



Recuperación del abulón negro en Baja California. Una estrategia integral

Tesis para obtener el grado de:

Doctora en Medio Ambiente y Desarrollo

Presenta:

Beatriz Ibarra Macías

Noviembre 2024

Universidad Autónoma de Baja California
Instituto de Investigaciones Oceanológicas
Doctorado en Medio Ambiente y Desarrollo

TÍTULO:

Recuperación del abulón negro en Baja California. Una estrategia integral

Presenta:

Beatriz Ibarra Macías

Aprobada por:



Dra. Cira Gabriela Montaña Moctezuma
(Directora)



Dra. Laura Rodríguez Cardozo
(Sinodal)



Dra. Juana Claudia Leyva Aguilera
(Sinodal)



Dr. Luis Málpica Cruz
(Sinodal)



Dr. Pablo Abdiel Álvarez Morales
(Sinodal)

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Gabriela Montaña, mi más profundo agradecimiento por su confianza, apoyo y por permitirme formar parte de este proyecto que ha enriquecido mi vida con conocimientos invaluable, no solo en el ámbito académico, sino también en lo personal. Su impulso y motivación han sido fundamentales para convertirme en una persona más valiente y comprometida con lo correcto. Su empatía, cariño y amistad han hecho de este doctorado una de las etapas más significativas y hermosas de mi vida. Gracias infinitas.

A mi esposo, Humberto Alonso, por su apoyo incondicional en cada paso de este camino; sin ti, nada de esto habría sido posible. A mis hijos, quienes son mi mayor fuente de inspiración y el motor que me impulsa día con día a superarme y contribuir a un mundo mejor. Gracias por su paciencia y por aceptar con amor las ausencias y sacrificios que este proyecto implicó. Al resto de mi familia, especialmente a mi mamá y a mis suegros, por su respaldo constante, siempre dispuesto y generoso.

A Javier Pamares, Laura y Transi, su compañía y apoyo en los trabajos de campo no solo fueron esenciales, sino que llenaron esas jornadas de risas y buenos momentos. Gracias por convertir el esfuerzo en una experiencia tan divertida y significativa.

A las comunidades y organizaciones pesqueras que hicieron posible este trabajo, mi agradecimiento más sincero. Gracias por compartir conmigo su invaluable conocimiento sobre las pesquerías y los ecosistemas de Baja California, su sabiduría ha sido una de las mayores riquezas de este proyecto.

A mi equipo de trabajo del IMIPAS, gracias por su confianza y por contribuir de manera invaluable, aunque indirecta, a este proyecto. Su apoyo me permitió llevar a la práctica todo el aprendizaje adquirido durante mi doctorado. Gracias por mostrarme que aún hay servidores públicos guiados por la ética y el compromiso con el bien común.

A mis amigos surfistas y a todos los que ahora somos Nosotras y el mar, mi familia elegida, gracias por su constante motivación, por no dejarme rendir y por compartir tantas olas, aventuras y momentos inolvidables. Su apoyo ha sido un refugio y una fuente de energía en este viaje.

Finalmente, me agradezco a mí misma por haber dado siempre lo mejor de mí, por encontrar la fuerza para levantarme en los momentos difíciles y por la valentía de redescubrir el camino, incluso cuando parecía perdido.

INDICE

1. Resumen general	6
2. Introducción general	7
3. Objetivo general	15
4. Objetivos específicos	15
5. Capítulo 1. <i>Black abalone status in Baja California. Are the recovery signals for sustainable harvests?</i>	16
Resumen	16
Introducción	17
Metodología	19
Resultados	24
Discusión	30
Conclusión	34
Referencias	35
6. Capítulo 2: <i>Recuperación del abulón negro y su hábitat en Baja California: un enfoque integral entre protección legal y compromiso comunitario</i>	42
Resumen	42
Introducción	43
Marco conceptual	46
Metodología	49
Resultados	51
Discusión	63
Conclusión	66
Referencias	67
7. Discusiones generales	73
8. Conclusiones generales	74

1. RESUMEN GENERAL

El abulón negro (*Haliotis cracherodii*) es una especie clave en los ecosistemas intermareales rocosos de las costas de California y Baja California que se encuentra en estado crítico de extinción. Su drástico declive poblacional, provocado por la sobreexplotación y una enfermedad que redujo hasta un 90% a algunas poblaciones, ha llevado a su clasificación como especie en peligro crítico por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN). Sin embargo, en Baja California no existe información actualizada sobre el estado actual de esta especie, que permita llevar a cabo medidas de recuperación y proponer estrategias de explotación sostenible. Esta tesis adopta un enfoque multidisciplinario que combina evaluaciones poblacionales, estrategias legales y participación comunitaria para impulsar medidas de recuperación del abulón negro en Baja California. El primer capítulo evalúa el estado de las poblaciones en 22 sitios a lo largo de la costa, identificando señales de recuperación en algunos lugares clave. No obstante, la mayoría de los sitios presenta densidades por debajo del umbral necesario para una reproducción exitosa. Además, se encontró que factores como la exposición a disturbios humanos influyen significativamente en las densidades poblacionales, lo que destaca la importancia de implementar un manejo precautorio que involucre a las comunidades locales. El segundo capítulo analiza las alternativas legales para la creación de zonas de conservación en tres sitios prioritarios: Isla Todos Santos, La Bufadora y San Miguel. A través de entrevistas y encuestas, se evaluó la viabilidad de herramientas como las Áreas Marinas Protegidas (AMP), los Acuerdos de Destino (AD) y las Zonas de Refugio Pesquero (ZRP). Los resultados destacan los desafíos legales y administrativos, pero también revelan la disposición de los usuarios y su vínculo emocional con los sitios, lo que sugiere que un enfoque participativo es fundamental para el éxito de estas iniciativas. Esta investigación propone una perspectiva integral para la conservación del abulón negro, la cual reúne la ciencia, herramientas legales y compromiso social como pilares fundamentales para su recuperación y la protección de los ecosistemas del intermareal rocoso en el que habita.

2. INTRODUCCIÓN GENERAL

La sobrepesca tiene efectos que imposibilitan la recuperación de la especie aun después del ierre de la pesquería (Hutchings y Reynolds 2004), también reduce la capacidad de la especie de resistir algún tipo de disturbio o enfermedad (Rothschild 1994, Harley y Rogers-Bennett 2004), y puede desencadenar un efecto de cascada en las comunidades ecológicas (Jackson *et al.*, 2001). La falta de conocimiento de estos efectos resulta en poblaciones y especies en riesgo de extinción; así como en estrategias de recuperación fallidas (FAO 2018, Briten *et al.*, 2017). Lo cual, provoca el cambio de especie objetivo y más tarde la sobrepesca de esta nueva especie (Karpov *et al.*, 2000). Esta es la historia de la drástica disminución de las poblaciones de abulón negro y la extinción de su pesquería en California y Baja California.

El abulón negro (*Haliotis cracherodii*) es una especie de molusco de la familia *Haliotidae* que habita en las cavidades y grietas de los intermareales rocosos desde Punta Arena CA., EUA. hasta Bahía Tortugas BCS, México (Neuman *et al.*, 2010). Su reproducción es de tipo sexual y de fecundación externa. Para que la reproducción y el reclutamiento se lleve a cabo es necesario a una densidad de por lo menos 1 individuo/m² (Miner *et al.*, 2006). Diversos estudios han observado poca dispersión larval y un reclutamiento local (Hamm y Burton 2000, Chambers *et al.*, 2006, Gruenthal y Burton 2008). En su ecosistema son herbívoros clave que pueden moldear la estructura de la comunidad intermareal, ya que controlan el crecimiento de las poblaciones de erizos y organismos sésiles que pueden reducir la diversidad del ecosistema (Morse 1990, Miner *et al.*, 2006). Además la presencia de adultos facilita el reclutamiento (Miner *et al.*, 2006).

La extracción de abulón negro para el consumo humano en California data desde hace 12 000 años (Barje 2007). En el siglo XIX, se comenzó la extracción comercial abulón negro por parte de los migrantes chinos, siendo esta la primer especie de abulón en ser extraída con fines comerciales, en 1879 alcanzó una captura máxima de 1.9 millones de libras. En 1900 se prohibió la extracción de abulón de la zona intermareal, con lo cual se focalizó la pesquería en las demás especies de abulón (abulón red-rojo,

green-azul, white- blanco, pink-amarillo) y redujo la presión pesquera sobre el abulón negro. Sin embargo, en 1970 las capturas declinaron y nuevamente se comenzó a capturar abulón negro (Figura 1. Karpov *et al.*, 2000). Alcanzando una captura máxima de 3.5 millones de individuos por la pesca comercial, más 2792 por pesca recreativa entre 1972-1981 (Rogers *et al.* 2002) y un valor máximo de 13 USD por kilo aprox. (Karpov *et al.*, 2000).

Anteriormente el abulón negro fue el herbívoro más abundante del intermareal rocoso. Sin embargo, a partir de la década de los 80's se comenzaron a observar drásticas mortalidades, en algunos sitios se calculó una pérdida de hasta el 99% de la población (Neuman *et al.*, 2010). El decremento de las poblaciones se atribuyó a una enfermedad conocida como Whitering Syndrome (WS) (Haaker *et al.*, 1992) debido a la presencia de la bacteria "*Candidatus Xenohalictis californiensis*" (Friedman *et al.* 2000). Fue reportada por primera vez en la Islas de Santa Cruz C.A. (Lafferty y Kuris 1993). Desde entonces, diversos autores documentaron su presencia en las islas y las costas (Davis *et al.* 1992, Haaker *et al.*, 1992, Lafferty y Kuris 1993, Richards y Davis 1993, Tissot 1995, Raimondi *et al.* 2002, Miner *et al.*, 2006) de California. Los estudios de Lafferty (2013) muestran que las descargas de granjas de abulón pudieron ser las responsables de la introducción de la bacteria en el medio natural. Los estudios de Richards y Davis (1993), Tissot (1995) y Raimondi *et al.*, (2002) reportan evidencia de que la dispersión y los efectos del WS se incrementan con el aumento de temperatura ligado al cambio climático y al fenómeno "El Niño".

Ante esta situación, en Estados Unidos, se cerró la pesquería de abulón negro en 1993 y diez años más tarde, se añadió a la lista roja de Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) clasificado como especie en amenaza crítica. En 2004 se añadió a la Acta de Especies Amenazadas (ESA) del Servicio Nacional de Pesca Marina (NMFS) en un estatus de "preocupación" y en 2005 su estatus cambió a especie "amenazada". Como parte de las medidas regulatorias tomadas por la ESA, se protegieron sitios críticos para la recuperación de la especie (NMFS 2011).

