrollarse mejor (ver capítulo II para más información). Sin embargo, la translocación —y la pesquería en sí— dependen directamente de la disponibilidad de bosques de macroalgas; ante su pérdida por cambios climáticos o de otra índole, la estrategia puede perder efectividad y no asegurar la rentabilidad de la pesquería. Aunque la cooperativa no ha considerado la pérdida de la rentabilidad de la pesquería de erizo rojo, ha comenzado a explorar alternativas complementarias, como el cultivo en cuerdas de *M. pyrifera* para la recuperación de los bosques. Estas acciones se desarrollan en colaboración con grupos de investigación de la UABC y en el marco del Plan Nacional de Restauración Ambiental promovido por SEMARNAT. Los experimentos de cultivo han mostrado resultados prometedores, permitiendo el crecimiento de los individuos y ofreciendo un camino para la recuperación de los bosques de kelp.

Citas textuales

Era un tema de debate con la gente de ProNaturaleza, porque ellos dijeron no, la traslocación no no no no, y yo cuando quieran lo debatimos, te voy a mencionar tres beneficios de entrada, uno la seguridad, porque el buso bucea a menos profundidad, y eso es seguridad para ellos, en una hora ya está varado, aquí, dime tú, y existe menos deterioro de la embarcación.

1.12 Factores que explican la fortaleza de la cooperativa

La cooperativa Ensenada es reconocida como una de las más sólidas del estado y su fortaleza se atribuye a una transformación profunda en la mentalidad colectiva de sus integrantes. Este cambio ha implicado una lucha por comprender y adoptar los principios del cooperativismo bajo el lema “Unidad y Cooperación”. La consolidación del grupo también ha sido posible gracias a liderazgos sólidos y al respaldo técnico del departamento de pesquerías de la propia organización. Entre los pilares de esta fortaleza destacan el compromiso con la conservación y la sostenibilidad, la profesionalización del buceo mediante la certificación de buzos y la adopción de un enfoque basado en evidencia.

Citas textuales

En principio, con toda la problemática que vivimos, el cambio de pensamiento, de actitud de la gente que fue una lucha también. Independientemente de que la gente entendiera cuáles son los valores y principios del cooperativismo, y siempre les he hecho anotar el lema de la organización, que es unidad y cooperación.

Entonces ya no se trabaja por ocurrencias, se trabaja con cuestiones, con datos, con cuestiones técnicas, y obviamente el apoyo del departamento de pesquerías y los técnicos...

2. Características a nivel pescador

2.1 Antigüedad y estatus.

La antigüedad en la cooperativa difirió entre socios y no socios (Figura 9). Los socios reportaron entre 4 y 34 años de pertenencia (mediana = 27 años), mientras que los no socios

habían trabajado para la cooperativa entre 1 mes y 16 años (mediana = 6.5 años; Figura 1). Catorce de los 18 no socios expresaron interés en integrarse formalmente a la cooperativa, mientras que cuatro no lo deseaban. Las razones más comunes para no ser socio incluyeron: poco tiempo trabajando con la cooperativa (n = 7), no cumplir con los requisitos del grupo (n = 3), preferencia por la independencia (n = 2), haber sido socio y retirarse (n = 2), no haber sido considerado (n = 1) y razones de salud (n = 1). Dos encuestados no respondieron esta pregunta.

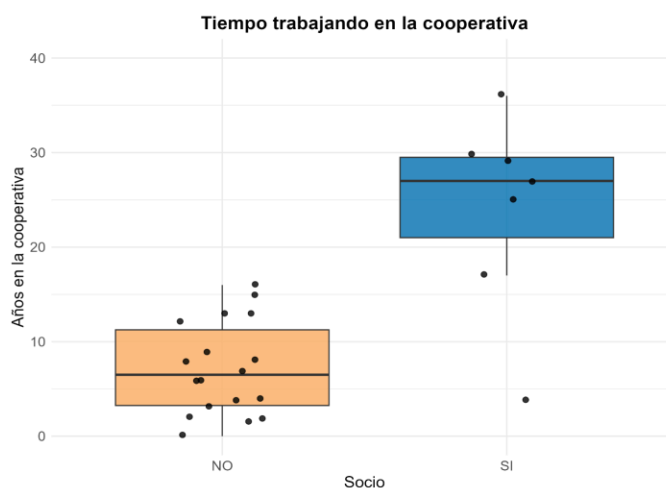


Figura 9. Antigüedad de los pescadores que trabajan en la cooperativa según condición de socio. Distribución de años trabajados en la cooperativa por pescadores socios (n = 7) y no socios (n = 18).

Citas textuales

Pero sé de casos de la mayoría de las cooperativas que se manejan de manera tradicional y hay gente que tiene 15, 18 años y no llegan a ser socios. Y están en espera de que se haga un espacio, de que se retire algún socio y entonces ellos puedan suplir a esa persona mientras se van capacitando.

Este año sí hay planes, yo tengo planes de que se pueda incorporar más socios, porque ya hay un determinado número que ya está en la etapa o el proceso de liquidación, entonces hay que renovar.

2.2 Ingresos anuales

Entre los 21 pescadores que pudieron estimar sus ingresos anuales por pesca (14 no socios y 7 socios), los no socios reportaron ingresos entre \$80,000 y \$564,000 MXN, mientras que los socios declararon montos entre \$210,000 y \$941,000 MXN (Figura 10). Estas cifras corresponden a ingresos brutos y no necesariamente reflejan ganancias netas, ya que algunos pescadores no dedujeron gastos operativos.

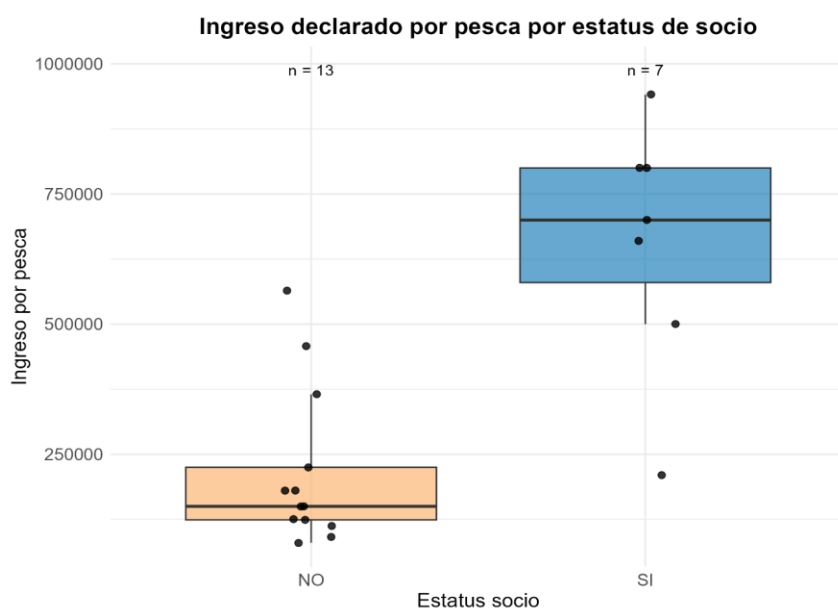


Figura 10. Ingreso por pesca reportado por el pescador (por sí solo o con ayuda del encuestador). Ingresos totales por pesca por pescadores socios (n = 7) y no socios (n = 14).

2.3 Diversificación de especies capturadas y composición del ingreso por especie pescada

Además del erizo rojo, los pescadores reportaron la captura de especies de escama, abulón, pepino de mar, caracol, langosta y almeja. Entre los no socios, solo dos se dedicaban exclusivamente al erizo rojo, mientras que los demás combinaban su captura con hasta otras

tres pesquerías; cinco no socios pescaban langosta. Todos los socios capturaban tanto erizo como langosta; además, uno también capturaba abulón y pepino, y tres capturaban escama.

Para los pescadores que pudieron determinar sus ingresos por especie ($n = 14$ no socios y 7 socios), el análisis de la composición porcentual del ingreso por especie mostró diferencias marcadas entre ambos grupos (Figura 11). Entre los no socios, el erizo representó más del 50 % del ingreso total de 7 pescadores (Figura 11). En contraste, entre los socios, el erizo tuvo una contribución menor (20–30 %) al ingreso total, siendo la langosta la principal fuente de ingreso en todos los casos (Figura 11). Tres de los socios (ID 20, 24 y 26) reportaron que la langosta representó más del 75 % de sus ingresos. Tres de los cinco no socios que pescaban langosta pudieron determinar sus ingresos por esta especie (ID 14, 15 y 16); para ellos, la langosta fue la principal fuente de ingresos (Figura 11). Para dos de los no socios (ID 13 y 19), la pesca de abulón y otras especies representó la mayor proporción de su ingreso anual.

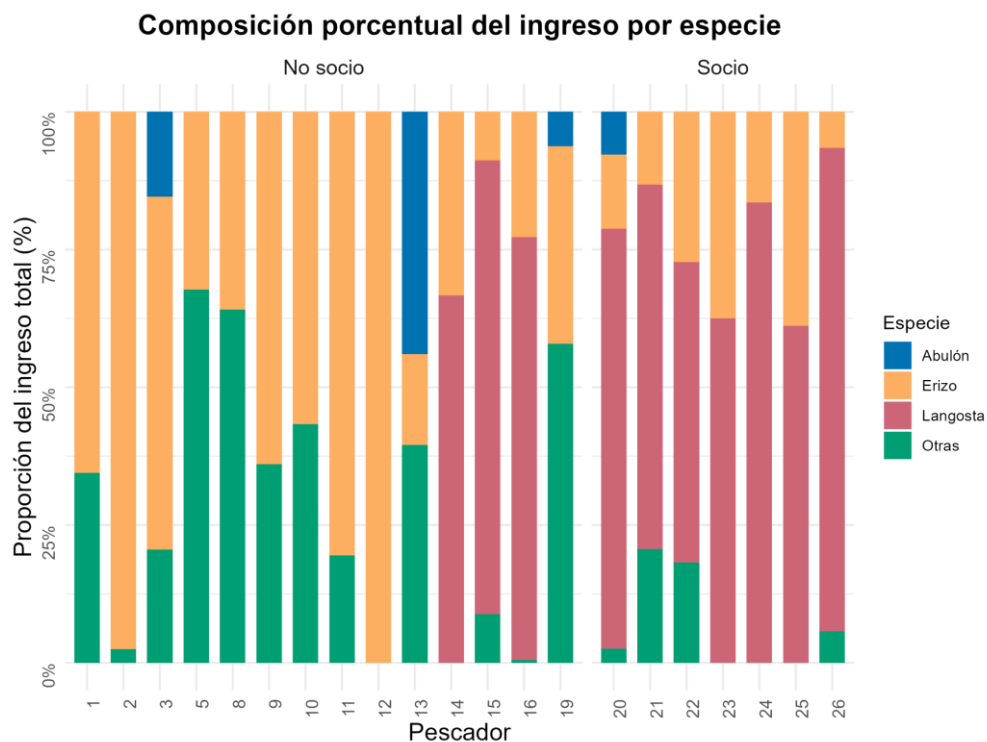


Figura 11. Composición porcentual del ingreso por especie por pescador encuestado según el estatus del pescador en la cooperativa de socios (n = 7) y no socios (n = 14). Porcentajes calculados con base en el ingreso reportado por pesca de cada especie. Nota: no todos los pescadores pudieron determinar la cantidad de ingresos por pesca.

2.4 Meses trabajados vs ingresos.

19 pescadores pudieron determinar los meses trabajados (12 no socios y 7 socios; Figura 4). Para ambos grupos (socios y no socios), no hay una tendencia clara entre los meses trabajados y la ganancia (Figura 12). Hay algunos casos en que los socios tienen ingresos totales más altos que los no socios para un mismo número de meses trabajados. Esta relación tampoco se explica con la pesca de langosta, puesto que los no socios que pescan langosta y pudieron determinar sus ingresos, sus ingresos totales por pesca son desde 14% a 86 % menores que los ingresos de los socios.

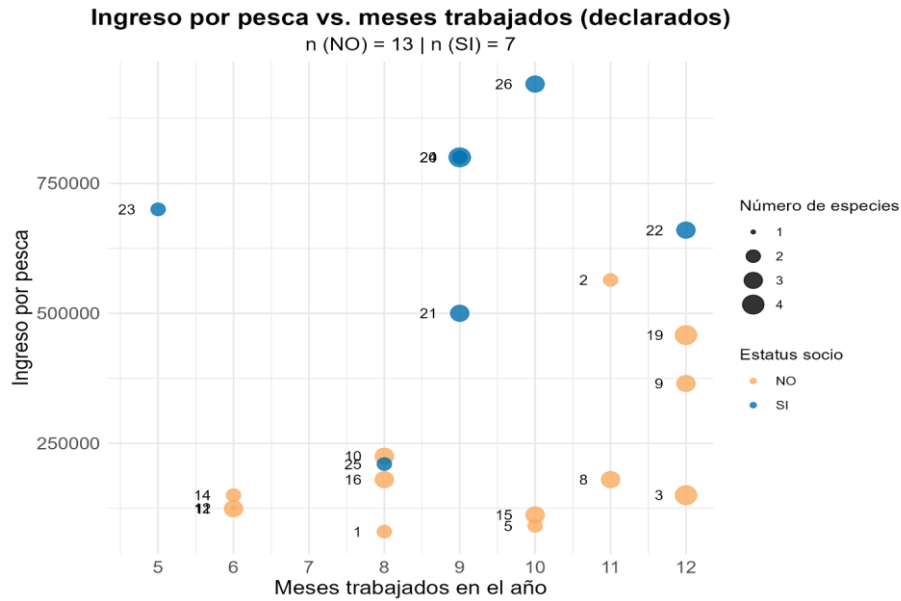


Figura 12. *Ingreso por pesca declarado según condición de socio por mes y por número de especies pescadas.* Ingresos por pescadores socios (n = 7) y no socios (n = 13). El tamaño del círculo representa el número de especies pescadas va de una a cuatro.

2.5 Diversificación económica y contribución porcentual al ingreso familiar

Además de la pesca, 12 de los encuestados reportaron participación en actividades como agricultura, ganadería, construcción, mecánica y oficios diversos (por ejemplo, fabricación de trampas para langosta, trabajo en tortillería, renta de viviendas; Figura 13). El motivo principal para trabajar en la pesca fue por contar con ingreso seguro, pero hubo otras respuestas de índole personal o social, por ejemplo, “Me gusta” o “Por tradición”. Los otros oficios mencionados fueron referidos principalmente como fuente de ingresos adicionales, excepto la agricultura, que se relacionó con un ingreso seguro o con “Tenemos rancho” (Figura 13).

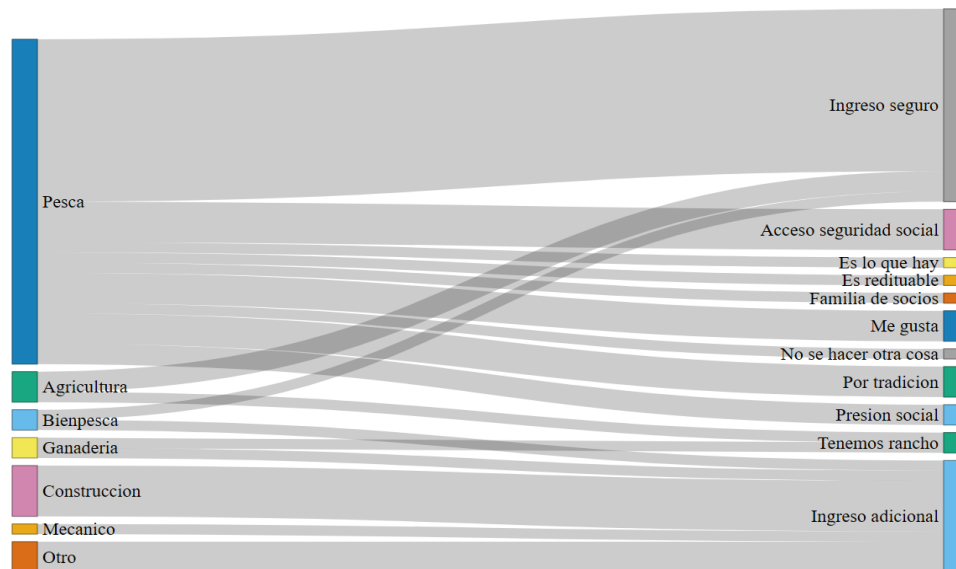


Figura 13. Vínculos entre tipos de ingreso y razones de elección reportadas por los pescadores. Cada flujo representa el número de personas que indicaron una combinación específica (24 pescadores respondieron).

Trece de los pescadores encuestados se dedicaban exclusivamente a la pesca, mientras que el resto tenía entre 2 y 5 actividades económicas incluyendo la pesca (Figura 14). De los pescadores no socios que se dedican exclusivamente a la pesca (ID 1, 8, 10, 11, 15, 16, 17,19), pescaban entre dos y 4 especies, incluida el erizo rojo, principalmente escama, pepino, caracol (ID 1, 8,10,11), tres no socios que se dedicaban exclusivamente a la pesca también pescaban langosta (ID 15, 16 y 17) y uno de los no socios que se dedicaban exclusivamente a la pesca también pescaba abulón (ID 19). Dos pescadores que pescaban únicamente erizo rojo, tenían otra actividad económica además de la pesca (Figura 14). 21 de 25 encuestados señalaron que el 100% de los ingresos familiares depende de ellos, uno aportaba un 90% (ID 26), 2 aportaban el 50% (ID 1, 11) y un encuestado aportaba el 10% al ingreso familiar (ID 18).

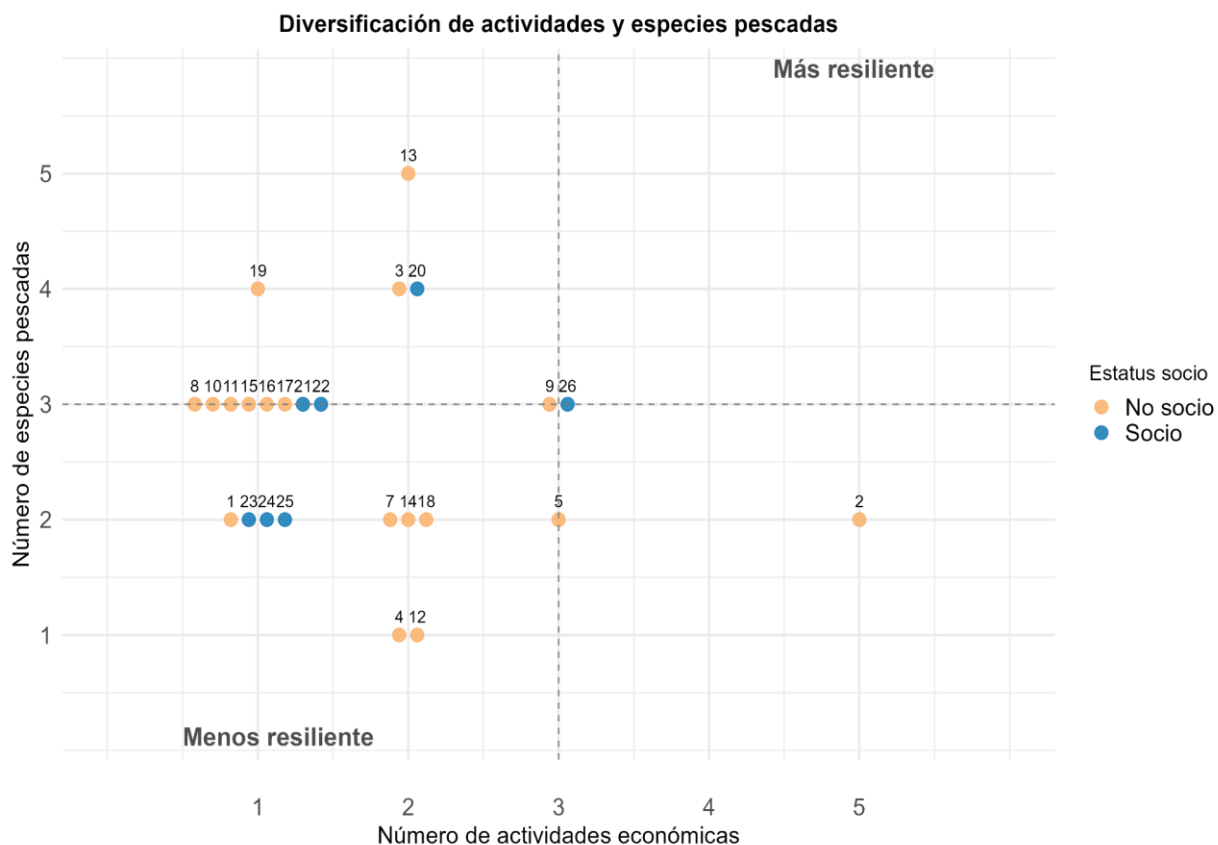


Figura 14. Diversificación económica de pescadores no socios (n = 18) y socios (n = 7). Todos los encuestados pescan erizo rojo. El valor 1 en el eje X representa a quienes solo realizan pesca como actividad económica, y el valor 1 en el eje Y indica a quienes únicamente pescan erizo rojo. El color azul representa a los socios y el amarillo a los no socios.

2.6 Importancia de la pesca en el ingreso total del pescador

Para los pescadores que cuentan con otras fuentes de ingreso además de la pesca, esta actividad sigue representando una parte muy significativa de su ingreso total. Incluso aquellos con tres o hasta cinco actividades económicas (por ejemplo, ID 2, 5, 9 y 26) indicaron que la pesca aporta la mayor proporción de sus ingresos anuales (Figura 15). Esto subraya el papel central que desempeña la pesca en la economía de los encuestados, aun en contextos de diversificación económica.

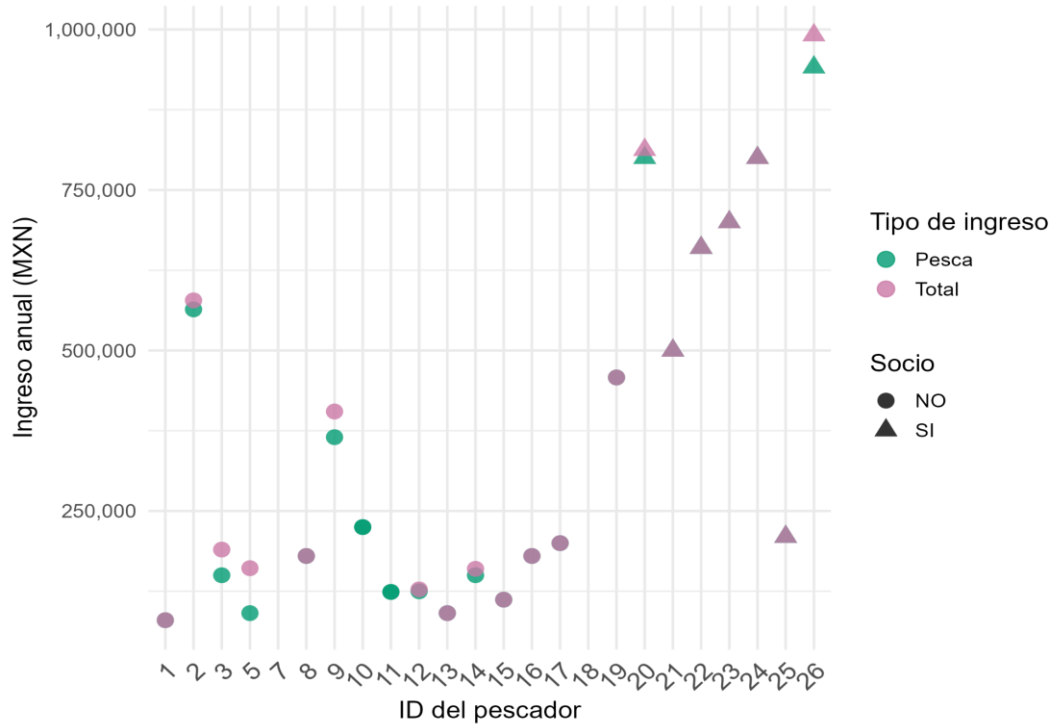


Figura 15. Importancia de la pesca en el ingreso total. La gráfica compara el ingreso total de los pescadores, que incluye la pesca y otras actividades económicas, con el ingreso proveniente exclusivamente de la pesca. Esto permite visualizar la contribución relativa de la pesca al ingreso total de cada pescador. Los círculos representan a los pescadores no socios y los triángulos a los socios. El color verde indica el ingreso por pesca y el color magenta el ingreso total.

2.7 Ahorros personales o familiares

La mayoría de los pescadores (22 de 25) reportaron que ellos, o algún miembro de su hogar, contaba con ahorros. Sin embargo, hubo pescadores no socios que mencionaron no contar con ahorros (ID 1, 4 y 11) mencionaron que “no se puede”, “no alcanza” y “no tiene trabajo fijo”.

2.8 Participación en capacitaciones

La mayoría de los no socios (21 de 25) indicaron haber recibido al menos una capacitación en los últimos 5 años; las capacitaciones más frecuentes fueron sobre *buenas prácticas a*

bordo (n = 10), *seguridad marítima* (n = 6) y *libreta de mar* (n = 5). Además, se reportaron otros cursos como comité de sanidad, control de alimentos, economía en casa e higiene, entre otros (Figura 8). En el caso de los socios, los cursos más reportados también fueron libreta de mar (n = 5) y buenas prácticas a bordo (n = 3). Adicionalmente, algunos socios accedieron a capacitaciones más especializadas como cámara hiperbárica, llenado de tanques de aire y taller de producción y cuidado de especies, entre otras, lo que sugiere diferentes necesidades o prioridades de formación dentro del grupo (Figura 16).

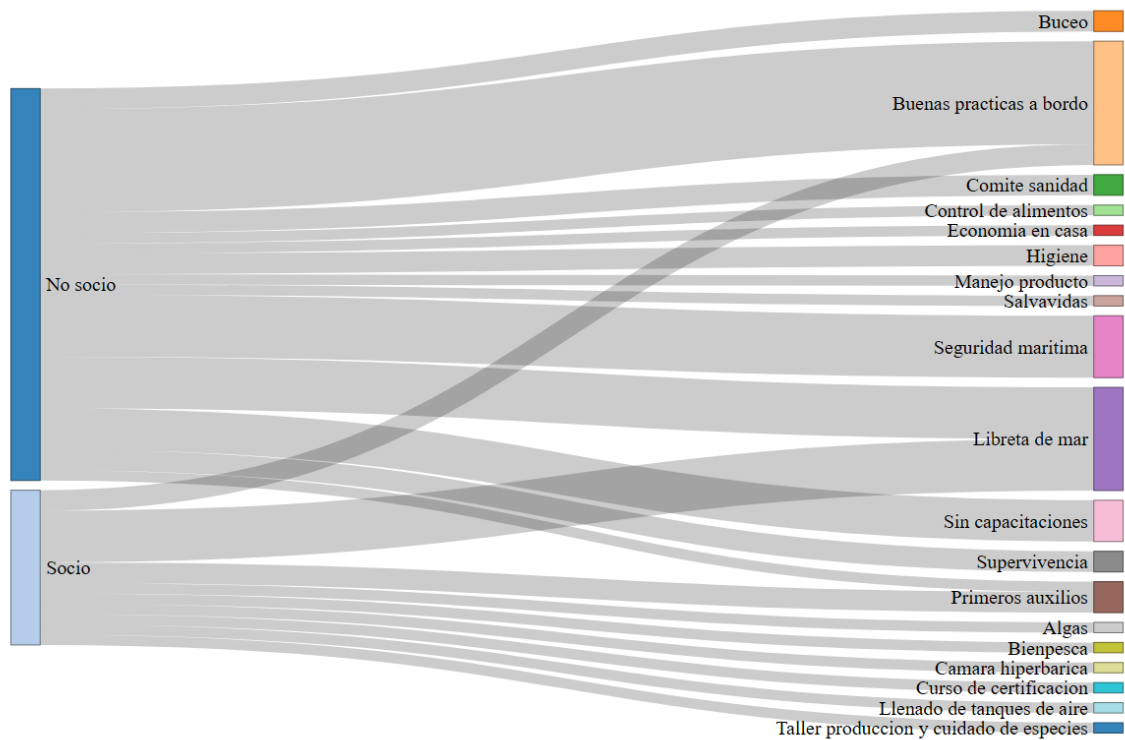


Figura 16. Diagrama de Sankey que muestra los flujos de 25 pescadores (18 no socios y 7 socios) hacia los distintos tipos de capacitación recibida en los últimos cinco años. El grosor de los enlaces corresponde al número de participantes en cada curso; a la izquierda, los pescadores se agrupan según su estatus (“Socio” vs. “No socio”); a la derecha, los nodos representan tipos de capacitación.