Si bien, el estado de peligro de extinción en el que se encuentra el abulón negro, no se atribuye directamente a la sobre-pesca, se considera que la sobre-explotación del

recurso, redujo la capacidad de recuperarse ante la presencia del WS (Karpov *et al.*, 2000, Harley y Roger-Bennett 2004). A pesar de las medidas regulatorias tomadas y de que en algunos sitios del sur de California se ha observado reclutamiento, en la última revisión y evaluación de NMFS realizada por NMFS (2018) sobre el estado de la especie, se afirma que las densidades aun no son las necesarias para la recuperación de la especie, ni para modificar su estado de protección estipulado en la ESA.

En 2016, la NOAA publicó el plan de recuperación de abulón negro, en el cual, de acuerdo al punto de vista de los expertos, se enlistaron las siguientes prioridades: 1) Conocer el estado de la población en Baja California; 2) Generar un mapa de amenazas; 3) Medidas de restauración de hábitat (restauración y traslocación); 3) Responder incertidumbres sobre la dinámica de la reproducción y el reclutamiento (ej. Variación entre el reclutamiento y la distancia entre individuos, variación entre reclutamiento y el tipo de hábitat); 4) Evaluar la calidad de hábitat en el rango de distribución; 5) Evaluar la dinámica y conectividad de la población; 6) Continuar estudios sobre el WS; 7) Reproducción en laboratorio y métodos de repoblamiento; 8) Estudios sobre la relación con las variables oceanográficas y 8) Mejorar estrategias para evitar la captura ilegal.

En México, los primeros indicios de aprovechamiento del abulón negro se encuentran en los concheros de Baja California, donde esta especie es la segunda más común (Téllez, 1987). Al igual que en Estados Unidos, la extracción comercial del abulón negro y otras especies comenzó con los migrantes chinos en la década de 1860, quienes operaban desde San Diego, California. Aunque hay registros esporádicos de la actividad desde 1922, no fue sino hasta 1940 que los pescadores mexicanos se incorporaron a esta industria (Ortiz *et al.*, 2018). Sin embargo, los datos específicos de captura por especie de abulón solo están disponibles a partir de 1979. Desde esa fecha, el máximo histórico de captura de abulón negro fue de 90 toneladas en 1982. En ese año, una caja de 48 latas de abulón de 300 gramos se vendía por un precio estimado de entre 650 y 800 USD (Sierra-Rodríguez *et al.*, 2006). Además, el abulón negro también ha tenido un mercado para el aprovechamiento artesanal de su concha.

En 1991, una tonelada de conchas de abulón negro alcanzaba un valor de 11,000 USD (Sierra-Rodríguez et al., 2006).

En 2004, el Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura llevó a cabo una evaluación del recurso (Sierra-Rodríguez et al., 2004). El estudio reveló una densidad promedio de 0.5 individuos/m² en 15 localidades de Baja California y Baja California Sur. Estas densidades sugieren un posible bajo éxito reproductivo y de reclutamiento en las poblaciones (Miner et al., 2006). No obstante, los individuos menores de 12 cm resultaron ser los más abundantes. En cuanto al hábitat, no se identificó un patrón definido, ya que los abulones se encontraron en diversos tipos de texturas, disposiciones y formas de las rocas (Sierra-Rodríguez et al., 2004). En cuanto a la conectividad de las poblaciones, Cepeda-Ochoa (2019) identificó diferencias significativas entre las poblaciones de Baja California y las de California. Su análisis de conectividad sugiere un modelo de dispersión larval dual, con desplazamientos tanto a cortas como a largas distancias desde su localidad natal. Sin embargo, a pesar de la existencia de dispersión, se observó un alto coeficiente de endogamia y un déficit de heterocigotos.

Los casos de degradación y pérdida de poblaciones de especies marinas, como el abulón negro, se han vuelto cada vez más frecuentes (Dulvy et al., 2003; Lotze et al., 2006). Paralelamente, han surgido estudios que documentan procesos de recuperación de especies (Lotze et al., 2011; Worm et al., 2009). Independientemente de la especie o del método empleado para la recuperación de las poblaciones, resulta indispensable contar con estudios de línea base que sirvan como puntos de referencia. Estos permiten evaluar tanto el grado y las causas de la degradación como la eficacia de las acciones implementadas para su recuperación (Balmford et al., 2005; Briten et al., 2017; FAO, 2018).

Desde la década de 1970, la reducción o pérdida de recursos como el abulón negro, causada directa o indirectamente por factores antropogénicos, marcó un punto de inflexión que dio lugar a una nueva corriente en el manejo y la gobernanza de recursos.

Esta corriente vinculó los sistemas ambientales y sociales, y fue denominada co-manejo (Berkes y Folke, 1998). Nielsen (1996) define el co-manejo como una solución para abordar problemas de escasez y sobreexplotación de recursos pesqueros. Este enfoque implica una transición desde un manejo tradicional, centralizado e impuesto por las autoridades (top-down), hacia un manejo participativo (bottom-up). En este modelo, los grupos interesados aportan ideas y participan activamente en la toma de decisiones.

En los países en desarrollo, el co-manejo ha demostrado ser una herramienta eficaz para la recuperación y mejora de las pesquerías. Un ejemplo destacado es el caso de Filipinas, documentado por Pomeroy y Pido (1995) y Pomeroy et al. (2001). En este país, se descentralizó el poder y se fomentó la coordinación entre agencias gubernamentales, implementando leyes consensuadas con los pescadores en colaboración con organizaciones no gubernamentales (ONG). Sin embargo, uno de los ejemplos más emblemáticos es el caso de Chile. Tras una crisis derivada de la sobreexplotación y la mala gestión de los recursos pesqueros, este país logró recuperarse mediante estrategias de co-manejo (Castilla y Defeo, 2001; Castilla, 1994 y 2010; Gelcich et al., 2008 y 2010).

El caso más conocido es el de "el loco" (*Concholepas concholepas*), una de las principales pesquerías chilenas. Esta especie, una lapa herbívora clave en el intermareal rocoso, enfrenta problemáticas similares a las del abulón negro. En 1980, la pesquería del loco fue cerrada debido a la escasez del recurso. Sin embargo, a través de la implementación de estrategias de co-manejo, esta especie se convirtió en un símbolo de éxito en la recuperación pesquera y hoy es considerada una especie bandera en Chile (Castilla, 1994; Castilla et al., 1998; Castilla y Defeo, 2001)

Casos como los mencionados anteriormente han demostrado que los sistemas ambientales y sociales están interconectados y dependen mutuamente como componentes de un mismo ecosistema. En este contexto, Ostrom (2007) los integró dentro de un marco conceptual denominado "Sistema Socio-Ecológico" (SSE). Este

sistema identifica cuatro subsistemas principales: a) Sistema del recurso, que se refiere al recurso objeto de análisis; b) Unidades del recurso, entendidas como las unidades de medida del recurso; c) Sistemas de gobernanza, que engloban las reglas e instituciones relacionadas con el manejo del recurso; d) Usuarios, que incluye a todos los actores involucrados en el uso y aprovechamiento del recurso. Este marco permite identificar y analizar las relaciones entre los sistemas, lo cual resulta fundamental para comprender y promover un manejo sustentable de los recursos (Cumming et al., 2010).

En el noroeste de México, existen casos exitosos de sustentabilidad de los SSE como el manejo de la langosta roja en la región central de la Península de Baja California (); así como la recuperación de la pesquería de abulón en Isla Natividad (Micheli et al., 2012; Saenz-Arroyo et al., 2012). No obstante, los estudios y esfuerzos de recuperación de abulón negro han sido mínimos a pesar de que existen organizaciones pesqueras interesadas en recuperar la pesquería (Comunicación personal con pescadores). Al momento, no existe una relación entre instituciones, científicos, grupos interesados, pescadores y ONG's con la capacidad de lograrlo.

Por un lado, la falta de acciones específicas para la recuperación del abulón negro en Baja California resulta cuestionable. En contraste, las estrictas medidas regulatorias adoptadas en Estados Unidos tampoco han demostrado ser efectivas. Esto se debe a que dichas medidas, impuestas por las agencias gubernamentales con una visión completamente conservacionista, abordaron exclusivamente la problemática ambiental sin involucrar a los usuarios en el proceso de toma de decisiones. A pesar de las multas y sanciones severas establecidas para disuadir la extracción de organismos, la pesca ilegal persiste, incluso en hábitats prioritarios protegidos bajo la Ley de Especies en Peligro de Extinción (ESA) (NMFS, 2018). Además, las propias regulaciones impuestas sobre la especie han obstaculizado los esfuerzos de recuperación, a pesar de que estas iniciativas han sido recomendadas desde que el abulón negro fue incluido en la lista de especies prioritarias por la NMFS (comunicación personal con Brian Tissot, director del Humboldt Marine and Coastal Science Institute,

así como con Nathe Fletcher y Kara Amman, técnicos de la Multi-Agency Rocky Intertidal Network).

La definición del Sistema Socio-Ecológico (SSE) del abulón negro en Baja California permitiría identificar los subsistemas, sus conexiones, y las fortalezas y debilidades existentes entre ellos. Este enfoque podría utilizarse como una herramienta para desarrollar estrategias de recuperación de la especie y propuestas de co-manejo con el potencial de aumentar la conciencia ecológica, además de fortalecer los vínculos entre instituciones, científicos, sociedad y pescadores. El uso de esta herramienta podría facilitar y robustecer la investigación, la experimentación y el aprendizaje en temas prioritarios para la conservación del abulón negro, aprovechando las capacidades de cada actor involucrado (Schumann, 2006; Gelcich, 2008). Esto podría no solo contribuir a la recuperación de la especie, sino también permitir, a largo plazo, la generación de propuestas que posibiliten su aprovechamiento sostenible, como ocurrió con el caso del *loco* (*Concholepas concholepas*) en Chile.

La construcción del co-manejo debe considerar factores generales del contexto local, como la naturaleza del recurso, las características de los usuarios y actores clave involucrados, el marco legal, político e institucional en el que operan los usuarios, y las fuerzas económicas externas que influyen en el uso del recurso (Pomeroy y Williams, 1994). Asimismo, es fundamental colaborar con organizaciones no gubernamentales (ONG) para fortalecer estos procesos (Purcell y Pomeroy, 2017; Espinosa-Romero, 2014). No obstante, el desarrollo del co-manejo, también requiere información científica que permita comprender el estado de las poblaciones y su hábitat, así como los factores que determinan su dinámica (Hutchings y Reynolds, 2004; Micheli et al., 2012; Worm y Branch, 2013; McDonald et al., 2017).