2.9 Movilidad laboral

Cinco no socios (ID 4, 5, 13, 14 y 19) declararon haber pescado en otras comunidades en los últimos cinco años, por motivos como falta de trabajo en la cooperativa, invitaciones temporales o mal clima. La duración de estas actividades osciló entre una semana y cinco meses.

Por otro lado, cuatro no socios (ID 5, 7, 15, 16) y un socio (ID 21) reportaron haber trabajado fuera del sector pesquero durante los últimos cinco años, principalmente en labores ganaderas en ranchos cercanos o en Estados Unidos. La duración de estas actividades varió entre 15 días y cinco años.

2.10 Percepciones sobre la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE)

Entre los pescadores con más de 10 años en la cooperativa ($n = 11$), la mayoría percibió que actualmente se requiere más esfuerzo para capturar la misma cantidad de recursos que hace una década (Figura 17). Esta percepción fue particularmente consistente para el erizo rojo (9 de 11), pepino de mar (3 de 3), caracol (2 de 2) y abulón (1 de 1). Para la escama y la langosta, las opiniones estuvieron divididas entre quienes percibían una situación similar y quienes reportaron mejoras en la eficiencia.

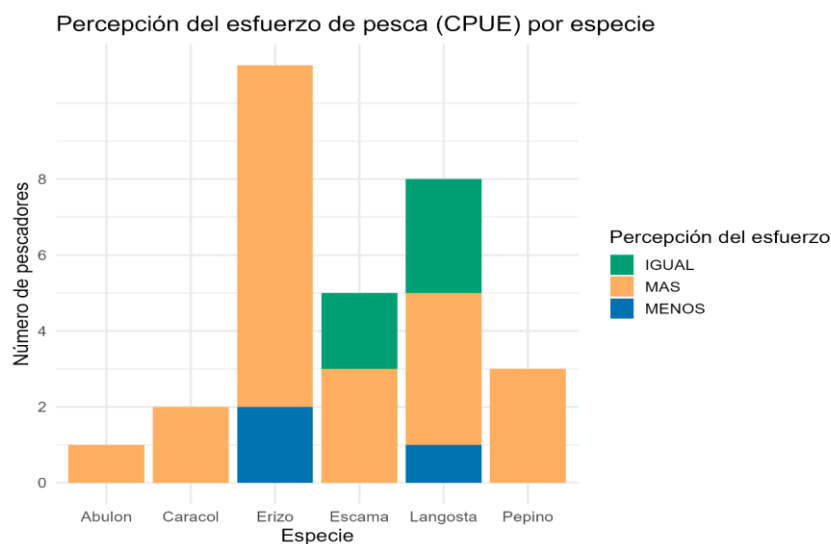


Figura 17. Percepción de los socios con más de 10 años en la cooperativa (n=11) sobre la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) de las especies que capturan. Las opciones de respuesta fueron: IGUAL, cuando el esfuerzo de pesca actual (horas de pesca) es similar al requerido hace 10 años para obtener la misma cantidad de captura; MÁS, cuando se requieren más horas de pesca actualmente para obtener la misma cantidad que hace 10 años; y MENOS, cuando se requieren menos horas de pesca actualmente para obtener la misma cantidad que hace una década.

2.11 Respuestas ante una posible caída en la rentabilidad del erizo rojo

Ante la pregunta "¿Qué haría si la pesca de erizo deja de ser redituable?", los no socios indicaron que se dedicarían a otros oficios (n = 6), agricultura (n = 4), pesca de otras especies (n = 3), migrarían (n = 1) o se incorporarían al buceo industrial (n = 1). Tres no tenían una respuesta clara. Entre los socios (n= 7), cuatro afirmaron que pescarían otras especies, uno mencionó la agricultura, otro indicó que implementaría la translocación de erizo y uno no tenía una estrategia definida.

Discusión

El análisis de la cooperativa Ensenada revela una configuración de atributos que fortalece su capacidad adaptativa, con similitudes con casos exitosos documentados en la región (Micheli

et al., 2024; Valdez-Rojas et al., 2022). Entre ellos destacan la diversificación de especies y actividades, el establecimiento de reservas marinas comunitarias (reservas establecidas por acuerdo comunitario en las aguas concesionadas a la cooperativa), la operación bajo derechos exclusivos de uso pesquero de especies bentónicas de alto valor, y el establecimiento de otras medidas internas de manejo como la translocación (Aceves-Bueno et al., 2023; Flores-Guzmán & López-Ercilla, 2021; Gutiérrez et al., 2011). Además, combina estos atributos con un enfoque empresarial (Garibay-Toussaint et al., 2024) que le permite diversificar actividades y generar valor agregado en algunos de sus productos, esto último estimula el empleo en actividades asociadas.

En la cooperativa Ensenada, la mesa directiva y un miembro del personal técnico ejercen un liderazgo reconocido que facilita la acción colectiva en la gestión, la producción y la comercialización. Estos líderes, con formación técnica y amplia trayectoria, contribuyen a la toma de decisiones consensuadas, a la implementación de incentivos, al fortalecimiento del capital social y al fomento de conexiones con actores externos —legitimidad institucional (Gutiérrez et al., 2011; Hayashida & Rolón, 2015). Por otro lado, la nula participación de mujeres en cargos de liderazgo y en la toma de decisiones dentro de la cooperativa Ensenada limita la diversidad de perspectivas en su gobernanza, reduciendo potenciales beneficios en innovación y resolución de problemas (Solano et al., 2021; Torre et al., 2019).

Siguiendo el marco conceptual sintetizado por De Carvalho et al. (2023), la capacidad adaptativa se construye a partir de múltiples dominios interrelacionados que operan tanto a nivel individual como colectivo. A continuación, se analizan estos dominios por separado.

Organización social

La organización social es un componente clave para sostener la capacidad adaptativa en pesquerías de pequeña escala, ya que permite coordinar acciones, compartir recursos y establecer mecanismos de gobernanza que reducen la exposición a riesgos (Ostrom, 2009; Silva et al., 2020). En este sentido, las cooperativas pueden mostrar una mayor resiliencia frente a crisis que otras organizaciones empresariales, debido a su gobernanza democrática, su enfoque en los miembros y su integración en redes de apoyo (Billiet et al., 2021). A diferencia de los arreglos patrón–cliente, donde los beneficios suelen concentrarse y las relaciones dependen de acuerdos individuales, las cooperativas bien gestionadas tienden a distribuir beneficios de manera más amplia, y a generar relaciones de confianza y cumplimiento más estables (Basurto et al., 2020). En el caso de la cooperativa Ensenada, su capacidad organizativa y técnica le permitió sostener sus operaciones frente a escenarios de alta incertidumbre ecológica y económica, como la pérdida de los bosques de kelp y la pandemia de COVID-19 (Frawley et al., 2024). Experiencias en la región, como en Isla Natividad y Punta Abreojos, también evidencian que grupos pesqueros con manejo organizado y autonomía pueden implementar estrategias efectivas para conservar la base ecológica y sostener la viabilidad económica a largo plazo (Cota-Nieto et al., 2018b; Micheli et al., 2024).

Si bien en la cooperativa Ensenada la cohesión interna es fuerte, las relaciones intergrupales dentro de la zona mancomunada son débiles, lo que restringe el flujo de información y limita la posibilidad de generar reglas compartidas más amplias. Por ello, el manejo se concentra principalmente en su propia zona de pesca. La evidencia de otros grupos pesqueros de pequeña escala muestra que la cohesión social entre grupos de pescadores —sustentada en

lazos de parentesco, amistad y confianza— facilita la organización colectiva para manejar áreas de pesca en conjunto y reducir conflictos, fortaleciendo los arreglos de autogobernanza (Gómez-Andújar et al., 2022). No obstante, la cooperativa Ensenada mantiene vínculos activos con organizaciones no gubernamentales, universidades y entidades gubernamentales, lo que compensa parcialmente estas limitaciones al fortalecer su capacidad técnica.

Una organización sólida no necesariamente garantiza inclusión equitativa. Por ejemplo, aunque la mayoría de los no socios expresaron interés en integrarse formalmente a la cooperativa, las barreras existentes limitan sus posibilidades de incorporación, incluso cuando cuentan con una larga trayectoria dentro del grupo. Por tanto, no se puede afirmar que las decisiones de gestión pesquera sean verdaderamente colectivas, especialmente si no se reconocen las contribuciones y aspiraciones de quienes ocupan posiciones periféricas, como las mujeres y los no socios (Solano et al., 2021).

Diversificación y flexibilidad

Es ampliamente reconocido que diversificar especies objetivo, fuentes de ingresos e integrar distintos tipos de saberes —tradicional, científico y local— aumenta las opciones de adaptación y reduce la vulnerabilidad frente a perturbaciones climáticas (Galappaththi et al., 2021; Green et al., 2021; Jones et al., 2025). La cooperativa Ensenada ha diversificado su actividad pesquera, incluyendo 8 permisos de pesca y una concesión para capturar más de 13 especies de interés comercial. Esta amplitud no solo amortigua caídas en la rentabilidad de una pesquería específica, sino que también habilita estrategias de manejo como rotación de bancos, cierres voluntarios y translocación de erizos, sin depender exclusivamente de un recurso. Asimismo, su capacidad institucional para operar en múltiples frentes —valor

agregado, maricultura y colaboración científica— le otorga un mayor margen de maniobra frente a la incertidumbre ecológica y económica.

No obstante, como advierten Frawley et al. (2024), esta autonomía también implica riesgos asociados a la dependencia de trayectoria (path dependence) en las grandes cooperativas, como es el caso de la cooperativa Ensenada. La adhesión a estrategias históricas exitosas puede reducir la capacidad de innovación y aumentar la vulnerabilidad ante cambios climáticos o económicos futuros, y refleja una forma de rigidez institucional que debe equilibrarse con mecanismos de flexibilidad (Golden et al., 2024).

Entre los socios, la diversificación se concentra en la pesca de especies de alto valor —principalmente langosta y erizo—, complementada en algunos casos con capturas adicionales y, para un par de ellos, con actividades comerciales externas. Esto configura una diversificación intra-pesquera relativamente estructurada. En contraste, entre los no socios prevalece la diversificación laboral fuera de la pesca, aunque casi la mitad depende exclusivamente de ella. Esta heterogeneidad interna refleja tanto la necesidad de complementar ingresos como la persistente dependencia del sector.

En términos de resiliencia, los pescadores menos preparados para enfrentar disminuciones en la calidad y cantidad de gónadas del erizo —derivadas de la pérdida de bosques de kelp— son principalmente no socios que dependen casi exclusivamente del erizo y complementan con una sola actividad no pesquera (ID 4, 12), así como aquellos que capturan otra especie además del erizo, pero también cuentan únicamente con una actividad externa (ID 1, 7, 14, 18). Algunos socios (ID 23, 24, 25) también se ubican en un nivel bajo de resiliencia, aunque

en su caso esta vulnerabilidad se compensa parcialmente con el respaldo institucional que les brinda la cooperativa.

Acceso a activos

El acceso a activos constituye un componente estructural de la capacidad adaptativa, ya que determina las opciones disponibles frente a la incertidumbre ambiental (Cinner et al., 2018; Silas et al., 2020). En la cooperativa Ensenada, los socios disponen de permisos exclusivos, embarcaciones propias, mecanismos de financiamiento interno y acceso a capacitaciones especializadas. Estos activos les permiten planificar y reorganizar su actividad en el sector pesquero, y sostener estrategias de manejo adaptativo con mayor seguridad. En contraste, los no socios dependen de recursos informales y accesos temporales, lo que limita su margen de acción y aumenta su vulnerabilidad ante perturbaciones.

Este patrón también se observa en otras comunidades pesqueras en México, como las analizadas por Tolentino-Arévalo et al. (2019), donde los pescadores con acceso formal a recursos clave presentaron mayor estabilidad y capacidad para implementar estrategias de adaptación, mientras que quienes dependían de accesos informales enfrentaron vulnerabilidad estructural. Al comparar ambos casos, se evidencia que el tipo, control y estabilidad de los activos no solo determinan la resiliencia individual, sino que también condicionan la equidad interna.

Aprendizaje y conocimiento

La generación, intercambio y aplicación del conocimiento, tanto científico como local, son esenciales para una adaptación informada (Folke et al., 2005). La cooperativa Ensenada no solo colabora con instituciones académicas y organizaciones de la sociedad civil en

actividades de monitoreo y restauración, sino que ha incorporado prácticas basadas en evidencia científica a su toma de decisiones. La certificación de buzos, la participación en censos submarinos y el seguimiento de indicadores fisicoquímicos del agua evidencian un modelo de gestión basado en el aprendizaje adaptativo (Gutiérrez et al., 2011).

Por el contrario, otras cooperativas pesqueras de la región suelen operar con información limitada o sin vínculos constantes con el conocimiento técnico-científico, lo que restringe su margen de respuesta frente a nuevas condiciones ecológicas o normativas (Micheli et al., 2014).

Agencia

La agencia, entendida como la capacidad de actuar estratégicamente para influir en condiciones propias o colectivas (Cinner et al., 2018), se manifiesta en distintos niveles dentro de la cooperativa Ensenada. Todas las características anteriores brindan una comprensión hacia la capacidad de agencia. A nivel organizativo, esta agencia colectiva se observa en medidas de manejo estratégicas como la translocación de erizos, el control de extracción y el cierre voluntario de zonas de pesca, respaldadas por un sistema de vigilancia comunitaria y por vínculos institucionales internos y externos. Estudios previos muestran que la fortaleza o debilidad de estos vínculos influye directamente en la efectividad de las medidas de manejo y en la agencia colectiva de las cooperativas pesqueras (Basurto et al., 2013; Cudney-Bueno & Basurto, 2009).