Por ello, este trabajo se presenta, en el primer capítulo, un estudio sobre el estado actual de las poblaciones de abulón negro y su hábitat en Baja California. En el segundo capítulo, se integran los conocimientos obtenidos en el capítulo inicial para definir el Sistema Socio-Ecológico (SSE) de algunos intermareales rocosos

identificados como potenciales para la recuperación de la especie. Además, se buscará generar estrategias de recuperación legítimas, basadas en la percepción de actores clave y usuarios que forman parte de estos SSE.

3. OBJETIVO GENERAL

Conocer el estado de las poblaciones de abulón negro en B.C. y analizar estrategias para su recuperación y conservación de su hábitat en Baja California.

4. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- a) Conocer el estado actual de las poblaciones de abulón negro en Baja California e identificar sitios prioritarios que permitan su recuperación.
- b) Proponer un esquema de protección legal de los sitios prioritarios para la recuperación del abulón negro en B.C.
- c) Conocer la percepción de actores clave y usuarios respecto a la protección legal de los sitios prioritarios para la recuperación del abulón negro en B.C.

5. CAPÍTULO 1

Estatus del abulón negro en Baja California. ¿Hay señales de recuperación para una pesquería sostenible?

Artículo aceptado para su publicación en la revista Brazilian Journal of Animal and Environmental Research.

ABSTRACT

The black abalone (*Haliotis cracherodii*) is an important fishery species in Baja California, México; however, in the 1980s, fishing pressure and drastic mortalities due to the wasting syndrome caused the populations to become apparently extinct. Because of population decline, in 1996, the fishing cooperatives agreed to cease the catch. Recently, signs of recovery of the species were observed in some sites, hence, some cooperatives and fishing permit holders obtained catch quotas, which were based on the evaluation of the abalone stock from which extraction permission was requested. Given the risk of the reopening of the fishery, it is vitally important to assess the status of the black abalone populations in Baja California and identify priority sites for the conservation and recovery of the species. In this study, black abalone populations were studied at 22 sites from Tijuana to El Faro San José. Although the observed densities were low (0.0009 to 0.23 abalones/m²), some sites showed moderate densities of juveniles, suggesting recent recruitment. At other sites, we found adults distributed in clusters forming groups of 5 individuals on average, suggesting some probabilities of reproductive success in these populations. We found that juvenile and subadult abalone were associated with moderate habitats, and adults with good habitat. Some sites showed that five or more adults per group were common, suggesting that at these sites successful reproduction might be possible. Our results indicate a high relationship between human disturbance and density, suggesting that this is the main threat to the species in this region. It is imperative that the government, academia, NGO's and stakeholders work together to propose a recovery plan that assures that enough numbers of individuals are surviving to contribute to healthy and stable populations.

Keywords: Black abalone, status, recovery, habitat, Baja California

INTRODUCTION

For some decades, case studies on the degradation and loss of populations of marine species have become very frequent (Dulvy et al. 2003, Lotze et al. 2006), but in turn, case studies on species recovery have also emerged (Lotze et al. 2011, Worm et al. 2009). In some cases, recovery objectives focus on the target species and are based on management measures oriented to reduce the exploitation of the species (Pondella et al. 2008), or to repopulate sites with local extinctions (Williams 2008, Hale 2018). Other objectives are more holistic and focus on conserving an entire ecosystem, like MPAs (Gell and Roberts 2003), others even have sought to rebuild an entire ecosystem (Rinkevich 2014). Whatever the objective and the method used to recover the populations, success requires reference points that allow to assess the degree and cause of degradation, as well as the efficiency of recovery actions (Balmford et al. 2005, Briten et al. 2017, FAO 2018)

Black abalone (*Haliotis cracherodii*) is an architect species of the rocky intertidal community (Minner et al. 2006). It inhabits the coasts of California, USA and Baja California, Mexico. In both countries, it was the pioneer species in the development of fishing and of great economic importance (Barje et al. 2007, Luch et al. 1973), until the 80's, when over-exploitation and the outbreak of the Wasting Syndrome (WS) triggered the loss of more than 90% of some populations (Rogers-Bennett et al. 2002, Neuman et al. 2010). Increased mortalities have been related also to El Niño events and the increase in temperature (Raimondi et al. 2002, Ben-Horin et al. 2013). In response to this condition, in California the fishery was closed in 1993, and the black abalone was added to the red list of the International Union for Conservation of Nature in 2003 (Smith et al. 2003). In 2009, the species was added to the USA Threatened Species Act (NMFS 2009), and in 2020 the recovery plan was published (NMFS 2020). In Baja California (B.C.), the capture of the species ceased in 1996 by agreement between fishing cooperatives due to apparent extinction (Searcy et al. 2013). However, in 2019,

catch quotas were again requested, and extraction resumed at some sites (Cepeda - Ochoa 2021).

Almost 50 years after the onset of mass mortalities, the natural recovery of black abalone seems to be happening at some sites due to the development of resistance to WS, promoted by a bacteriophage that attacks the bacteria responsible for WS (Friedman et al. 2014). Even so, the risk continues (NMFS 2020); since recovery at some other sites is lacking. Reproductive success might be a problem, since broadcast spawners need a minimum density for reproduction to be successful. Miner et al. (2006), in Central California and Neuman et al. (2010) in Isla San Nicolas, CA, observed that the minimum density for successful recruitment is 1 and 0.34 abalones/m², respectively. Also, abalones need to be close together to avoid the Alle effect (Stephens et al. 1999); moreover, fertilization is unlikely at a distance greater than 4m between individuals (Blaud, 2013). The dispersal and recruitment of black abalone have been found to be local (Hamm and Burton 2000, Chambers et al. 2006, Gruenthal and Burton 2008), so the connection between populations by larval dispersal could be limited, as well as the spillover of larvae from sites where abalone populations are in good conditions.

Another medium/high severity threats that determine the abundances of black abalone are the increases of ocean temperatures, habitat destruction, reduced genetic diversity, predation, illegal take, and ocean acidification (Neuman et al. 2010). Also, the absence of adults in some sites creates poor habitat conditions for settlement, since community structure changes from bare rock and crustose coralline algae to encrusting invertebrates and sea urchins that stop recruits from settling and surviving (Miner et al. 2006).

In Baja California, the imminent reopening of the fishery as well as poaching (Sierra - Rodríguez 2005), calls for a precautionary management approach that allows first to assess the status of black abalone populations, before quotas are granted. After a baseline information is available, future decisions could be made to inform recovery actions, and perhaps allow a sustainable harvest. In this work, we aimed to assess the status of the black abalone populations in Baja California, and to identify important sites

for recruitment as well as populations with reproductive success potential. Also, we assessed the impact of human disturbance in the abundances of black abalone.

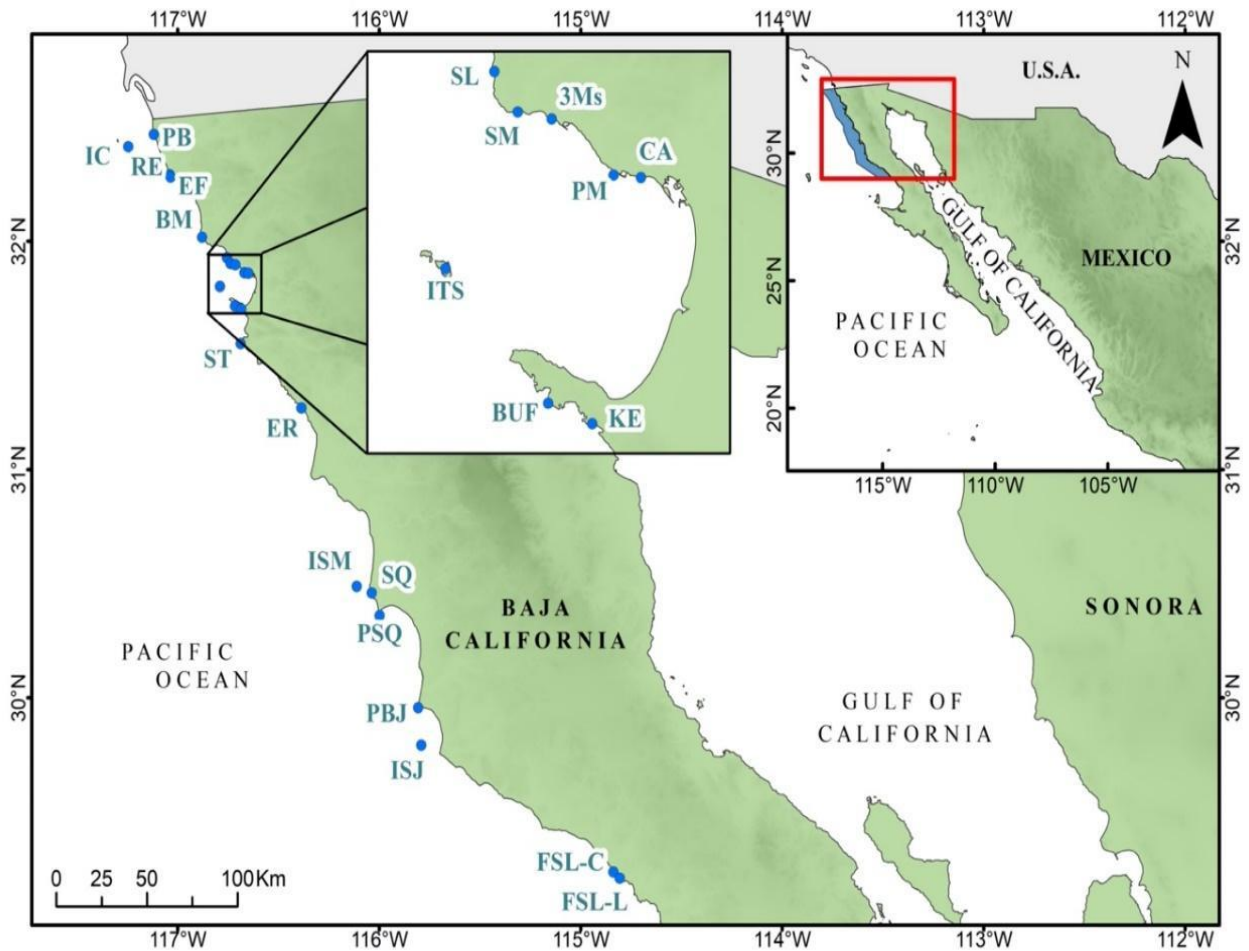
METHODOLOGY

FIELD WORK

From May 2018 to December 2019, we sampled 22 sites from the Baja California border with the United States to Faro San José, B.C. (Fig. 1). Within each site, the total sampled area was divided in sub segments. The number of segments depended on the characteristics of the site; for example, sites with more homogeneous characteristics in substrate type had fewer segments. To delimit the area of each segment, we recorded two coordinates at the beginning of the segment, at the highest and lowest part of the intertidal, and two more coordinates at the end of the segment. These coordinates were used to later calculate the area of each segment in GoogleEarth. To characterize substrate type in each segment, we estimated the percentage of platforms, boulders, and a combination of both (Fig. 2).