A nivel individual, los socios muestran su agencia mediante una prolongada permanencia en la organización —en algunos casos superior a 35 años— cumpliendo reglas claras y accediendo a beneficios financieros (Liu et al., 2024). Frente a escenarios de incertidumbre,

optan por estrategias como el cambio de especie objetivo o el fortalecimiento de la translocación de erizos, reflejando una agencia orientada a reorganizarse dentro del sistema cooperativo. Estos atributos se relacionan con una alta satisfacción por permanecer en la cooperativa, en contraste con contextos como el de los pescadores ribereños de Nayarit, donde experiencias en asociaciones han derivado en sentimientos de decepción y desconfianza (Elías Ilosvay et al., 2024).

Por otro lado, los no socios ejercen una agencia más individual, sustentada en la flexibilidad y la diversificación. Algunas estrategias ante la incertidumbre de que la pesquería de erizo deje de ser redituable incluyen pescar otras especies, cambiar de oficio, migrar temporalmente o combinar actividades económicas. Aunque algunos han recibido capacitación y desarrollado habilidades diversas, su margen de acción está limitado por no acceder a beneficios formales —como la participación en la repartición de los rendimientos— y por no tener un rol pleno en la toma de decisiones estratégicas, aunque sí intervienen en algunos aspectos operativos. La mayoría manifestó interés en integrarse a la cooperativa, lo que sugiere que la perciben como una plataforma que ampliaría su capacidad de acción y les ofrecería mayor seguridad frente a escenarios de cambio.

Conclusión

El análisis de la cooperativa Ensenada evidencia que la capacidad adaptativa en la pesquería de erizo rojo se configura a partir de una combinación de atributos interrelacionados que operan tanto a nivel de pescador como de cooperativa. A nivel individual, los socios muestran mayor resiliencia gracias a su acceso a activos formales —permisos exclusivos, embarcaciones propias, financiamiento interno y capacitaciones especializadas—, lo que les permite planificar, reorganizarse y sostener estrategias de manejo adaptativo frente a la

incertidumbre ecológica y económica. Los no socios, en contraste, dependen de recursos informales y temporales, lo que limita su margen de acción y aumenta su vulnerabilidad ante perturbaciones.

A nivel colectivo, la estructura organizativa de la cooperativa —liderazgo técnico reconocido, gobernanza interna y vínculos con actores externos— facilita la acción colectiva, la implementación de medidas de manejo y la integración de conocimiento científico y local. Esta combinación de activos, organización y aprendizaje genera una resiliencia sostenida que permite al grupo adaptarse a cambios ambientales y del mercado, aunque la dependencia de un liderazgo centralizado y la limitada participación de mujeres y no socios constituyen vulnerabilidades que podrían afectar la equidad y la innovación.

En síntesis, la capacidad adaptativa de la cooperativa Ensenada se fortalece por la convergencia de acceso a activos, diversificación de estrategias, gobernanza colectiva y aprendizaje adaptativo. Las diferencias entre socios y no socios muestran que tanto la formalidad como la estabilidad del acceso a recursos son determinantes clave para la resiliencia individual y colectiva, confirmando que la capacidad de adaptación en pesquerías de pequeña escala depende de la interacción entre factores sociales, económicos y ecológicos.

Referencias

Aceves-Bueno, E., Nenadovic, M., Dove, I., Atkins-Davis, C., Aceves-Bueno, J. S., Trejo-Ramirez, A., Rivas-Ochoa, C., Rodriguez-Van Dyck, S., & Weaver, A. H. (2023). Sustaining small-scale fisheries through a nation-wide Territorial Use Rights in Fisheries system. *PLOS ONE*, *18*(6), e0286739. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0286739>

Aguilera, S. E., Cole, J., Finkbeiner, E. M., Le Cornu, E., Ban, N. C., Carr, M. H., Cinner, J. E., Crowder, L. B., Gelcich, S., Hicks, C. C., Kittinger, J. N., Martone, R., Malone, D., Pomeroy, C., Starr, R. M., Seram, S., Zuercher, R., & Broad, K. (2015). Managing Small-Scale Commercial Fisheries for Adaptive Capacity: Insights from Dynamic Social-Ecological Drivers of Change in Monterey Bay. *PLOS ONE*, *10*(3), e0118992. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118992>

Badjeck, M.-C., Allison, E. H., Halls, A. S., & Dulvy, N. K. (2010). Impacts of climate variability and change on fishery-based livelihoods. *Marine Policy*, 34(3), 375-383. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2009.08.007>

Barange, M., Bahri, T., Beveridge, M. C. M., Cochrane, K. L., Funge Smith, S., & Poulain, F. (Eds.). (2018). *Impacts of climate change on fisheries and aquaculture: Synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Basurto, X., Bennett, A., Hudson Weaver, A., Rodriguez-Van Dyck, S., & Aceves-Bueno, J.-S. (2013). Cooperative and Noncooperative Strategies for Small-scale Fisheries' Self-governance in the Globalization Era: Implications for Conservation. *Ecology and Society*, 18(4), art38. <https://doi.org/10.5751/ES-05673-180438>

Basurto, X., Bennett, A., Lindkvist, E., & Schlüter, M. (2020). Governing the commons beyond harvesting: An empirical illustration from fishing. *PLOS ONE*, 15(4), e0231575. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231575>

Bennett, N., Dearden, P., & Kadfak, A. (2018). *The capacity to adapt?: Communities in a changing climate, environment, and economy on the northern Andaman coast of Thailand*. <https://doi.org/10.31230/osf.io/kjfz2>

Billiet, A., Dufays, F., Friedel, S., & Staessens, M. (2021). *The resilience of the cooperative model: How do cooperatives deal with the COVID-19 crisis?* <https://doi.org/10.1002/jsc.2393>

Chuenpagdee, R., & Jentoft, S. (2009). Governability Assessment for Fisheries and Coastal Systems: A Reality Check. *Human Ecology*, 37(1), 109-120. <https://doi.org/10.1007/s10745-008-9212-3>

Cinner, J. E., Adger, W. N., Allison, E. H., Barnes, M. L., Brown, K., Cohen, P. J., Gelcich, S., Hicks, C. C., Hughes, T. P., Lau, J., Marshall, N. A., & Morrison, T. H. (2018). Building adaptive capacity to climate change in tropical coastal communities. *Nature Climate Change*, 8(2), 117-123. <https://doi.org/10.1038/s41558-017-0065-x>

Cinner, J. E., & Barnes, M. L. (2019). Social Dimensions of Resilience in Social-Ecological Systems. *One Earth*, 1(1), 51-56. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2019.08.003>

Cinner, J. E., Huchery, C., Hicks, C. C., Daw, T. M., Marshall, N., Wamukota, A., & Allison, E. H. (2015). Changes in adaptive capacity of Kenyan fishing communities. *Nature Climate Change*, 5(9), 872-876. <https://doi.org/10.1038/nclimate2690>

Cota-Nieto, J. J., Erisman, B., Aburto-Oropeza, O., Moreno-Báez, M., Hinojosa-Arango, G., & Johnson, A. F. (2018). Participatory management in a small-scale coastal fishery—Punta Abreojos, Pacific coast of Baja California Sur, Mexico. *Regional Studies in Marine Science*, 18, 68-79. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2017.12.014>

Cudney-Bueno, R., & Basurto, X. (2009). Lack of Cross-Scale Linkages Reduces Robustness of Community-Based Fisheries Management. *PLoS ONE*, 4(7), e6253. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0006253>

De Carvalho, D. A., Amaral, S., & Alves, L. M. (2023). Climate change adaptation frameworks in fishing communities: A systematic review. *Ocean & Coastal Management*, 243, 106754. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2023.106754>

Elías Ilosvay, X., García Molinos, J., Tovar-Ávila, J., Rentería Bravo, J., Medina Santiago, I. A., Aceves-Bueno, E., & Ojea, E. (2024). Determinants of small-scale fisheries' transformative responses under increasing climate change impacts in Nayarit, Mexico. *Ecology and Society*, 29(4), art38. <https://doi.org/10.5751/ES-15661-290438>

Flores-Guzmán, A., & López-Ercilla, I. (2021). *Análisis de la pesquería de cinco especies de escama marina capturadas con línea de mano y trampa en El Rosario, Baja California, México, en el marco de un Proyecto de Mejora Pesquera*. (p. 25). Comunidad y Biodiversidad A.C.

Folke, C., Biggs, R., Norström, A. V., Reyers, B., & Rockström, J. (2016). Social-ecological resilience and biosphere-based sustainability science. *Ecology and Society*, 21(3), art41. <https://doi.org/10.5751/ES-08748-210341>

Folke, C., Haider, L. J., Lade, S. J., Norström, A. V., & Rocha, J. (2021). Commentary: Resilience and Social-Ecological Systems: A Handful of Frontiers. *Global Environmental Change*, 71, 102400. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102400>

Frawley, T. H., González-Mon, B., Nenadovic, M., Gladstone, F., Nomura, K., Alberto Zepeda-Domínguez, J., Rodríguez-Van Dyck, S., Ferrer, E. M., Torre, J., Micheli, F., Leslie, H. M., & Basurto, X. (2024). Self-governance mediates small-scale fishing strategies, vulnerability and adaptive response. *Global Environmental Change*, 84, 102805. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2024.102805>

Galappaththi, E. K., Ford, J. D., & Bennett, E. M. (2019). A framework for assessing community adaptation to climate change in a fisheries context. *Environmental Science & Policy*, 92, 17-26. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.11.005>

Galappaththi, E. K., Ford, J. D., Bennett, E. M., & Berkes, F. (2021). Adapting to climate change in small-scale fisheries: Insights from indigenous communities in the global north and south. *Environmental Science & Policy*, 116, 160-170. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.11.009>

Garibay-Toussaint, I., Olguín-Jacobson, C., Woodson, C. B., Arafeh-Dalmau, N., Torre, J., Fulton, S., Micheli, F., O'Connor, R., Précoma-de La Mora, M., Hernández-Velasco, A., & Narchi, N. E. (2024). Combining the uncombinable: Corporate memories, ethnobiological observations, oceanographic and ecological data to enhance climatic resilience in small-scale fisheries. *Frontiers in Marine Science*, 11, 1458059. <https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1458059>

Golden, A. S., Baskett, M. L., Holland, D., Levine, A., Mills, K., & Essington, T. (2024). Climate adaptation depends on rebalancing flexibility and rigidity in US fisheries management. *ICES Journal of Marine Science*, 81(2), 252-259. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsad189>

Gómez-Andújar, N. X., Gerkey, D., Conway, F., & Watson, J. R. (2022). Social cohesion and self-governance arrangements among small-scale fisheries in Puerto Rico. *Frontiers in Marine Science*, 9, 966309. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.966309>

Green, K. M., Selgrath, J. C., Frawley, T. H., Oestreich, W. K., Mansfield, E. J., Urteaga, J., Swanson, S. S., Santana, F. N., Green, S. J., Naggea, J., & Crowder, L. B. (2021). How adaptive capacity shapes the Adapt, React, Cope response to climate impacts: Insights from small-scale fisheries. *Climatic Change*, 164(1-2), 15. <https://doi.org/10.1007/s10584-021-02965-w>

Gutiérrez, N. L., Hilborn, R., & Defeo, O. (2011). Leadership, social capital and incentives promote successful fisheries. *Nature*, 470(7334), 386-389. <https://doi.org/10.1038/nature09689>

Hayashida, A. H., & Rolón, J. E. (2015). Leadership, Control Mechanisms and Networks for Sustainable Fishing. *Journal of Agricultural Science and Technology B*, 5(8). <https://doi.org/10.17265/2161-6264/2015.08.005>

Jones, B. L. H., Santos, R. O., James, W. R., Shephard, S., Adams, A. J., Boucek, R. E., Coals, L., Costa, S. V., Cullen-Unsworth, L. C., & Rehage, J. S. (2025). Stakeholder diversity matters: Employing the wisdom of crowds for data-poor fisheries assessments. *Scientific Reports*, 15(1), 440. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-84970-4>

Liu, Z., Qu, J., Wu, X., Niu, X., & Feng, S. (2024). Improving member satisfaction with cooperatives: The role of participation in governance. *Annals of Public and Cooperative Economics*, 95(3), 703-722. <https://doi.org/10.1111/apce.12456>

Micheli, F., Saenz-Arroyo, A., Aalto, E., Beas-Luna, R., Boch, C. A., Cardenas, J. C., De Leo, G. A., Diaz, E., Espinoza-Montes, A., Finkbeiner, E., Freiwald, J., Fulton, S., Hernández, A., Lejbowicz, A., Low, N. H. N., Martinez, R., McCay, B., Monismith, S., Precoma-de La Mora, M., ... Woodson, C. B. (2024). Social-ecological vulnerability to environmental extremes and adaptation pathways in small-scale fisheries of the southern California Current. *Frontiers in Marine Science*, 11, 1322108. <https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1322108>

Ostrom, E. (2009). A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems. *Science*, 325(5939), 419-422. <https://doi.org/10.1126/science.1172133>

Pauly, D., & Zeller, D. (2016). Catch reconstructions reveal that global marine fisheries catches are higher than reported and declining. *Nature Communications*, 7(1), 10244. <https://doi.org/10.1038/ncomms10244>

Silas, M. O., Mgeleka, S. S., Polte, P., Sköld, M., Lindborg, R., De La Torre-Castro, M., & Gullström, M. (2020). Adaptive capacity and coping strategies of small-scale coastal fisheries to declining fish catches: Insights from Tanzanian communities. *Environmental Science & Policy*, 108, 67-76. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.03.012>

Silva, M. R. O., Pennino, M. G., & Lopes, P. F. M. (2020). A social-ecological approach to estimate fisher resilience: A case study from Brazil. *Ecology and Society*, 25(1), art23. <https://doi.org/10.5751/ES-11361-250123>

Smit, B., & Wandel, J. (2006). Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change*, 16(3), 282-292. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.03.008>

Solano, N., Lopez-Ercilla, I., Fernandez-Rivera Melo, F. J., & Torre, J. (2021). Unveiling Women's Roles and Inclusion in Mexican Small-Scale Fisheries (SSF). *Frontiers in Marine Science*, 7, 617965. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.617965>

Tolentino-Arévalo, O., Markantoni, M., Espinoza-Tenorio, A., & Mesa-Jurado, M. A. (2019). Drivers of Adaptive Capacity to Climate Change in Coastal Fishing Communities of Tabasco, Mexico. En S. Salas, M. J. Barragán-Paladines, & R. Chuenpagdee (Eds.), *Viability and Sustainability of Small-Scale Fisheries in Latin America and The Caribbean* (Vol. 19, pp. 125-147). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-76078-0_6

Torre, J., Hernandez-Velasco, A., Rivera-Melo, F. F., Lopez, J., & Espinosa-Romero, M. J. (2019). Women's empowerment, collective actions, and sustainable fisheries: Lessons from Mexico. *Maritime Studies*, 18(3), 373-384. <https://doi.org/10.1007/s40152-019-00153-2>

Valdez-Rojas, C., Beas-Luna, R., Lorda, J., Zepeda-Domínguez, J. A., Montaña-Moctezuma, G., Medellín-Ortiz, A., Torre, J., & Micheli, F. (2022). Using a social-ecological systems perspective to identify context specific actions to build resilience in small scale fisheries in Mexico. *Frontiers in Marine Science*, 9, 904859. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.904859>

CONCLUSIONES GENERALES

Los resultados de esta tesis muestran que las prácticas desarrolladas por algunos grupos pesqueros de pequeña escala pueden funcionar como estrategias de manejo adaptativo capaces de sostener el bienestar social y la productividad ecológica, y con ello fortalecer su resiliencia socio-ecológica. Sin embargo, esto solo ocurre cuando el grupo cuenta con ciertas condiciones: acceso estable a recursos, reglas internas legítimas, capacidad de organización, aprendizaje colectivo y una relación activa entre su conocimiento local y la evidencia científica. No todos los grupos logran reunir estas capacidades, y eso explica por qué prácticas similares no siempre generan los mismos resultados. También mostramos que estrategias como la translocación de erizo rojo conllevan incertidumbres ecológicas que requieren monitoreo constante y evaluaciones sistemáticas. Finalmente, destacamos que para comprender estas prácticas es necesario analizarlas desde enfoques cualitativos y cuantitativos de manera integrada, que permitan captar la complejidad del manejo adaptativo de las pesquerías de pequeña escala.

MATERIAL SUPLEMENTARIO

Material Suplementario 1. Diseño de entrevistas semiestructuradas a pescadores de la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Ensenada, S.C.L.

Las preguntas fueron seleccionadas, ajustadas y complementadas para integrar los conocimientos previos de la literatura y el contexto local. Posteriormente, el borrador de la entrevista fue validado por un experto, la directora del Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera, con el fin de evaluar su pertinencia y relevancia. Además, un ex pescador revisó las preguntas para ajustar el vocabulario y garantizar su comprensión en el contexto local. La entrevista se estructuró en torno a dos dimensiones: sociales y ecológicas y consta de tres secciones: 1) información general, 2) motivaciones para la translocación y 3) identificación de los efectos en el ecosistema. Para facilitar la respuesta a algunas preguntas de la sección, se proporcionaron fotografías y dibujos de referencia para facilitar las respuestas (Tabla S2. Fotografías o dibujos).

Tabla S1. Marco conceptual y variables consideradas para el desarrollo de la entrevista semiestructurada.

Referencia	Hallazgo relevante para el estudio	Hipótesis para El Rosario.	Variables predictivas	Variables de respuesta	Tipo de variables	Posible pregunta
Atalah et al., (2013)	Las densidades de erizos translocados disminuyeron en un orden de magnitud a 5 ind m ⁻² . Los erizos pastorearon rápidamente (en 3 meses) las algas que forman el dosel (<i>Ecklonia</i> y <i>Carpophyllum</i>) y la mayoría de los conjuntos del sotobosque (understory assemblages).	Si una proporción de erizos mueren al ser translocados, es mínima y no condiciona la rentabilidad de la pesca.	1) Densidad o biomasa de erizos translocados por unidad de área, 2) Nivel de daño durante la manipulación, tiempo a partir de la translocación.	3) Porcentaje de erizos que sobreviven/mueren	Cuantitativas	A. ¿Del total de erizos que translocan, que porcentaje se mueren o se pierden?
		Los erizos pastorean en los primeros meses la mayor parte de las macroalgas formadoras de dosel y macroalgas del sotobosque (understory assemblages)	1) Densidad o biomasa de erizos translocados por unidad de área y tiempo	2) Formación de claros/tiempo	1)Cuantitativa 2)Cualitativa	A ¿Cuánto tiempo dura la temporada de translocaciones? B ¿Los erizos van dejando claros (espacios desprovistos de algas) que puedan apreciarse fácilmente durante la temporada de translocaciones?
Bekkby et al., (2015)	El pastoreo por parte de los erizos puede tener poca importancia ecológica en una etapa de sucesión tardía del bosque de kelp, pero puede tener una importancia desproporcionadamente alta en las primeras etapas en los bosques	Ante la escasez de macroalgas formadoras de dosel (<i>M. pyrifera</i> principalmente) a partir de 2019, la concentración de erizos debida a la translocación puede estar afectando la recuperación del	1. Densidad de erizos morados y rojos por unidad de área. 2. Densidad de kelp (esporofitos, formadoras de dosel), 3. densidad de algas del sotobosque, 4. tipo de algas del sotobosque.	Estado del ecosistema (nivel de impacto). Variable :impacto (funcionalidad, diversidad) .	1-3. Cualitativas 4.Cualitativa	A ¿Clasifique la densidad de erizos (rojos y morados) que hay por unidad de área en el área de translocación al final de las actividades de translocación? B ¿Clasifique la densidad de kelp adultos en las áreas de translocación al inicio de las translocaciones?

	de kelp recién recuperados.	bosque de kelp en las zonas objetivo.				<p>B.1 ¿Considera que esta densidad disminuye o permanece igual al final de la translocación?</p> <p>C. ¿Clasifique la densidad de algas de pequeña altura en las áreas de translocación al inicio de las translocaciones?</p> <p>C.1 ¿Considera que esta densidad disminuye o permanece igual al final de la translocación?</p> <p>D. ¿Qué tipo de algas identifica en los sitios donde se realizaron las translocaciones de erizos al inicio de la translocación?</p> <p>D.1. ¿Qué tipo de algas que hay en los sitios donde se realizaron las translocaciones de erizos al final de la translocación?</p>
Blount et al., (2017)	Los erizos translocados a un hábitat con abundancia de macroalgas mostraron mejoras significativas en el color y el rendimiento de las huevas después de seis semanas, aunque la magnitud del cambio dependía de la densidad y la	En un hábitat con gran abundancia de macroalgas el color, la calidad y el rendimiento de la gónada de los erizos translocados mejoran, la magnitud del cambio depende de la densidad y la estación del año	1. Condición inicial de las gónadas los erizos antes de la translocación, 2. Densidad o biomasa de erizos translocados por unidad de área, 3. tipo de algas necesarias para la mejora del color y el rendimiento de la gónada	4. Densidad de erizos translocados al momento de la cosecha. 5. Condición gonadal de los erizos al momento de la cosecha. 6. Cambio de color y	2, 4,7 Cuantitativa a 1, 3, 5, 6, cualitativa	<p>A. ¿Qué es lo que esperan que les suceda a los erizos cuando son translocados?</p> <p>B. ¿Qué densidad/cantidad de erizos pueden translocar en un área?</p> <p>C. ¿De qué tamaño es esa área?</p>

	<p>estación. Aunque las mejoras en la condición de las huevas de erizo de mar durante un año no alcanzaron los niveles observados en la cosecha comercial normal de los hábitats productivos, las huevas mejoradas de los erizos trasplantados fueron comercializables y la operación se consideró rentable.</p>			<p>rendimiento de erizos translocados. 7. Abundancia y tipos de macroalgas en los sitios que buscan los pescadores para translocar los erizos.</p>		
		<p>Las gónadas de los erizos translocados son comercializables haciendo que la translocación sea rentable.</p>		<p>1. Costo-beneficio</p>	<p>Cuantitativa</p>	<p>A. En el pasado ¿Ha participado en la pesca del erizo rojo silvestre (erizo rojo sin translocar)? B. ¿Actualmente, existe captura de erizo rojo que no es translocado? C. ¿El ingreso económico que recibe con la translocación de erizos (desde el movimiento hasta la captura), es comparable con el que obtenía u obtiene con la captura tradicional (sin translocación)?</p>

<p>Feehan et al., (2012)</p>	<p>Los aumentos localizados de la densidad de erizos de mar pueden conducir a la formación de agregaciones de pastoreo destructivas y a la creación de brechas en un lecho de algas. El umbral de erizos en Nueva Escocia de 2 kg/m² erizos según otros autores (Breen & Mann 1976a,b, Scheibling et al. 1999, Lauzon-Guay & Scheibling 2007a). Los umbrales de erizos para el pastoreo destructivo pueden ser distintos entre el límite del bosque-barren y dentro del bosque. Condiciones hidrodinámicas influyen en el umbral de erizos (puede variar en sitio y temporada).</p>	<p>Si los erizos translocados se agregan, se puede producir el pastoreo destructivo y la formación de brechas o huecos dentro de los lechos de kelp. Los umbrales de pastoreo destructivo dependen de biomasa de algas y acción de las olas que varían dependiendo del sitio y la temporada.</p>	<p>1 formación de agregaciones de erizos. 2. Biomasa de macroalgas, 3. Oleaje</p>	<p>4. Formación de brechas</p>	<p>1-4 Cualitativa</p>	<p>A. ¿Ha observado si los erizos translocados se agregan para pastorear juntos? Si es así, A.1 ¿ha identificado la presencia de brechas o huecos (zonas desprovistas de algas) dentro del bosque a causa de estas agregaciones? B. ¿Cuáles son las características que consideran para elegir un sitio en donde translocar, por ejemplo, oleaje, presencia de rocas, tipo de algas, cantidad de algas? C. ¿Por qué translocan en el mes de febrero y julio?</p>
<p>Filbee-Dexter & Scheibling, (2014)</p>	<p>Los desiertos de erizos son comunidades bentónicas dominadas por erizos herbívoros y algas rojas coralinas en</p>	<p>Si las zonas fuentes de erizos son desiertos de erizos deberán estar dominadas por erizos</p>	<p>1. Características de las zonas fuentes de erizos: abundancia de erizos, abundancia algas calcáreas, abundancia de</p>			<p>A. ¿En qué se fija para distinguir si una zona tiene erizos flacos? B. ¿Las zonas fuente de erizos flacos son áreas donde</p>

	<p>arrecifes rocosos desprovistos de algas carnosas (seaweed). Los desiertos de erizos se dan generalmente en regiones que pueden albergar lechos de kelp (o bosques). Los desiertos de erizos se encuentran en tres tipos de condiciones: (1) a través de múltiples cambios de fase entre los lechos de kelp y los desiertos de erizos, (2) tras un único cambio de fase de un estado de kelp a un estado de desierto, o viceversa, y (3) en zonas que de otro modo podrían albergar algas, aunque no se haya observado un cambio de fase.</p>	<p>y algas coralinas en arrecifes rocosos desprovistos de algas carnosas (en regiones que pueden albergar lechos de kelp). Para conocer si los erizos con gónada no deseable provienen de desiertos de erizos. Si se ha registrado cambios de fase de kelp a Barrens y/o de Barrens-Kelp.</p>	<p>algas carnosas, en regiones que pueden albergar lechos de kelp</p>			<p>predominan los erizos, y las algas calcáreas, y carecen de algas carnosas, que además son regiones aptas para que se desarrolle el kelp? C. ¿Sabe si estas zonas fuentes de erizos siempre han sido así? En caso de que hayan cambiado D. ¿Cuánto tiempo ha transcurrido desde que se presentó este cambio? D.1 ¿Ha ocurrido más de una vez este cambio?</p>
--	---	---	---	--	--	--

Entrevista a pescadores de Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Ensenada, S.C.L.

Por M.C. Teresa Tavera-Ortiz

Fecha de entrevista:

Nombre del entrevistado:

Nombre del entrevistador:

Localidad donde se realizó la entrevista:

Datos Generales

Cargo(s) que desempeña en la cooperativa _____

Antigüedad en el cargo: _____

Definamos:

Erizos no translocados: erizos que no fueron trasladados de un lugar a otro en ningún momento.

Erizos translocados: erizos que se trasladaron de un lugar a otro no importa en qué momento haya sucedido.

Motivantes para la translocación

Objetivo: develar las motivantes sociales, económicas y/o ecológicas históricas para implementar la estrategia de translocación.

Económicos

1.1 ¿Actualmente, existe pesca de erizo rojo no translocado? SI / NO

1.2 ¿Actualmente, existe pesca de erizo rojo translocado? SI / NO

1.3 ¿Haga una comparación entre la ganancia económica que recibe con la pesca de erizo translocado (desde el movimiento hasta la venta) contra la ganancia que obtenía (u obtiene) con la pesca de erizo no translocado? La ganancia económica del erizo rojo translocado es:

Mucho menor / Menor / Igual / Mayor / Mucho mayor

Ecológicos

1.4 Por temporada ¿Qué cantidad (en piezas y/o peso) de erizos rojo se translocan en la zona de translocaciones?

1.4.1 ¿Qué tamaño tiene esa zona?

1.4.2 ¿Cuánto tiempo dura la temporada de translocaciones?

1.4.3 ¿Cómo es que llegaron a definir ¿La cantidad de erizos rojos que debían translocar?

1.5 Por temporada ¿Del total de erizos translocados qué porcentaje/fracción recuperan en la pesca?

25% / 50% / 75% / 100% o ¼ / ½ / ¾ / todos

1.6 ¿Qué es lo que espera que le suceda a la cantidad de gónada de los erizos translocados?

1.7 ¿Qué es lo que espera que le suceda al color de la gónada de los erizos translocados?

1.8 ¿Qué es lo que espera que le suceda al sabor de la gónada de los erizos translocados?

1.9 Si en la zona de translocación hay abulón, aproximadamente ¿Cuántos hay por metro cuadrado?

1.9.1 Esta cantidad, ¿A cuántos kilogramos equivale?

1. Individuos aislados / **2.** Escasos, es decir unos pocos individuos / **3.** Son comunes o moderadamente densos, es decir muchas plantas pero no completamente cubierto el piso/ **4.** Dominante, es decir completamente cubierto el piso.