In each segment, we conducted intensive searches covering the entire area. The search consisted of looking for abalone between crevices, boulders, and caves; we used hand lamps to look in deep crevices. Each abalone was measured with a flexible ruler, without removing it. We recorded the position of each abalone by taking GPS coordinates. The type of habitat where each abalone was found was also recorded and classified as: good (the abalone was found in a deep and narrow crevice that it was impossible to touch); moderate (where the abalone was found in a crevice, and it could be touched); and bad (if the abalone was fully exposed) (Raimondi, 2012) (Fig. 2).

Figure 1. Locations that were sampled for black abalone from May 2018 to December 2019 in Baja California, México. Punta Bandera (PB), Isla Coronado (IC), Rancho Evelia (RE), Estudios Fox (EF), Bajamar (BM), Saldamando (SL), San Miguel (SM), Tres Emes (3Ms), Punta Morro (PM), Carioca (CA), Isla Todos Santos (ITS), La Bufadora (BUF), Campo Kennedy (KE), Santo Tomas (ST), Erendira (ER), Isla San Martín (ISM), San Quintín (SQ), Punta San Quintín (PSQ), Punta Baja (PBJ), Isla San Jeronimo (ISJ), Faro San Jose-Cuchillo (FSJ-C), Faro San José-Lola (FSJ-L).



Source: Prepared by the authors

Figure 2. a) Substrate type and b) Habitat type. Substrate type was different among locations. Sites like BUF and FSJ were only bedrock; others like SL and ITS-NP were composed of boulders of medium size; BM and ITS-NE were characterized of huge boulders and rocks; the rest of the sites had a combination of boulders (together or scattered), rock beds and huge rocks.

a)



b)



Source: Prepared by the authors

ANALYSIS

The abalone density was calculated for each segment, dividing the total number of abalone found in the segment by the area of the segment, and it is reported as number of abalones/m². To identify sites where populations had the potential to successfully reproduce, we distinguish those abalone groups that meet Blaud (2013) criteria, which suggest that success in reproduction depends on the closeness between mature individuals forming groups of 5 or more and located less than 4m apart. We used the program QGIS.org (2021), to generate a layer with the coordinate of each mature abalone greater than 50mm (Leighton and Boolootian, 1963). Around each coordinate, we made a circular buffer of 4m in diameter. If the coordinate of an abalone was found within the 4m buffer of the coordinate of another abalone, or both abalones had the same coordinate, they were considered in the same group. In this way, we were able to identify groups/clusters, as well as the abundance and distribution of clusters at each site. To compare abalone densities and number of abalones per group among sites, we used the nonparametric Kruskal-Wallis test, with segments as sampling units. To determine which sites differ we used the Bonferroni post hoc tests. Analysis was performed in the STATGRAPHICS Centurion XVI program.

In the case of Isla Todos Santos this analysis was conducted by separating zones (North Island exposed side (ITS-NE), North Island protected side (ITS-NE) and South Island (ITS-S)) due to the difference in substrate type among them.

Abalones were classified according to their size as: a) juvenile abalone or recruits (≤ 50 mm); b) sub-adult abalones (> 50 and ≤ 90 mm); c) adult abalones (> 90 and ≤ 120 mm), and collectable abalones (> 120 mm), based on Raimondi et al. (2012). The size structure of the population at each site was determined by estimating the frequency and percentage of each abalone by size, considering all segments of the site.

During surveys we observed people collecting organisms in the intertidal zone without permission. To evaluate the level of exposure to human disturbance, the following variables were defined: 1) the distance from the fishing ground to the closest city,

obtained by measuring the road in Google Earth; 2) the population size of the city or town closest to the fishing ground was obtained from the INEGI census (2020); 3) the type of road to get to the fishing ground; 4) the access restrictions; and 5) type of surveillance on the fishing ground. Both 3 and 4 variables were assessed throughout personal observations during surveys. Each variable was evaluated from one to three; one corresponding to low exposure to human disturbance, two to moderate exposure and three to high exposure (Table 1). Finally, for each site the value of each variable was added, so that sites with higher total values were considered to have a higher level of exposure to human disturbance. In the case of ST and SM, the area considered is quite large, and in certain segments, the variables used to assess human disturbance differ. Therefore, for this analysis, subzones were defined and named ST-1, ST-2, SM-1, and SM-2.

Table 1. Criteria used to evaluate human disturbance at the study sites

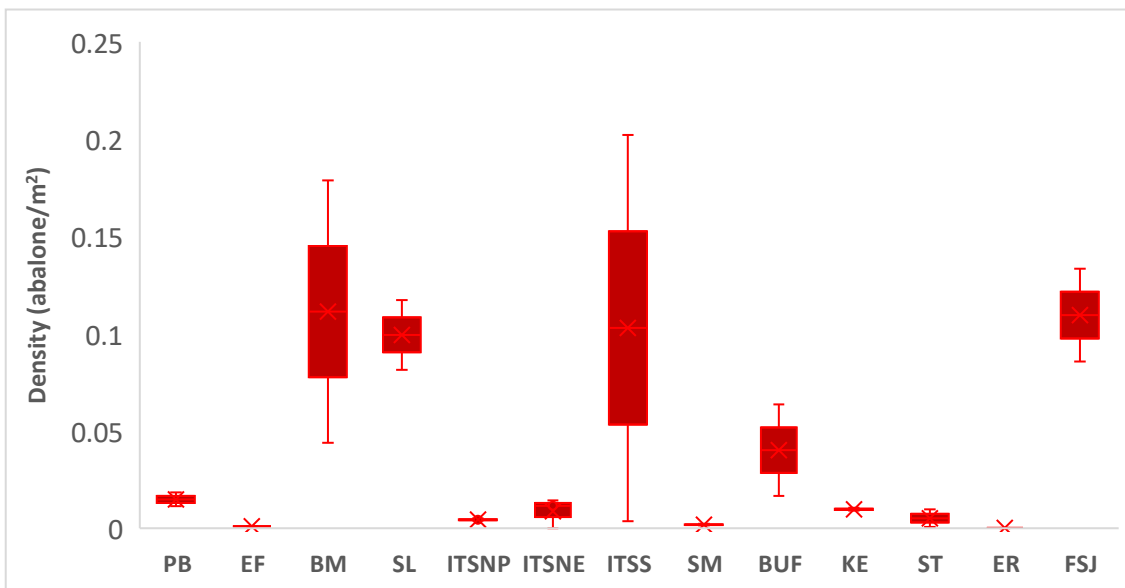
Variable	Low (value 1)	Moderate (value 2)	High (value 3)
1) Distance	< de 5Km	5 a 15Km	> 15km
2)Population size	<1,000 persons	1,000 to 10,000 persons	> 10,000 persons
3) Tipe of road	Only with 4x4 or by boat	Dirt road	Paved road
4)Access restriction	Restricted access	Pay for access	Free access
5)Tipe of surveillance	Guard all the time	Guard sometimes	No surveillance

3 RESULTS

From all 22 sites surveyed, we found black abalone at 13 sites only. We found very low abalone densities (< 0.02 ind/m²) at eight sites (PB, EF, ITSNP, ITSNE, SM, KE, ST, ER), and values > 0.07 at four sites (BM, SL, ITSS, FSJ) (Fig. 3). The densities at BUF were intermediate (0.04 ind/m²) and were different from the rest of the sites ($p = 0.0009$). Densities at BM, SL, FSJ were significantly different from those sites with densities below 0.02 ind/m² ($p = 0.0006$).

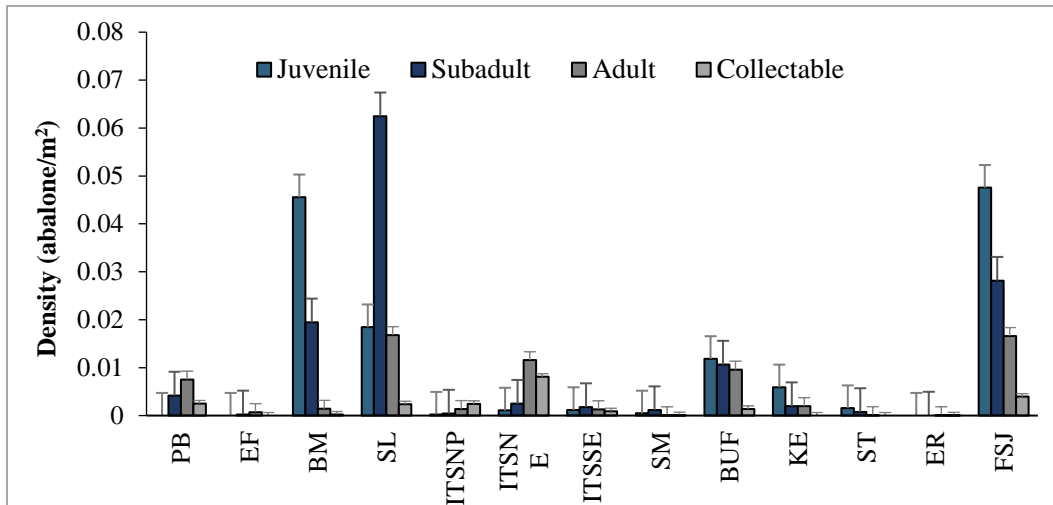
At five sites (BM, BUF, KE, ST, FSJ), juvenile abalone were the most common size class; SL was the only site where subadults were more abundant. Adult abalone were the most common size class at PB, ITSNE, and collectable abalones were present at PB, SL, BUF, FSJ, and all ITS locations, being more abundant at ITSNE (Fig. 4)

Figure 3. Box and whisker plots showing mean (small inner cross), SE of mean (outer box) and 95% confidence interval (whiskers) for black abalone density (abalone/m²) in Baja California, México.