Sociales

1.10 ¿En la actualidad, cuáles son los riesgos para la salud al bucear a los que se enfrenta un buzo para pescar erizos con gónada comerciable?

1.11 ¿Considera que la translocación de erizos reduce el riesgo de sufrir daños a la salud de los buzos en comparación con la pesca de erizos que no son translocados? ¿Por qué? SI / NO.

Identificar Efectos sobre el Ecosistema

Objetivo: Integrar el conocimiento ecológico local acumulado con la experiencia de translocación de erizos por los pescadores con el conocimiento científico generado y adecuado a la región para identificar posibles efectos en el ecosistema del bosque de kelp.

Caracterización Erizos

- 1.1 ¿Cuántos erizos rojos se colocan por metro cuadrado en la zona de translocación?
 - 1.1.1 Esta cantidad, ¿A cuántos kilogramos equivale?
- 1.2 Si en la zona de translocación hay erizo morado, aproximadamente ¿Cuántos erizos morados hay por metro cuadrado?
FOTO 1
 - 1.2.1 Esta cantidad, ¿A cuántos kilogramos equivale?
- 1.3 ¿Ha observado si los erizos translocados se agregan para pastorear juntos? SI / NO
FOTO 2
- 1.4 ¿Dentro del bosque, ha identificado la presencia de brechas o huecos (zonas que prácticamente no tienen algas) que puedan atribuirse a las agregaciones de erizos? SI / NO
FOTO 2
 - 1.4.1 En caso que Sí. ¿Puede describir como se ven estas brechas o huecos?, por ejemplo, qué forma tienen, qué tipo de suelo tienen (rocoso, arena, canto rodado), si tienen algas pequeñas que no se alcanzan a ver a simple vista, algún otro animal a parte de los erizos.

Caracterización del conjunto de algas

- 1.5 ¿Cuáles son las algas más abundantes en los sitios donde suelen realizar las translocaciones de erizos? Identificar especies usando las fotografías.
FOTO 3
- 1.6 ¿Cuál es el alga más abundante en los sitios donde suelen realizar las translocaciones de erizos?

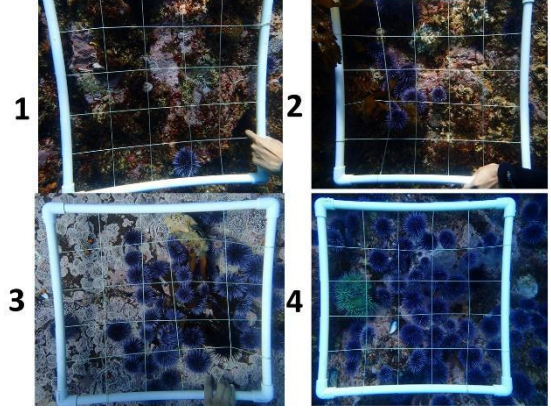
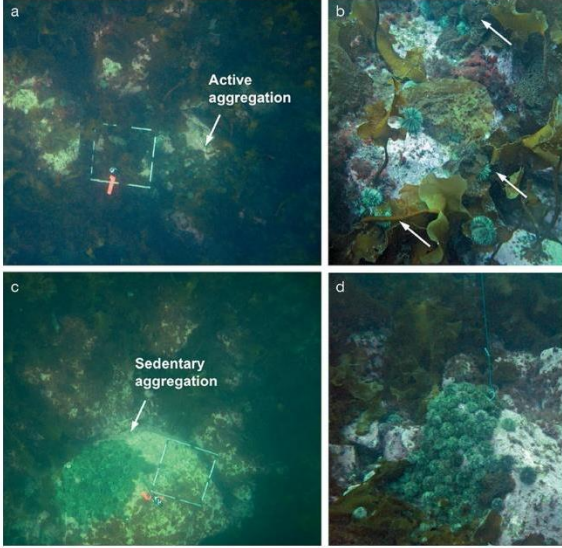
Impacto sobre macroalgas


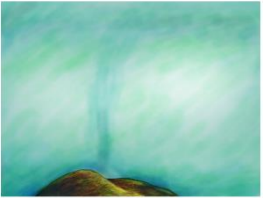




- 1.7 ¿Cuál de las imágenes mostradas representa mejor la cantidad de Kelpos adultos (*Macrocystis pyrifera* e *Eisenia arborea*) en las zonas de translocación al inicio de las translocaciones?
DIBUJO 4
 1. Individuos aislados / 2. Escasos, es decir unos pocos individuos / 3. Son comunes o moderadamente densos, es decir muchas plantas pero no completamente cubierto el piso / 4. Dominante, es decir completamente cubierto el piso.
- 1.8 Al momento de la pesca/cosecha de los erizos translocados, ¿Cómo es la cantidad de kelpos adultos en relación al inicio de la translocación?. DIBUJO 4
Mucho menor / Menor / Igual / Mayor / Mucho mayor
- 1.9 Hablando de algas que NO SON KELPOS ¿Cómo describiría que esta la cantidad de algas que NO SON kelpos adultos en las zonas de translocación al inicio de las translocaciones? DIBUJO 5 y 6
 1. Individuos aislados / 2. Escaso, es decir unos pocos individuos / 3. Son comunes o moderadamente denso, es decir muchas plantas pero no completamente cubierto el piso / 4. Dominante, es decir completamente cubierto el piso.
- 1.10 Al momento de la pesca/cosecha de los erizos translocados, ¿Cómo es la cantidad de algas que NO SON kelpos adultos en comparación con el inicio de la translocación?. DIBUJO 5 y 6
Mucho menor / Menor / Igual / Mayor / Mucho mayor
- 1.11 ¿En su área concesionada, existe la pesquería de Sargazo Gigante (*Macrocystis pyrifera*) aunque no sea colectada por ustedes?. (pregunta sugerida por Mariela Brito CRIP Ensenada)

Características del sitio para translocar

- 1.12 ¿Cuáles son las características que consideran para elegir un sitio en donde translocar? Por ejemplo: oleaje, presencia de rocas, tipo de algas, cantidad de algas, temperatura del agua, época del año, tiempo.

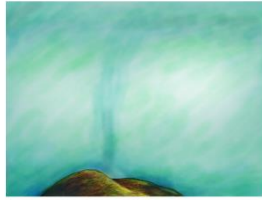
Tabla S2. Fotografías o dibujos de apoyo utilizados para responder las preguntas de la sección “Identificar Efectos sobre el Ecosistema”.

ID	Fotografía o dibujo de apoyo	Referencia de la fotografía o dibujo
1	 <p>The figure consists of four photographs arranged in a 2x2 grid, labeled 1, 2, 3, and 4. Each photograph shows a white grid being held over a dark, textured surface, likely a reef or seabed. In the top-left photo (1), a hand is visible holding the grid. In the top-right photo (2), another hand is visible. The bottom two photos (3 and 4) show the grid held flat against the surface, with the grid lines clearly visible over the underlying texture.</p>	Fotografías tomadas en la región por parte del grupo MexCal de la UABC.
2	 <p>The figure consists of four photographs arranged in a 2x2 grid, labeled a, b, c, and d. Photographs a and c show a diver underwater with a white grid placed on the reef. In photo a, a white arrow points to a cluster of organisms labeled 'Active aggregation'. In photo c, a white arrow points to a cluster of organisms labeled 'Sedentary aggregation'. Photographs b and d are close-up views of the reef surface, with white arrows pointing to specific features or organisms.</p>	Feehan et al. 2012

<p>3</p>		<p>Fotografías tomadas en la región por parte del grupo MexCal de la UABC.</p>
<p>4</p>	<p>0</p>  <p>1</p>  <p>2</p>  <p>3</p>  <p>4</p> 	<p>Ilustración digital diseñadas para este instrumento</p>

5

0



1



2



3



4



Ilustración digital
diseñadas para este
instrumento

6

0



1



2



3



4



Material Suplementario 2. Encuesta a buzos pescadores de la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Ensenada, S.C.L.

Seleccionamos, ajustamos y complementamos las preguntas de la entrevista con base en las respuestas y dudas surgidas durante las entrevistas previas. Posteriormente, la Dra. Gabriela Montañón-Moctezuma, investigadora del Instituto de Investigaciones Oceanológicas, validó el borrador de la encuesta para evaluar su pertinencia y relevancia. Además, un ex pescador revisó las preguntas para ajustar el vocabulario y garantizar su comprensión en el contexto local.

La encuesta consta de tres secciones: 1) información general, 2) motivaciones para la translocación y 3) identificación de los efectos en el ecosistema. Para facilitar la respuesta a algunas preguntas de la última sección, se proporcionaron fotografías y dibujos de referencia (Tabla S2). Las respuestas se registraron en escala de Likert, opciones binarias y opción múltiple. Los buzos pescadores encuestados son pescadores experimentados, la mayoría con más de 10 años de experiencia (10 pescadores con más de 10 años de experiencia).

Encuesta a pescadores de Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Ensenada, S.C.L. Por M.C. Teresa Tavera-Ortiz

Sección 1. Datos Generales

Fecha de encuesta:	
Nombre del encuestado:	
Nombre del encuestador:	
Cargo(s) que desempeña en la cooperativa:	Buzo pescador
Antigüedad en el cargo:	

Sección 2. Motivantes para la translocación

Económicos

- 2.1 En los últimos 5 años, ¿Usted pescó erizo rojo no translocado? SI / NO
- 2.2 En los últimos 5 años, ¿Usted pescó erizo rojo translocado? SI / NO
- 2.3 Haga una comparación entre la ganancia económica que recibe con la pesca de erizo translocado contra la ganancia que recibe (o recibía) con la pesca de erizo NO translocado. ¿La ganancia **económica** del **erizo rojo translocado** es?:
() Mucho menor () Menor () Igual () Mayor () Mucho mayor

Biológicas

- 2.4 Del total de erizos translocados ¿**Cuántos** considera que se **mueren** o se pierden?
() Muy pocos () Pocos () Más o menos () Muchos () Demasiados
- 2.5 ¿Cómo sabe cuánta gónada tienen los erizos antes de ser translocados?
___los abren ___por las espinas ___por el peso ___porque me dicen ___vegetación /terreno
- 2.6 ¿**Cuánta gónada** tienen los erizos **antes** de ser **translocados**, es decir cuando lo sacan para translocarlos?

- () Muy poca () Poca () Más o menos () Mucha () Demasiada () No sé
- 2.7 ¿Cómo sabe cómo es la calidad de la gónada de los erizos antes de ser translocados?
 ___los abren ___por las espinas ___por el peso ___porque me dicen ___vegetación /terreno
- 2.8 ¿Cómo es la **calidad** de la **gónada** de los erizos rojos **antes de ser translocados**, es decir cuando lo sacan para translocarlos?
 () No puede venderse () De tercera () De segunda () De primera
- 2.9 ¿**Cuánta gónada** tienen los erizos translocados al momento de la **pesca**?
 () Muy poca () Poca () Más o menos () Mucha () Demasiada
- 2.10 ¿Cómo es la **calidad de la gónada** de los erizos translocados al momento de la **pesca**?
 () No puede venderse () De tercera () De segunda () De primera

Sociales

- 2.11 ¿Considera que los problemas asociados a la descompresión como **riumas, manchas, dolores de espina dorsal, dolores de cabeza** son los principal **riesgo** a la salud al bucear a los que se enfrenta un buzo para encontrar y pescar erizos NO translocados con gónada comerciable? SI / NO
- 2.12 ¿Considera que la **translocación** de erizos **reduce** el **riesgo** de sufrir problemas asociados a la descompresión como **riumas, manchas, dolores de espina dorsal, dolores de cabeza** en comparación con la pesca de erizos que no son translocados? SI / NO

Sección 3. Identificar Efectos sobre el Ecosistema

Caracterización Erizos

- 3.1 ¿Cuántos **erizos rojos** hay por metro cuadrado en las zonas de las translocación al finalizar las actividades de translocación? FOTO 1 () 1 () 2 () 3 () 4
- 3.2 ¿Cuántos **erizos morados** hay por metro cuadrado en las zonas de las translocación al finalizar las actividades de translocación? FOTOS 1 () 1 () 2 () 3 () 4
- 3.3 ¿Ha observado manchas de erizos translocados que van pastoreando juntos? FOTO 2 SI / NO
- 3.4 ¿Dentro del bosque, ha identificado la presencia de lunares que puedan atribuirse a las manchas de erizos?
FOTOS 2. SI / NO
- 3.4.1 En caso que Sí. ¿Cuáles de las siguientes características identifica en los lunares?
 ___Tienen algas pequeñas que no se ven tan fácilmente
 ___No tienen ningún tipo de alga
 ___Queda la roca pelona, no se ven ni animales ni algas
 ___Se ven costras rosada como las de la foto
- ___Se ven algunos animales
 ___Se ve canto rodado pequeño
 ___Se ve arena
- (Mostrar foto densidad erizos 3)

Caracterización del conjunto de algas

- 3.5 Enumere de 1 a 6 las algas más abundantes de los sitios donde se realizan las translocaciones de erizos, donde 6 es la más abundante y 1 la menos abundante. FOTO 3
 () Laminarias () Cystoseira () Pterygophora () Coliflor () *Macrocytis*
 () Algas a la deriva o sueltas

Impacto sobre macroalgas

- 3.6 ¿Cuál de las imágenes mostradas representa mejor la cantidad de **sargazo flotante** en las zonas de translocación al **inicio** de las **translocaciones**? DIBUJO 4
 () 0 () 1 () 2 () 3 () 4
- 3.7 Al **momento** de la **pesca** de los erizos translocados, ¿Cómo es la cantidad de **sargazo flotante** en relación al inicio de la translocación? DIBUJO 4
 () 0 () 1 () 2 () 3 () 4
- 3.8 ¿Cuál de las imágenes mostradas representa mejor la cantidad de **coliflor** en las zonas de translocación al **inicio** de las **translocaciones**? DIBUJO 5
 () 0 () 1 () 2 () 3 () 4
- 3.9 Al **momento** de la **pesca** de los erizos translocados, ¿Cómo es la cantidad de **coliflor** en relación al inicio de la translocación? DIBUJO 5
 () 0 () 1 () 2 () 3 () 4
- 3.10 Hablando del **resto de las algas** que no son Sargazo flotante ni coliflor ¿Cómo describiría la cantidad de algas en las zonas de translocación al **inicio** de las **translocaciones**? DIBUJO 6
 () 0 () 1 () 2 () 3 () 4

- 3.11 Al momento de la pesca de los erizos translocados, ¿Cómo es la cantidad de algas que no son Sargazo flotante ni coliflor en comparación con el inicio de la translocación? DIBUJO 6
() 0 () 1 () 2 () 3 () 4

Características de los mejores sitios para translocar

- 3.12 ¿Cuáles de las siguientes características se consideran para **encontrar los mejores sitios** donde translocar los erizos?
___ Suelo rocoso ___ Gran abundancia de algas ___ Presencia de algas café en general

Material Suplementario 3. Declaración de principios éticos y de consentimiento para entrevistas semiestructurada y encuesta

Los participantes firmaron una declaración de principios éticos y un consentimiento informado para la entrevista y encuesta, donde se les explicó el proyecto, sus objetivos, las partes responsables, las fuentes de financiación y la importancia de su participación. Además, se les informó sobre las condiciones de anonimato, la naturaleza voluntaria de su participación y su autorización para la grabación de audio. También firmaron un consentimiento específico para la toma de fotografías y videos. A continuación, se presenta el contenido de la declaración de principios éticos y consentimiento de la encuesta y entrevista y el consentimiento para la toma y difusión de fotos y vídeos.