Source: Prepared by the authors

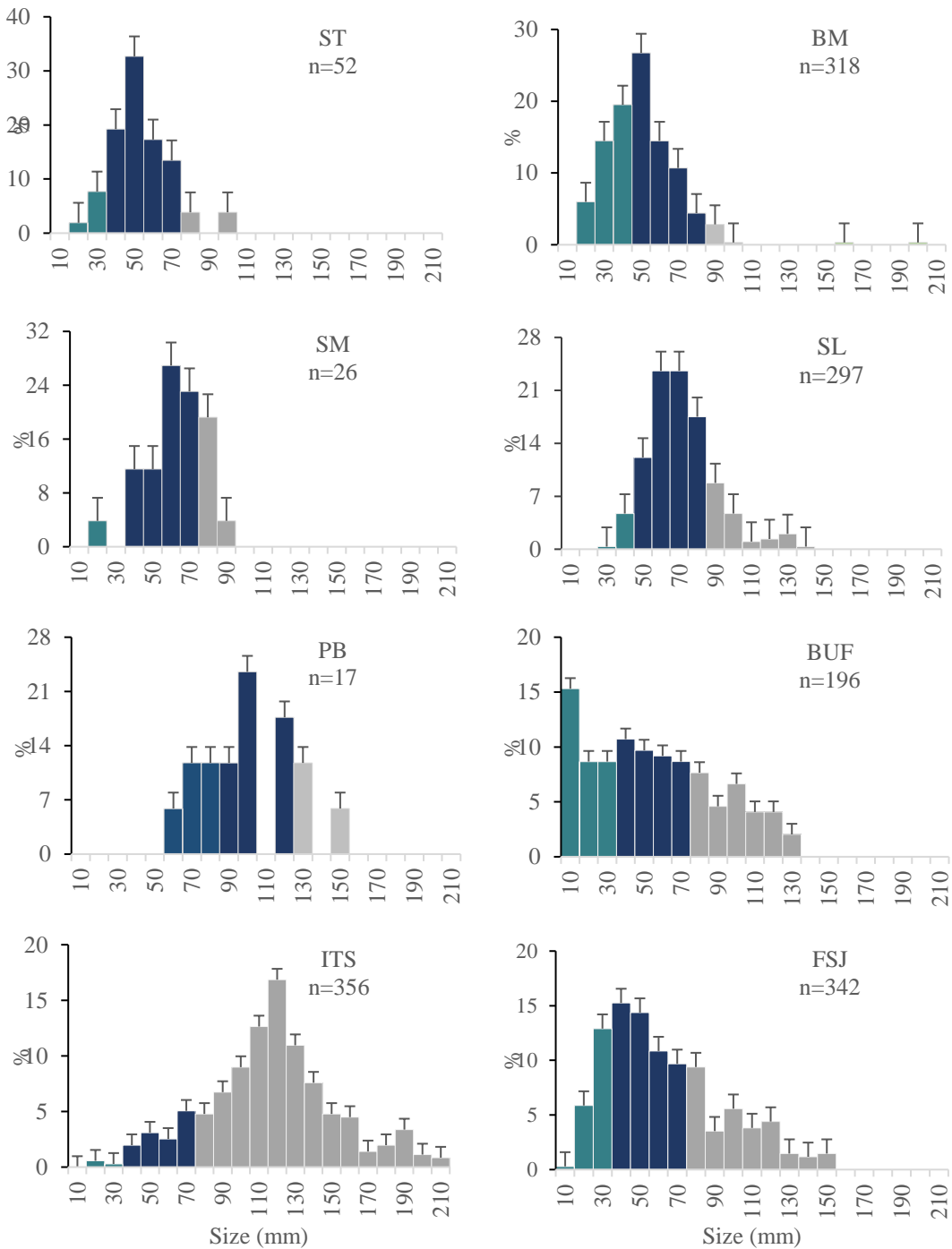
Figure 4. Black abalone density (abalone/m²) in four size classes: juveniles or recruits (≤ 50 mm); sub-adult abalones (> 50 and ≤ 90 mm); adult abalones (> 90 and ≤ 120 mm), and collectable abalones (> 120 mm), based on Raimondi et al. (2012).



Source: Prepared by the authors

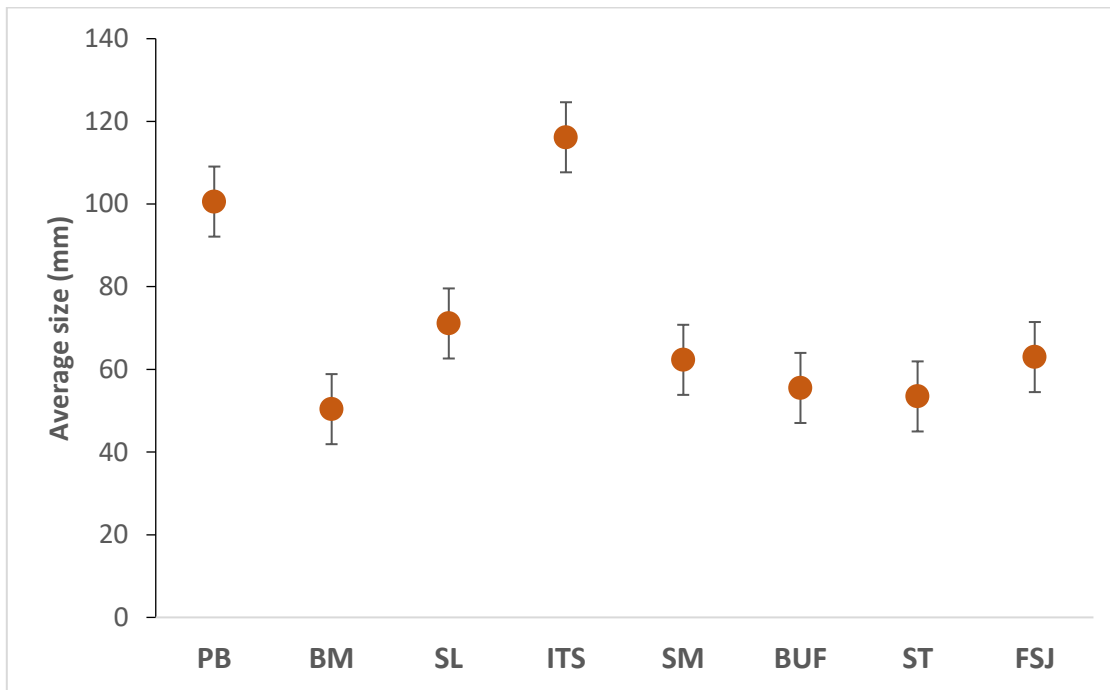
Population size structure was different at studied sites. All size classes were represented at BUF and FSJ, where average population size was 55.5mm and 63mm, respectively. Size classes at SM and ST, were mostly subadults, and adults in fewer abundances. ITS was characterized by adults and collectable abalones, and it was the only site where collectable abalones attained sizes up to 210mm. At ITS, the population average size was 116mm, and collectable abalones represent more than 50% of the population. The opposite was evident at BM and ST where the population average size was 50 and 53mm, respectively; these sites were represented by juveniles and subadults at BM, and subadults at ST (Fig. 5 and 6).

Figure 5. Black abalone size frequency (%) at sites where the number of abalones were greater than 15 abalones. Color bars represent abalone size class; light blue = juvenile, dark blue = subadults, grey = adults, green = collectables. A different scale was used at sites where densities were low.



Source: Prepared by the authors

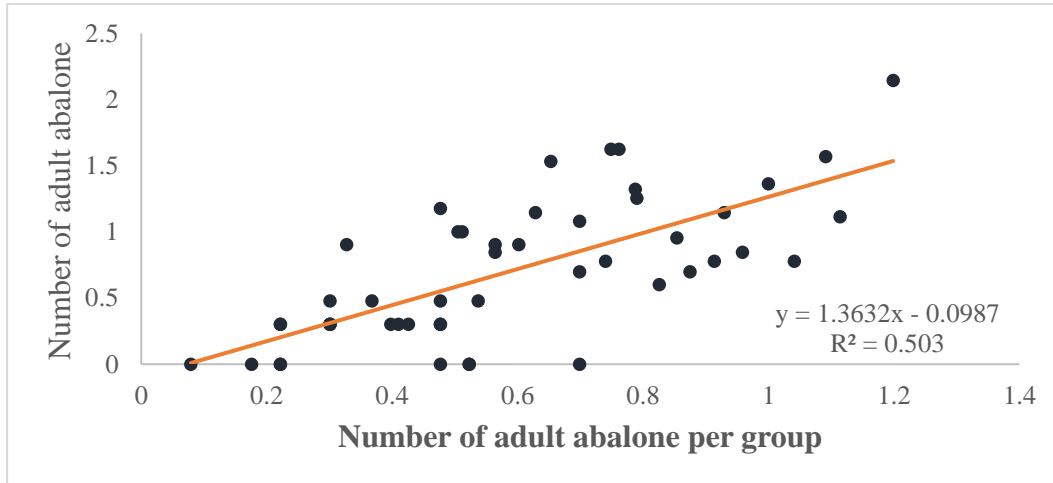
Figure 6. Black abalone average size (mm) at sites where the number of abalones were greater than 15 abalones.



Source: Prepared by the authors

The distribution of abalones is not homogeneous among segments (Fig. 7). For example, in Fig. 7a, we found solitary abalones along segment 2, but also a large group of 26 abalones under a large rock; whereas in segment 3, most of the abalones were observed in a large group of 34 abalones (Fig. 7a). Sites with higher densities such as FSJ, where the habitat is a very smooth bedrock with shallow crevices, we found groups of 55 and 99 abalones, but also very small groups of 1-4 abalones (Fig 7b). We found five sites where groups of abalones were greater than five (BM, SL, ITSS, BUF, and FSJ) (Fig. 7c); these sites are also the ones with higher densities (Fig. 3). We also found a positive relationship between number of adult abalones and number of abalones per group ($R^2 = 0.50$, $p = 0.0001$) (Fig. 8).

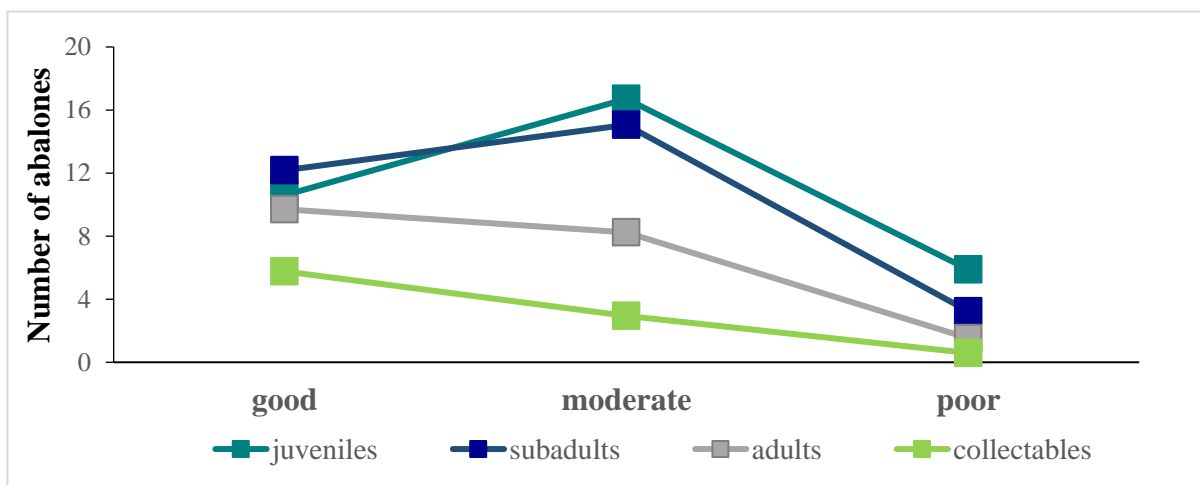
Figure 8. Relationship between number of abalone per segment and number of abalones per group. Data were log transformed.



Source: Prepared by the authors

Abalone abundance of each class size was related to habitat type. We found that juveniles and sub-adults were more abundant in moderate habitat, and they showed intermediate abundance at good habitat. In contrast, adult and collectable abalones were more abundant in good habitat. All size classes showed low abundance in poor habitat (Fig. 9).

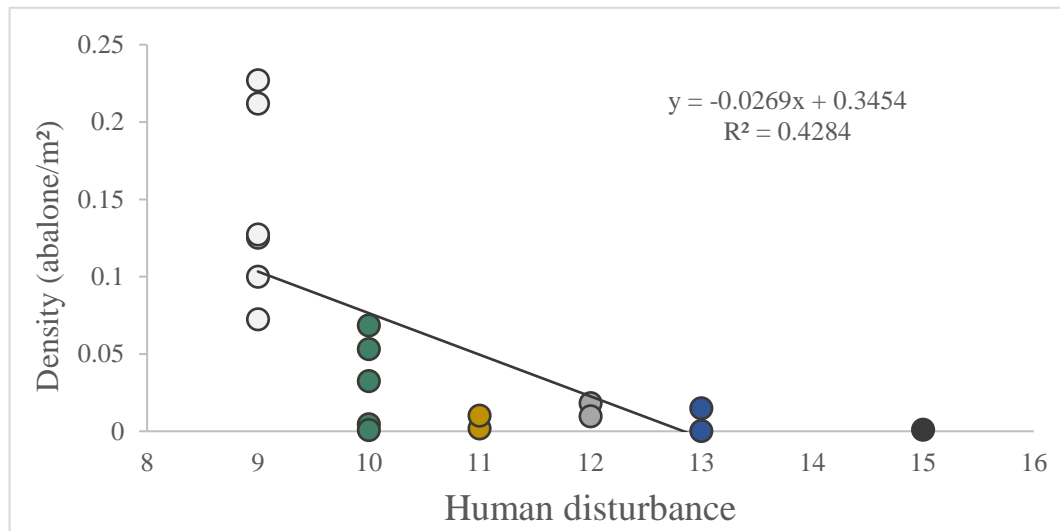
Figure 9. Abalone abundance of each class size at good, moderate and poor habitat.



Source: Prepared by the authors

We found a relation between sites with low human disturbance levels (9) and higher abalone densities, sites like BM, SL, BUF and FSJ are difficult to access either because the access is restricted or because the access is only by boat like Isla Todos Santos. At sites with human disturbance greater than 11, such as PB, EF, SM, KE, ST and ER, we found very low densities; also, in all these sites we observed people extracting organisms in the intertidal zone. We found a negative relationship between the level of human disturbance and the density of abalones ($R^2 = 0.43$, $p = 0.002$) (Figure 10).

Figure 10. Relation between human disturbance and black abalone density. White dots are BM, SL, FSJ-L and FSJ-C; green dots are BUF, ITS-NE, ITS-NP, ITS-S and ST1; purple dots are SM1 and ST2; grey SM2 and KE, blue dots are ER and PB; and black EF.



Source: Prepared by the authors

DISCUSSION

This study assesses the status of the black abalone population, a species that has been reduced to very low levels in Baja California due to the combination of factors such as the Withering Syndrome and over exploitation. We surveyed 22 sites along the Baja California coast and found abalone in 46.4% of the sites; however, densities were very low (< 0.02 ind/m²) in 61.5% of these sites. We found a total of 1621 abalones, including juvenile, sub-adult, adult and collectable sizes. Although we found higher densities at

five sites (0.1 to 0.2 ind/m²), densities were lower than those reported by Miner et al. (2006) and Neuman et al. (2010). These authors indicate that reproduction and recruitment are not successful at densities below 1 and 0.34 abalone/m², respectively; therefore, our findings suggest that in B.C. black abalone populations are below this threshold that ensures a successful reproduction. Despite low densities, we observed a high percentage of juvenile abalones and sub-adults at six sites (ST, BM, SM, SL, BUF and FSJ), suggesting that there is still recruitment at these sites and that recruited abalones survive to at least sub-adult sizes. It is possible that recruits come from populations at adjacent sites, since larval dispersal and gen flow is limited in black abalone (Gruenthal y Burton 2008; Chambers et al. 2006; Beldade et al. 2012). In Baja California, populations from Bajamar (BM), Saldamando (SL), Punta Banda (PB) and Isla Todos Santos (ITS) are genetically similar (Cepeda-Ochoa 2019). Since local recruitment has been suggested in Baja California (Cepeda-Ochoa 2019), sites located at the north are probably connected and receive larvae amongst them; however, populations at the south (Faro San José) might be at risk of depending on their own adults to ensure a successful reproduction; therefore, the maintenance of high densities of adult abalones at this location is critical to preserve healthy populations at the south. It is also interesting that we didn't find abalones at sites located in the center of the studied area, at site like Isla San Martin (ISM), San Quintin (SQ), Punta San Quintín (PSQ), Punta Baja (PBJ) and Isla San Jerónimos (ISJ). Populations from these locations are isolated and it is unlikely that they will receive recruits from distant populations; therefore recovery will rely on recuperation strategies that involve the government, stakeholders, academics, and ONGs.

The Size Structure of sites where only recruits and subadults were found (ST, BM, SM) suggest that recruitment is good but survival to adulthood is poor, poaching is very common or the presence of WS in the population. On the contrary, other sites showed very poor recruitment but the presence of adults and collectable abalones, suggesting a good survival but sporadic constant recruitment. Delgadillo-Anguiano (2021), found a high prevalence of the WS bacteria, as well as the bacteriophage in Baja California abalone populations, suggesting that the bacteriophage might help to prevent high infections of the WS in B.C. populations. A long term monitoring is needed to assess

the dynamics of population size structure, including growth and survival of recruits in Baja California.

According to Blaud (2013), our study suggest that black abalone populations might exhibit a successful reproduction at five sites only (BM, SL, ITSNE, BUF, FSJ), since these sites presented groups of 5 abalone or more. These sites are also located at the north of B.C., and one site (FSJ) at the south. The natural behavior of the species to group (Douros 1987) has permitted populations to remain in these sites, diminishing the Allee effect (Allee and Bowen 1932). The relationship between number of adults and number of adults per group also support the idea that abalone grouping promotes a successful reproduction, since the probability of having females and males in sites with high number of adults per group are higher, and zygotes from these groups can successfully find each other in the water column and assure an effective fertilization.

Blaud (2013), also observed that cracks and cavities increase retention of gametes and therefore fertilization success. We found that BM, BUF and FSJ are some of the sites with the highest average number of abalones per group, they also have high frequencies of juveniles, and they are characterized by a predominantly bedrock-type substrate, with few cracks and cavities. Although it is possible that these abalones arrive from adjacent sites, there may also be another factor that significantly influences gametes retention, such as exposure to low waves or local gyres.

In the Black Abalone Recovery Plan (NOAA 2020), the translocation of individuals is included as a recovery action. Friedman and Finley (2014), suggest that the bacteria originate from outplants of hatchery-reared abalone and emphasizes the need to assess the health of the organisms before they are translocated. According to Wooldridge et al. (2024), translocation could be a low-risk action given the lack of population genetic structure, uniform genetic diversity, and consistent prevalence of withering syndrome (WS) across the entire distribution range. In Baja California, a fishing cooperative has already begun moving abalone from one site to another. According to our results, translocation can be risky, since all the surveyed sites showed minimum densities; however, if translocations were to take place, we suggest establishing criteria based on the population characteristics of source sites, as well as

destination sites as suggested by Barje et al. (2015). Furthermore, we consider that the selection of source sites should contemplate the number and size of groups and their distribution, and the population size structure, since moving abalones from small groups with less than 5 abalones, or only sexually mature adults, would considerably affect the reproductive success of source populations. It is also important that in the translocation site, the abalones formed groups of minimum 5 abalones and assure that females and males are present. According to the Amman protocol (2020), abalones should be tested for any sign of WS. In addition to the above recommendations for translocation, we also consider vital that survival studies of the different sizes be carried out before any translocation, and in the different stages of gonadal development, since we have observed that under laboratory conditions, sub-adult size have greater resistance to stress.

Studies in California found that black abalone inhabits cracks and cavities mainly for protection against predators, waves and desiccation (Leighton and Boolootian 1963, Douros 1987, Miller and Lawrenz-Miller 1993, VanBlaricom 1988, Haaker et al. 1995); therefore, sites with a large proportion of cracks and cavities are considered as good habitat, and it was one of the criteria that was used to select priority sites for the conservation of the species (NMFS 2011). Our study showed that abalones are found in different types of habitats in Baja California, not only at sites considered good habitat, and this observation coincides with that of Sierra-Rodríguez (2004). We found the opposite that has been observed in California, since abalones ≤ 90 mm (juveniles and subadults) were more abundant in moderate habitats, and abalones > 90 mm in good habitats. This leads us to consider that in Baja California the main factor related to the presence and density is not habitat type only. However, we recommend that habitat mapping is essential to understand the population dynamics of each site, and to find the best habitat associated with the populations at each particular site. Currently, with the use of drones, photogrammetry, various programming software, and GIS, detailed descriptions of various types of habitats, at different scales and resolutions can be constructed, to discover and understand ecological patterns (Castellano-Galindo et al. 2019 and Garza 2019).