Declaración de principios éticos y consentimiento de encuesta del proyecto *Análisis de la translocación del erizo rojo en los ecosistemas del bosque de kelp en Punta Baja, Baja California, México.*

El proyecto *Análisis de la translocación del erizo rojo en los ecosistemas del bosque de kelp en Punta Baja, Baja California, México*, pretende conocer los motivantes y las implicaciones sociales, económicas y biológicas de la translocación del erizo rojo en los bosques de macroalgas de Punta Baja. El proyecto es desarrollado por la estudiante de doctorado María Teresa Tavera Ortiz y por los investigadores José Alberto Zepeda y Luis Malpica de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC). Este proyecto es posible gracias a las Becas de Investigación para Estudiantes, parte del programa *Ocean Stewardship Fund* del *Marine Stewardship Council* (MSC).

Su experiencia como miembro de la cooperativa Ensenada y su conocimiento del mar de su localidad son de gran importancia y pensamos que debe ser documentada. Por lo anterior, se le solicita su valioso apoyo para

responder una encuesta. Su participación en esta investigación será confidencial y anónima, a menos que usted nos indique que quiere recibir crédito por la información. No se publicará ninguna información o material en el que se le pueda identificar a usted, a menos que usted lo autorice. Su participación es voluntaria. Tiene derecho a abstenerse de responder cualquier pregunta o todas las preguntas. Asimismo, puede detener la encuesta o retirarse en cualquier momento si usted lo desea y sin tener que explicar el motivo de su retirada.

La encuesta se grabará con su autorización para asegurar que no se pierda la información que usted brindará en sus respuestas. Si usted no lo aprueba la encuesta no podrá ser grabada y puede pedir que no se grabe. ¿Está usted de acuerdo? Si tiene cualquier duda, por favor no dude en preguntar. Si está de acuerdo con responder la encuesta, llene la siguiente información:

Consentimiento para la toma y difusión de fotos y vídeos durante la encuesta del proyecto *Análisis de la translocación del erizo rojo en los ecosistemas del bosque de kelp en Punta Baja, Baja California, México.*

El proyecto *Análisis de la translocación del erizo rojo en los ecosistemas del bosque de kelp en Punta Baja, Baja California, México*, pretende conocer los motivantes y las implicaciones sociales, económicas y ecológicas de la translocación del erizo rojo en los bosques de macroalgas de Punta Baja, Baja California. El proyecto es desarrollado por la estudiante de doctorado María Teresa Tavera Ortiz y por los investigadores José Alberto Zepeda Domínguez y Luis Malpica Cruz de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC). Este proyecto es posible gracias a las Becas de Investigación para Estudiantes, parte del programa *Ocean Stewardship Fund* del *Marine Stewardship Council* (MSC).

Le solicitamos su consentimiento para tomarle fotografías y vídeos durante y después de esta encuesta, estos serán usados con fines de registro y de ser el caso se utilizarán en los documentos producto de la encuesta, por ejemplo en reportes, artículos de revista científica, presentaciones universitarias. Además se solicita su consentimiento para difundirlo en los medios de comunicación por ejemplo en redes sociales y páginas web.

Si está de acuerdo con que le tomemos fotografías y vídeos y que sean difundidas en los medios de comunicación, llene la siguiente información:

Material Suplementario 4. Índice gonadosomático de muestras de erizo rojo de tamaño comercial (>80 mm de prueba) procedentes de las distintas zonas fuente y objetivo.

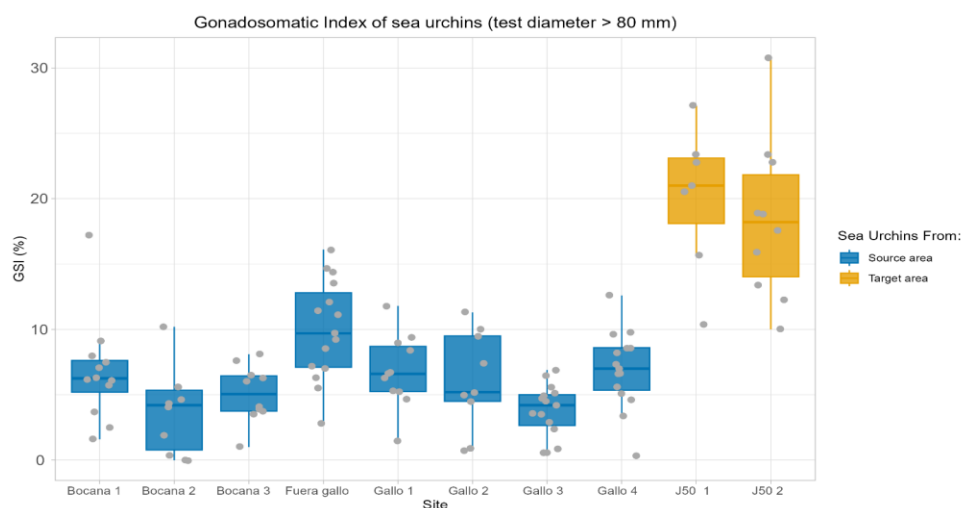


Figura S1. Índice gonadosomático de una muestra de erizos rojos de tamaño comercial (>80 mm de testa), procedentes de las distintas zonas de origen —Bocana 1, Bocana 2, Bocana 3, Fuera Gallo, Gallo 1, Gallo 2, Gallo 3 y Gallo 4 (erizos flacos)— y de dos lugares de las zonas objetivo —J50 1 y J50 2 (erizos gordos)—, recogidos en julio-agosto de 2023.

Tabla S3. Comparaciones múltiples del Índice Gonadosomático de erizos rojos de tamaño comercial (>80 mm de testa), procedentes de las zonas de origen —Bocana 1, Bocana 2, Bocana 3, Fuera Gallo, Gallo 1, Gallo 2, Gallo 3 y Gallo 4 (erizos flacos)— y de dos lugares de las zonas objetivo —J50 1 y J50 2 (erizos gordos)—, recogidos en julio-agosto de 2023, realizadas con la prueba de Wilcoxon (no paramétrica).

Var1	Var2	Freq (p-valor)	Decision	Var1	Var2	Freq (p-valor)	Decision
Bocana 2	Bocana 1	1	No rechaza H0	Gallo 4	Bocana 3	1	No rechaza H0
Bocana 3	Bocana 1	1	No rechaza H0	Gallo 4	Fuera gallo	1	No rechaza H0
Bocana 3	Bocana 2	1	No rechaza H0	Gallo 4	Gallo 1	1	No rechaza H0
Fuera gallo	Bocana 1	1	No rechaza H0	Gallo 4	Gallo 2	1	No rechaza H0
Fuera gallo	Bocana 2	0.04	Rechaza H0	Gallo 4	Gallo 3	0.11	No rechaza H0
Fuera gallo	Bocana 3	0.15	No rechaza H0	J50 1	Bocana 1	0.007	Rechaza H0
Gallo 1	Bocana 1	1	No rechaza H0	J50 1	Bocana 2	0.03	Rechaza H0

Gallo 1	Bocana 2	0.1	No rechaza H0	J50 1	Bocana 3	0.004	Rechaza H0
Gallo 1	Bocana 3	1	No rechaza H0	J50 1	Fuera gallo	0.035	Rechaza H0
Gallo 1	Fuera gallo	1	No rechaza H0	J50 1	Gallo 1	0.005	Rechaza H0
Gallo 2	Bocana 1	1	No rechaza H0	J50 1	Gallo 2	0.02	Rechaza H0
Gallo 2	Bocana 2	1	No rechaza H0	J50 1	Gallo 3	0.011	Rechaza H0
Gallo 2	Bocana 3	1	No rechaza H0	J50 1	Gallo 4	0.014	Rechaza H0
Gallo 2	Fuera gallo	1	No rechaza H0	J50 2	Bocana 1	0.001	Rechaza H0
Gallo 2	Gallo 1	1	No rechaza H0	J50 2	Bocana 2	0.01	Rechaza H0
Gallo 3	Bocana 1	0.62	No rechaza H0	J50 2	Bocana 3	0.0004	Rechaza H0
Gallo 3	Bocana 2	1	No rechaza H0	J50 2	Fuera gallo	0.024	Rechaza H0
Gallo 3	Bocana 3	1	No rechaza H0	J50 2	Gallo 1	0.0005	Rechaza H0
Gallo 3	Fuera gallo	0.003	Rechaza H0	J50 2	Gallo 2	0.02	Rechaza H0
Gallo 3	Gallo 1	0.21	No rechaza H0	J50 2	Gallo 3	0.001	Rechaza H0
Gallo 3	Gallo 2	1	No rechaza H0	J50 2	Gallo 4	0.003	Rechaza H0
Gallo 4	Bocana 1	1	No rechaza H0	J50 2	J50 1	1	No rechaza H0
Gallo 4	Bocana 2	0.76	No rechaza H0				

Material Suplementario 5. Muestreo de erizos de zonas fuentes y zonas objetivo julio y agosto de 2023.

Tomamos fotografías sin editar brillo ni color para analizar variaciones en tamaño y tonalidad de las gónadas de erizos flacos y translocados tras el periodo de engorda. En ellas se muestran las gónadas de 11 erizos cosechados el 8 de julio de 2023 en la zona objetivo (A), y las de 30 y 20 erizos recolectados en la zona fuente el 10 de agosto de 2023 (B y C). Las gónadas de los erizos translocados presentan un color homogéneo, principalmente amarillo yema de huevo, indicador comercial de

mayor calidad. En contraste, las gónadas de los erizos flacos de las zonas fuente exhiben mayor variabilidad, con tonos café, naranja, gris, gris claro y amarillo yema de huevo.

A.



B.



C.

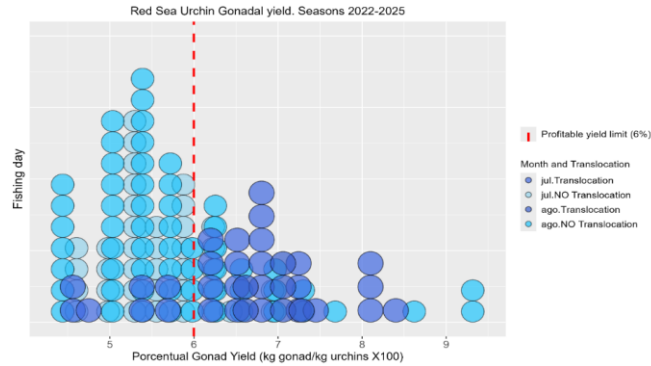


Figura S2. Muestreo de gónadas de erizo translocado y erizo flaco para ilustrar el color de las gónadas. A. Gónada de 11 erizos rojos provenientes de la zona objetivo cosechados el 08 de julio del 2023. B. Gónada de 30 erizos rojos proveniente de la zona fuente de erizos, cosechados el 10 de agosto del 2023. C. Gónada de 20 erizos rojos provenientes de la zona fuente de erizos cosechados el 10 de agosto de 2023. Un color amarillo como yema de huevo se considera como una mejor calidad de gónada desde el punto de vista comercial. Las fotografías no tienen ningún tipo de edición de brillo o color.

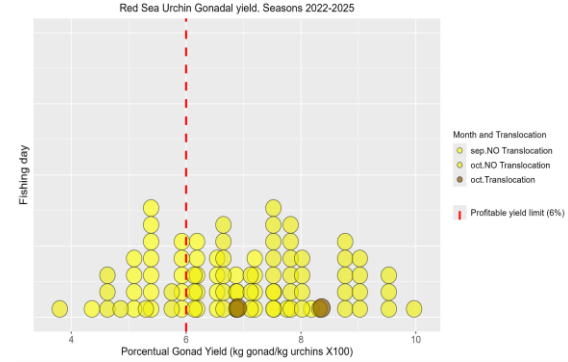
Material Suplementario 6. Rendimiento gonadal porcentual por meses para las temporadas de pesca 2022-2023, 2023-2024 y 2024-2025

El rendimiento gonadal es igual a la cantidad de kilogramos de gónada entre la cantidad de kilogramos de erizos húmedos pescados en un día por todos los equipos por 100. Los círculos de colores claros representan el rendimiento gonadal por día de pesca de erizos pescados fuera de la zona de translocación, separados por meses. Los círculos de colores intensos representan el rendimiento gonadal por día de pesca de los erizos translocados, separados por mes. La línea roja representa el límite de rendimiento gonadal para que el día de pesca sea redituable para la cooperativa, el rendimiento gonadal debe ser igual o mayor a 6%.