In Baja California there are no otters, and the main natural predator of the black abalone is the octopus; however, both species face the unregulated extraction of the illegal poachers every low tide (Sierra-Rodríguez 2004 and personal observations). Due to ignorance and lack of education and regulations it is impossible to assess the implications of these activities. We coincide with Sierra-Rodríguez (2004), that illegal poaching is the main threat of black abalone in Baja California. We found a positive relationship between human disturbance and black abalone density. Many recovery actions have been proposed for black abalone (NOAA 2020); however, based on our study and personal observations, the success of any recovery action needs to be adapted to the social context of each site where a recovery plan is proposed. Furthermore, the fishery reopened in 2019, but after four years of harvesting, it was closed again in 2023 due to low population density and our recommendation to National Fisheries and Aquaculture Institute (INAPESCA) (personal communication with INAPESCA). We think that a collaboration with fisherman might be a safe way to recover the species, since they are interested in recovering, conserving, monitoring, and increasing the density of black abalone, thus, fishers and the fishery should be seen as allies and should be involved in recovery actions. However, since populations are in very bad conditions, catch quotas need to be limited to sites where stakeholders compromise to participate in the recovery plan. In the case of sites that are more frequently visited by poachers, these sites can be destined as reserves for the restoration and conservation of the intertidal ecosystem and its inhabitants, where environmental education, water sports, ecotourism and recreation can be promoted.

CONCLUSIONS

In this study, we observed some signs of recovery of the black abalone populations in Baja California; however, we consider that the species continues to be at risk and in urgency of recovery actions, and management strategies to avoid the local extinction of the species. Our results indicate a high relationship between human disturbance and density, suggesting that this is the main threat to the species in this region. It is imperative that the government, academia, NGO's and stakeholders work together to

propose a recovery plan that assures that enough numbers of individuals are surviving to contribute to healthy and stable populations.

ACKNOWLEDGEMENTS

We greatly appreciate the field work assistance of J. García Pamanes, N. Fletcher, K. Ammann and R. Beas, and UABC students, Biviana Cortez, Rodrigo Castro, Alejandro Pinto, Humberto Alonso and Jessica Garcia., This research was supported by a UC-Mexus grant # CN-17-106 to G. Montaña-Moctezuma and P. Raimondi, and a doctoral scholarship from CONAHCYT to BIM

REFERENCES

BALMFORD, A.; BENNUN, L.; TEN BRINK, B.; COOPER, D.; CÔTÉ, I.M., et al. The convention on biological diversity's 2010 target. *Science*, 307 (5707), 212-213. 2005. <https://doi.org/10.1126/science.1106281>.

BRAJE, T.J.; ERLANDSON, J.M.; RICK, T.C. An historic Chinese abalone fishery on California's Northern Channel Islands. *Historical Archaeology*, 41, 117–128. 2007a.

BEN-HORIN, T.; LENIHAN, H.S.; LAFFERTY, K.D. Variable intertidal temperature explains why disease endangers black abalone. *Ecology Society of America*, 94 (1), 161-168. 2013. <https://doi.org/10.1890/11-2257.1>.

BLAUD, B.M. Spatial and temporal patterns of fertilization in black abalone (*Haliotis cracherodii* Leach, 1814): Analysis of surrogate gamete spawning experiments with application towards populations on San Nicolas Island, California. Doctoral dissertation, University of Washington. 2013.

BRITTEN, G.; DOWD, M.; KANARY, L.; WORM, B. Extended fisheries recovery timelines in a changing environment. *Nature Communications*. 2017. <https://doi.org/10.1038/ncomms15325>.

CASTELLANO-GALINDO, G.A.; CASELLA, E.; MEJÍA RENTERÍA, J.C.; ROVERE, A. Habitat mapping of remote coasts: Evaluating the usefulness of lightweight unmanned aerial vehicles for conservation and monitoring. *Biological Conservation*, 239, 1-10. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108282>.

CEPEDA-OCHOA, M. Caracterización genética poblacional del abulón negro (*Haliotis cracherodii*) en Baja California, México. Master Tesis. CICESE. 103, 2019.

CHAMBERS, M.D.; VANBLARICOM, G.R.; HAUSER, L.; UTTER, F.; FRIEDMAN, C.S. Genetic structure of black abalone (*Haliotis cracherodii*) populations in the California islands and central California coast: impacts of larval dispersal and decimation from withering syndrome. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 331 (2), 173-185. 2006. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2005.10.016>.

DELGADILLO-ANGUIANO, C. Evaluación de Candidatus *Xenohaliotis californiensis* (CXc) y su fago asociado (pCXc) en abulón negro de Baja California., México. Master Tesis. Universidad Autónoma de Baja California. 35, 2021.

DOUROS, W.J. Stacking behavior of an intertidal abalone: An adaptive response or a consequence of space limitation? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 108, 1-14. 1987. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(87\)90127-4](https://doi.org/10.1016/0022-0981(87)90127-4).

DULVY, N.K.; SADOVY, Y.; REYNOLDS, J. Extinction vulnerability in marine populations. *Fish and Fisheries*, 4, 25-64. 2003. <https://doi.org/10.1046/j.1467-2979.2003.00105.x>.

GARCIA, S.M., YE, Y., RICE, J., & CHARLES, A., eds. Rebuilding of marine fisheries. Part 1: Global review. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 630/1. Rome: FAO, 294 pp. 2018.

GARZA, C. Landscape Ecology in the Rocky Intertidal: Opportunities for Advancing Discovery and Innovation in Intertidal Research. Current Landscape Ecology Reports. 2019. <https://doi.org/10.1007/s40823-019-00042-8>.

GELL, F.R.; ROBERTS, C.M. The Fishery Effects of Marine Reserves and Fishery Closures. WWF-US, 1250 24th Street, NW, Washington, DC 20037, USA. 2003.

GRUENTHAL, K.M.; BURTON, R.S. Genetic structure of natural populations of the California black abalone (*Haliotis cracherodii* Leach, 1814), a candidate for endangered species status. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 355 (1), 47-58. 2008. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2007.11.013>.

FRIEDMAN, C.S., HAAKER, P.L., & TANIGUCHI, I. Density dependent recruitment and resistance to withering syndrome in a population of black abalone, *Haliotis cracherodii*, at the Vandenberg Ecological Reserve. In *Marine Ecological Reserves Research Program Research Results 1996–2001*, Chapter 5. California Sea Grant College, Marine Ecological Reserves Research Program, La Jolla, Calif. 2002

FRIEDMAN, C.S.; FINLEY, C.A. Anthropogenic introduction of the etiological agent of withering syndrome into northern California abalone populations via conservation efforts. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 60(11), 1424–1431. 2003. <https://doi.org/10.1139/f03-121>

HAAKER, P.L.; PARKER, D.O.; CHUN, S.Y. Growth of black abalone, *Haliotis cracherodii* Leach, at San Miguel Island and Point Arguello, California. Journal of Shellfish Research, 14, 519-525. 1995.

HALE, S.L., & KOPROWSKI, J.L. Ecosystem-level effects of keystone species reintroduction: a literature review. *Restoration Ecology*, 26, 439-445. 2018. <https://doi.org/10.1111/rec.12684>

HAMM, D.E.; BURTON, R.S. Population genetics of black abalone, *Haliotis cracherodii*, along the central California coast. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 254, 235-247. 2000. [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(00\)00283-5](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(00)00283-5).

MÉXICO. ACUERDO por el que se da a conocer la actualización de la Carta Nacional Pesquera. (Continúa en la Tercera Sección). Carta nacional pesquera. Diario Oficial de la Federación. 2018. <https://www.gob.mx/inapesca/documentos/carta-nacional-pesquera-2017> (Accessed 18 February 2019).

LEIGHTON, D.; BOOLOOTIAN, R.A. Diet and growth in the black abalone, *Haliotis cracherodii*. *Ecology*, 44, 227-238. 1963. <https://doi.org/10.2307/1932170>.

LOTZE, H.K.; COLL, M.; MAGERA, A.M.; CHRISTINE, W.P.; AIROLDI, L. Recovery of marine animal populations and ecosystems. *Trends in Ecology & Evolution*, 26 (11), 595-605. 2011. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.07.008>.

LOTZE, H.K., LEHIHAN, H.S., BOURQUE, B.J., BRADBURY, R.H., COOKE, R.G., et al. Depletion, Degradation, and Recovery Potential of Estuaries and Coastal Seas. *Science*, 312 (5770), 1806-1809. 2006. <https://doi.org/10.1126/science.1128035>.

LUCH, D., GUZMAN DEL PROO, S.A., ACEVES, V.M., ORTÍZ, M. La Pesquería de abulón en Baja California, un análisis de su desarrollo histórico y perspectivas futuras. INAPESCA, Informe, pp.36. 1973.

MILLER, A.C., LAWRENZ-MILLER, S.E. Long-term trends in black abalone, *Haliotis cracherodii* Leach, 1814, populations along the Palos Verdes Peninsula, California. *Journal of Shellfish Research*, 12 (2), 195-200. 1993.

MINER, C.M., ALTSTATT, J.M., RAIMONDI, P.T., MINCHINTON, T.E. Recruitment and shifts in community structure following mass mortality limit recovery prospects of Black abalone. *Marine Ecology Progress Series*, 327, 107-117. 2006. <https://doi.org/10.3354/meps327107>.

NEUMAN, M., TISSOT, B.N., VANBLARICOM, G. Overall status and threats assessment of black abalone (*Haliotis cracherodii* Leach, 1814) populations in California. *Journal of Shellfish Research*, 29 (3), 577-586. 2010. <https://doi.org/10.2983/035.029.0305>.

NMFS. Designation of Critical Habitat for the Endangered Black Abalone Final ESA Section 4(b)(2). National Marine Fisheries Service, West Coast Region, Protected Resources Division, Long Beach, CA 90802. 2011. <https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/18668> (Accessed 15 August 2017).

NMFS. Endangered and Threatened Wildlife and Plants; Endangered Status for Black Abalone. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Rule 74 FR 1937-1946. 2009. <https://www.federalregister.gov/documents/2009/01/14/E9-635/endangered-and-threatened-wildlife-and-plants-endangered-status-for-black-abalone> (Accessed 15 August 2017).

NMFS. Final Endangered Species Act Recovery Plan for Black Abalone (*Haliotis cracherodii*). National Marine Fisheries Service, West Coast Region, Protected Resources Division, Long Beach, CA 90802. 2020. <https://www.fisheries.noaa.gov/resource/document/final-black-abalone-recovery-plan-haliotis-cracherodii> (Accessed 3 March 2020).

PONDELLA, D.J., ALLEN, L.G. The decline and recovery of four predatory fishes from the Southern California Bight. *Marine Biology*, 154 (2), 307-313. 2008. <https://doi.org/10.1007/s00227-008-0924-0>.

RAIMONDI, P.T., WILSON, C.M., AMBROSE, R.F., ENGLE, J.M., MINCHINTON, T.E. 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. 2002. <https://doi.org/10.3354/meps242143>.