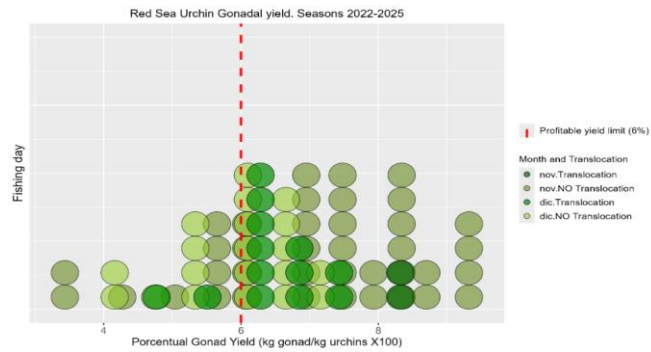
A.



B.



C.



D.

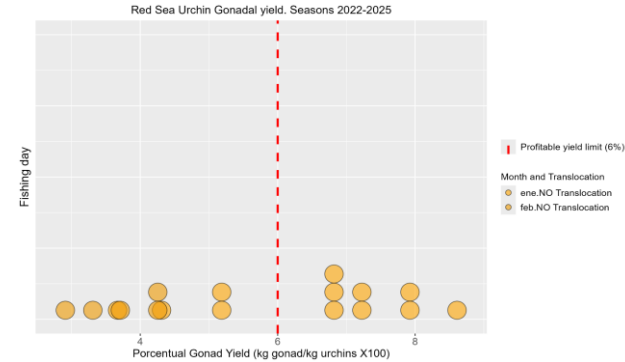


Figura S3. Rendimiento gonadal porcentual por mes. **A.** Rendimiento gonadal porcentual de los meses julio y agosto. Base de datos de julio 2022 a febrero 2025. 35 días pesca erizo translocado, 28 días rendimiento mayor 6%, 7 días no redituable. 97 días pesca erizo no translocado, 29 días rendimiento mayor o igual a 6%, 68 días no redituable. **B.** Meses septiembre y octubre. Base de datos de julio 2022 a febrero 2025. 2 días pesca erizo translocado, 2 días rendimiento mayor 6%. 90 días pesca erizo no translocado, 66 días rendimiento mayor o igual a 6%, 24 días no redituable. **C.** Rendimiento gonadal porcentual de los meses noviembre y diciembre. Base de datos de jul 2022 a feb 2025. 15 días pesca erizo translocado, 13 días rendimiento mayor 6%, 2 días no redituable. 58 días pesca erizo silvestre, 39 días rendimiento mayor o igual a 6%, 19 días no redituables. **D.** Meses enero y febrero. Base de datos de julio 2022 a febrero 2025. No hubo pesca de erizo translocado. 17 días de pesca de erizo silvestre, 8 días de pesca redituables.

Material Suplementario 7. Biplot de escalado multidimensional no métrico (nMDS) de la matriz de semejanza de Bray-Curtis por tiempo (antes y después) para el total de especies (algas, invertebrados y peces).

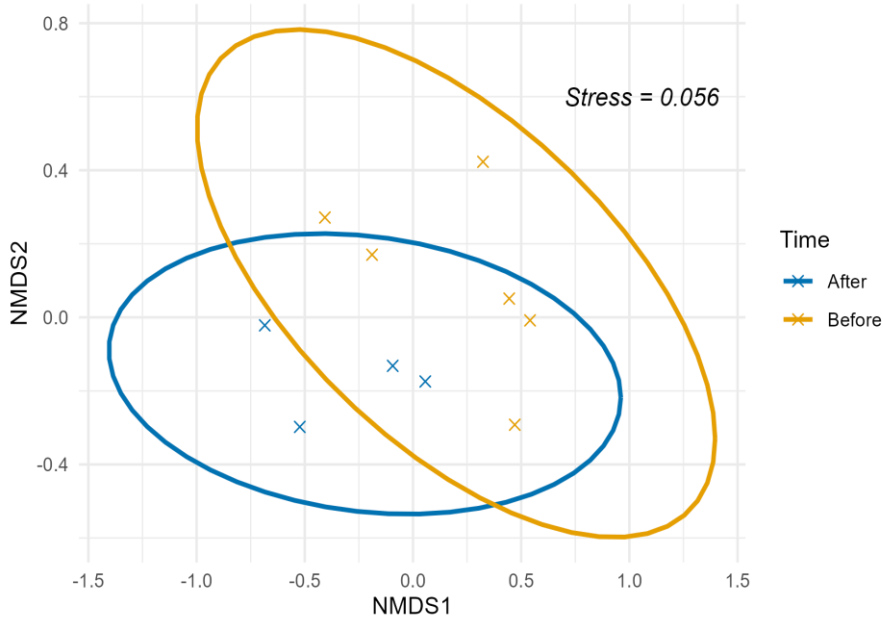


Figura S4. Comparación de la estructura de la comunidad de tres grupos taxonómicos (algas, peces e invertebrados) antes y después de la translocación, mediante un análisis de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) de la matriz de semejanza de Bray–Curtis para todas las especies (algas, invertebrados y peces).

Tabla S4. Resultados del análisis multivariante de varianza permutacional (PERMANOVA) para detectar diferencias en la composición de especies en función del factor Tiempo (antes-después), basado en matrices de distancia de Bray-Curtis para todas las especies.

	Df	SumOfSqs	R2	F	Pr(>F)
Model	1	0.24602226	0.27420416	3.02238337	0.05
Residual	8	0.65120068	0.72579584	NA	NA
Total	9	0.89722294	1	NA	NA

Densidad media ($\pm 95\%$ intervalos de confianza) de especies de algas, invertebrados y peces antes y después de la translocación.

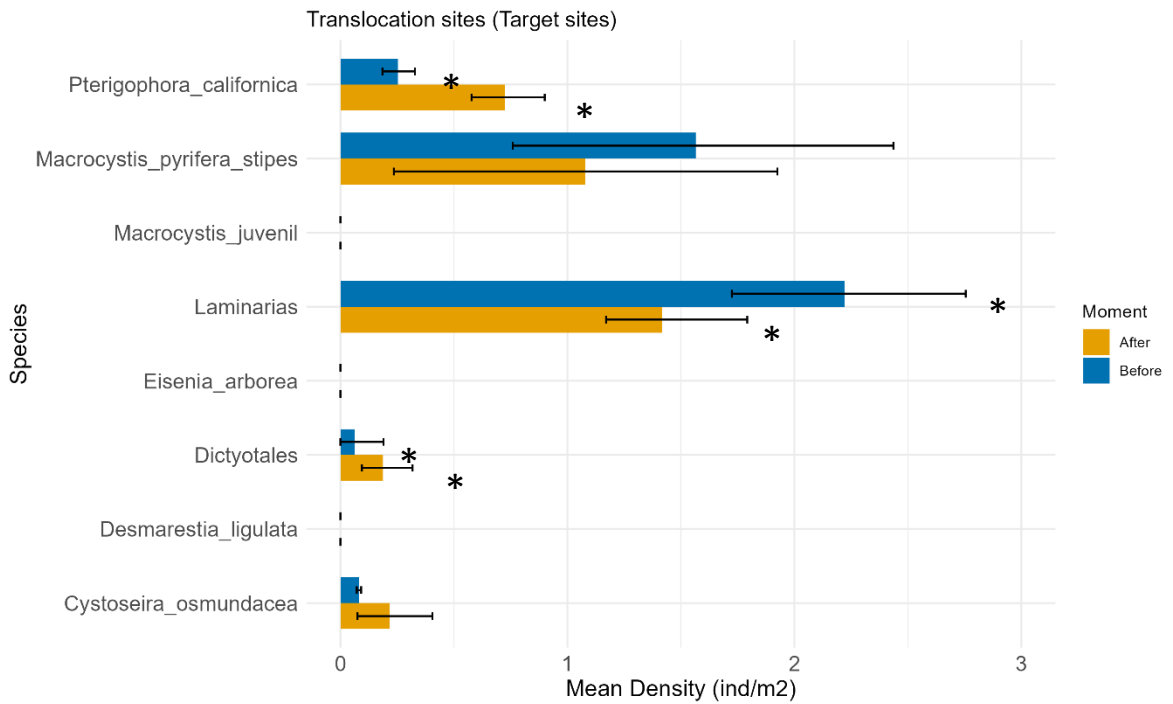


Figura S5. Densidad media ($\pm 95\%$ de intervalo de confianza) de especies de algas antes y después de la translocación de erizos rojos en los sitios de intervención (sitios objetivo) de la Bahía de El Rosario, Baja California, México. * Indica diferencias estadísticamente significativas basadas en la prueba Mann–Whitney U ($U < U_{critical}$).

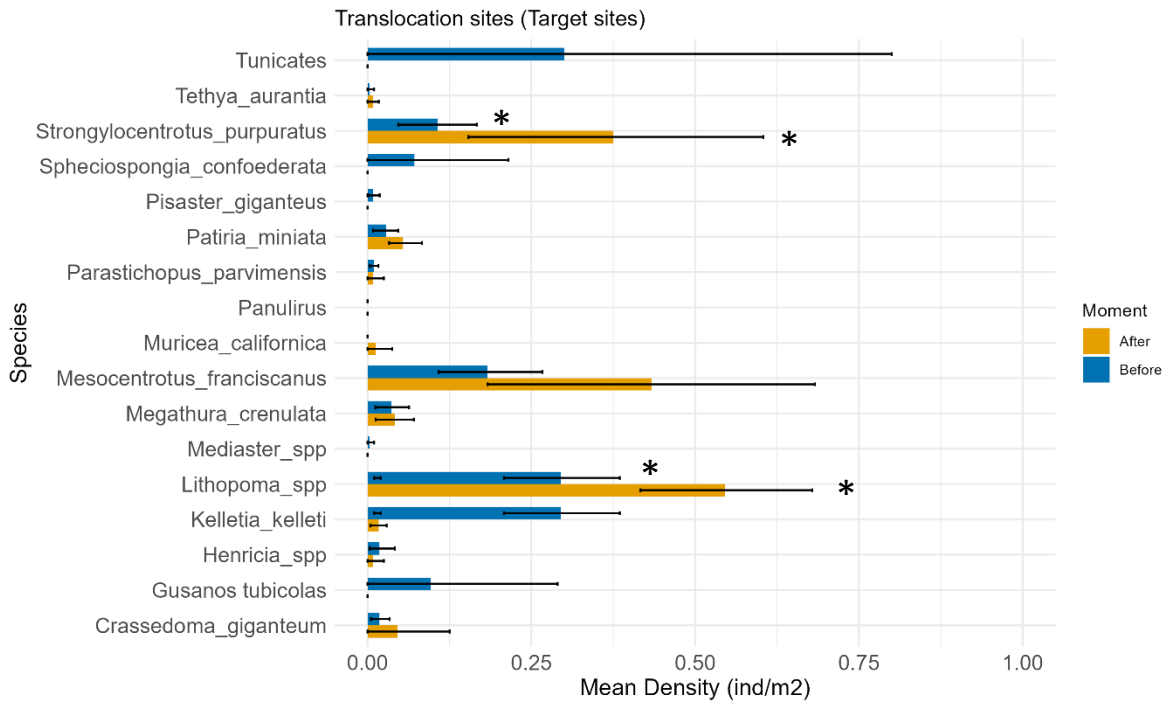


Figure S6. Densidad media ($\pm 95\%$ de intervalo de confianza) de especies de invertebrados antes y después de la translocación de erizos rojos en los sitios de intervención (sitios objetivo) de la Bahía de El Rosario, Baja California, México. * Indica diferencias estadísticamente significativas basadas en la prueba Mann–Whitney U ($U < U_{critical}$).

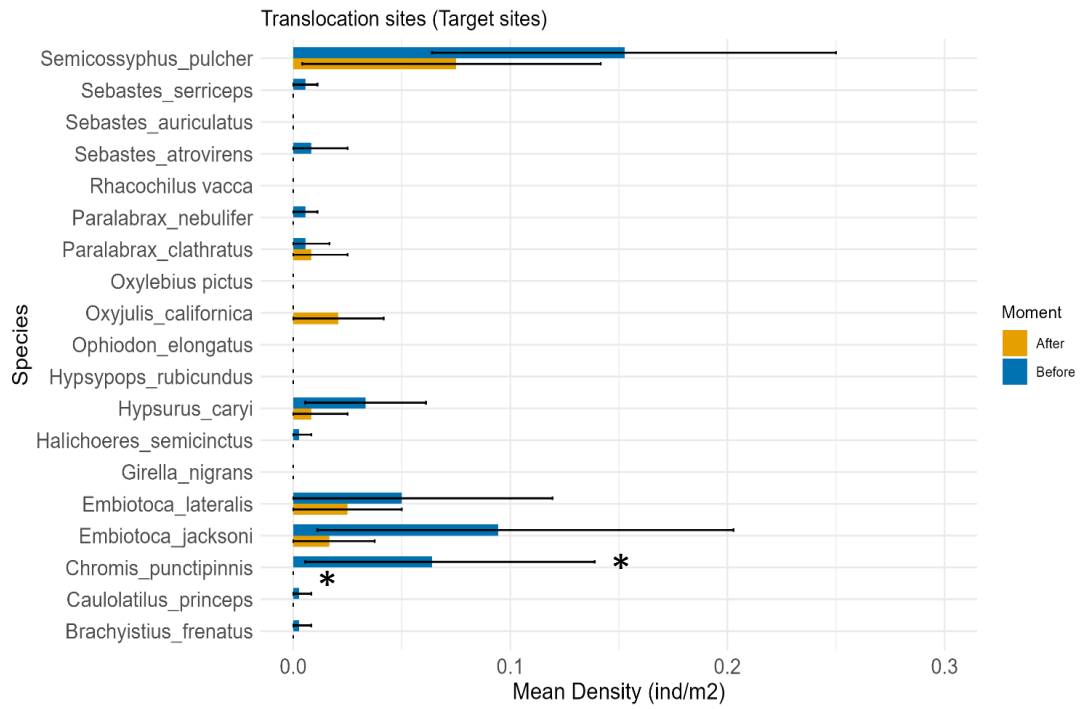


Figure S7. Densidad media ($\pm 95\%$ de intervalo de confianza) de especies de pees antes y después de la translocación de erizos rojos en los sitios de intervención (sitios objetivo) de la Bahía de El Rosario, Baja California, México. * Indica diferencias estadísticamente significativas basadas en la prueba Mann–Whitney U ($U < U_{critical}$).