RINKEVICH, B. Rebuilding coral reefs: does active reef restoration lead to sustainable reefs? *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 7, 28-36. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.11.018>.

ROGERS-BENNETT, L., HAAKER, P., HUFF, T.O., DAYTON, P.K. Abalone Baseline in California. *CalCOFI Rep.*, 43, 1-8. 2002.

SEARCY-BERNAL, R., RAMADE-VILLANUEVA, M.R., ALTAMIRA, B. Current status of abalone fisheries and culture in Mexico. *Journal of Shellfish Research*, 29 (3), 573-576. 2010. <https://doi.org/10.2983/035.029.0304>.

SIERRA-RODRÍGUEZ, P.; MUCIÑO-DÍAZ, M.O.; CASTRO-GONZALEZ, J.J.; CABALLERO-ALEGRÍA, F.; TALAVERA-MAYA, J. Evaluación y prospección de abulón negro (*Haliotis cracherodii*) en la costa occidental de la península de Baja California. Report. INAPESCA. 46. 2004

SMITH, G., STAMM, C., PETROVIC, F. *Haliotis cracherodii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2003: e.T41880A10566196. McGill University. 2003.

STEPHENS, P.A., SUTHERLAND, W.J., FRECKLETON, R.P. What is the Allee Effect? *Oikos*, 87 (1), 185-190. 1999. <https://doi.org/10.2307/3547011>.

STEPHENS, P.A., & SUTHERLAND, W.J. Consequences of the Allee effect for behaviour, ecology, and conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, 14, 401–405. 1999.

VANBLARICOM, G.R. Effects of foraging by sea otters on mussel-dominated intertidal communities. In: VANBLARICOM, G.R., ESTES, J.A. (Eds.), The community ecology of sea otters. Ecological studies, 65. Springer-Verlag, Heidelberg, Germany, pp. 48-91. 1988.

WILLIAM, A. Application of larval release for restocking and stock enhancement of coastal marine bivalve populations. Reviews in Fisheries Science, 16 (1-3), 65-71. 2008. <https://doi.org/10.1080/10641260701678140>.

WORM, B., HILBORN, R., BAUM, J.K., BRANCH, T.A., COLLIE, J.S., et al. Rebuilding global fisheries. Science, 325 (5940), 578–585. 2009. <https://doi.org/10.1126/science.1173146>.

WOOLDRIDGE, B., ORLAND, C., ENBODY, E., ESCALONA, M., MIRCHANDANI, C., CORBETT-DETIG, R., KAPP, J.D., FLETCHER, N., COX-AMMANN, K., RAIMONDI, P., & SHAPIRO, B. Limited genomic signatures of population collapse in the critically endangered black abalone (*Haliotis cracherodii*). *Molecular Ecology*, 00, e17362. 2024. <https://doi.org/10.1111/mec.17362>.

6. CAPÍTULO 2

Recuperación del abulón negro y su hábitat en Baja California: un enfoque integral entre protección legal y compromiso comunitario.

RESUMEN

El abulón negro (*Haliotis cracherodii*) es una especie en peligro crítico de extinción, cuya principal amenaza en Baja California es la pesca ilegal. Hasta el momento no se han implementado acciones concretas para la recuperación y conservación de esta especie en los sitios en donde aún subsisten poblaciones remanentes. En este estudio se propone identificar las alternativas legales que podrían utilizarse para establecer zonas de conservación de abulón negro en tres sitios clave: Isla Todos Santos, La Bufadora y San Miguel. Asimismo, se busca explorar la percepción y el nivel de conocimiento de actores clave y usuarios respecto al establecimiento de estas áreas como sitios de conservación. Se evaluaron tres herramientas legales con potencial de implementación: Área Natural Protegida (ANP), Acuerdos de Destino (AD) y Zonas de Refugio Pesquero (ZRP). Mediante entrevistas semiestructuradas a actores clave y encuestas a usuarios, los resultados reflejan que, aunque la mayoría de los participantes reconoce la relevancia de la conservación, existe un consenso que sugiere que las ANP actuales en México presentan limitaciones para la protección de hábitats marinos, debido a su enfoque en zonas terrestres. Además, se destacó que la complejidad burocrática y la falta de recursos dificultarían la implementación y vigilancia efectivas de estas áreas. No obstante, los resultados también sugieren que una estrategia que combine instrumentos legales específicos con el respaldo comunitario —sustentado en el fuerte vínculo emocional de los usuarios con el lugar— podría mejorar la efectividad de las iniciativas de conservación, particularmente en San Miguel, en donde los usuarios mostraron gran apego al lugar, y manifestaron una disposición activa para colaborar en la protección del sitio. Este enfoque integral podría replicarse en otros ecosistemas costeros de México, subrayando la importancia de adaptar los esquemas de conservación a las características locales e involucrar a las comunidades para garantizar la sostenibilidad de los proyectos de protección marina.

INTRODUCCIÓN

El número de especies y ecosistemas marinos en riesgo de extinción sigue en aumento (Lotze et al., 2006; O'Hara et al., 2022). Las causas son múltiples, aunque en su mayoría están vinculadas a la influencia directa o indirecta de las actividades humanas (Halpern et al., 2008; 2015). Esta problemática también afecta a los intermareales rocosos de Baja California y, en particular, a una de las especies clave de este ecosistema: el abulón negro (Miner et al., 2006).

El abulón negro (*Haliotis cracherodii*) fue una especie de gran importancia pesquera, pero se considera que la sobreexplotación del recurso redujo su capacidad para recuperarse ante la aparición de una enfermedad conocida como el síndrome de la deshidratación (WS) (Karpov et al., 2000; Harley y Rogers-Bennett, 2004; Ortiz et al., 2018; Sierra-Rodríguez et al., 2004) que redujo hasta en un 90% de algunas poblaciones (Neuman et al., 2010). Los efectos de esta enfermedad se agravan con el aumento de la temperatura asociado al cambio climático y al fenómeno de *El Niño* (Tissot, 1995; Raimondi et al., 2002). Como resultado, la especie está clasificada como críticamente amenazada en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) (Peters y Rogers-Bennett, 2021).

Hasta la fecha, los intentos de reproducción y crianza de abulón negro en laboratorio han fracasado (Friedman et al., 2014), lo que imposibilita su repoblamiento artificial. En este contexto, el estado actual de las poblaciones exige que los esfuerzos de recuperación se concentren en la conservación de las poblaciones remanentes, priorizando sitios donde el ecosistema se mantenga intacto (Ibarra-Macías y Montaña-Moctezuma, 2024).

El estudio de Ibarra-Macías y Montaña-Moctezuma (2024) sobre las poblaciones de abulón negro en Baja California reporta que, aunque existen sitios donde la especie muestra signos de recuperación, estos son altamente vulnerables debido a la persistencia de la pesca ilegal. Los sitios con mayor densidad de abulón negro tienden

a coincidir con zonas vigiladas por organizaciones pesqueras, lo que dificulta las actividades ilegales, o con áreas de acceso restringido por diversas razones.

Estos hallazgos destacan que los ecosistemas y las especies tienen la capacidad de recuperarse siempre que dispongan del tiempo, espacio y protección necesarios (Palumbi et al., 2008; Neubauer et al., 2013). Por ello, resulta urgente establecer sitios de conservación como una medida de manejo clave. Estos sitios no solo contribuirían a la recuperación del abulón negro, sino que también podrían funcionar como “sitios de control”, permitiendo comparar su evolución con los resultados de otras estrategias de manejo.

Las Áreas Marinas Protegidas (AMP), concebidas como una estrategia de manejo en la que se prohíben o regulan actividades de explotación y otros usos (Kelleher y Kenchington, 1992), han demostrado su capacidad para recuperar especies y aumentar la resiliencia de los ecosistemas (Micheli et al., 2012; Aburto-Oropeza et al., 2011). Además, contribuyen a incrementar la productividad pesquera (Kerwath et al., 2013; Gaines et al., 2010) y a mejorar la calidad de vida de las comunidades locales (Ban et al., 2019). El uso de esta herramienta sería altamente eficaz para la conservación de los intermareales rocosos identificados como sitios con potencial para la recuperación del abulón negro.

A pesar de los beneficios potenciales, los retos para establecer AMP y lograr que sean sostenibles son numerosos (Gaines et al., 2010). Estos comienzan desde la definición de objetivos claros, la selección de la ubicación, hasta la consideración de factores biológicos, ecológicos y ambientales, como la dispersión y conectividad (Halpern et al., 2003; Arafeh et al., 2024). Sin embargo, los mayores desafíos recaen, en primera instancia, en obtener validez legal (Ballantain, 2014; Fernández y Castilla, 2005), así como en garantizar la vigilancia, la gobernanza y la adecuación al contexto social y cultural en el que se desarrollan (Rife et al., 2012; Saraam et al., 2013).

En el marco del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), en 2010 se estableció la Meta 11 de Aichi para la Biodiversidad, en la cual se propone que para el año 2020, al menos el 10% de las áreas marinas y costeras del mundo estuvieran bajo esquemas de conservación mediante Áreas Marinas Protegidas (AMP) o mediante otras medidas

efectivas de conservación basadas en áreas (OMEC) (CDB 2010). Las OMEC se definen como áreas específicas que, aunque no están designadas formalmente como AMP, son gobernadas y gestionadas para lograr la conservación *in situ* de la biodiversidad a largo plazo, preservando también las funciones y servicios ecosistémicos asociados, así como los valores culturales, espirituales, socioeconómicos y otros valores localmente relevantes, cuando corresponda (CDB 2010).

En México, como parte de este compromiso, se implementó el Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales (DOF 2023), con el objetivo de alcanzar el porcentaje de superficie marina protegida establecido en la Meta 11 de Aichi. Como resultado, en 2016 se decretó el Área Natural Protegida (ANP) “Reserva de la Biosfera Islas del Pacífico de la Península de Baja California” (DOF 2016), lo que permitió proteger más del 10% del mar territorial del país bajo un esquema análogo a las AMP.

Sin embargo, en México, al igual que en el resto del mundo, se ha observado que el éxito de las AMP radica en el co-manejo, donde el consenso y la participación activa de los usuarios desde la planificación inicial resultan fundamentales (Aburto-Oropeza et al., 2011; Rife et al., 2012; Saarman y Carr, 2013; Ferreira et al., 2015; Giakoumi et al., 2018).

En Baja California, los intermareales rocosos son sistemas complejos donde convergen diversos componentes ecológicos, económicos y socioculturales. Estos ecosistemas marinos destacan por su alta biodiversidad y albergan recursos pesqueros de gran valor, como erizos, estrellas de mar, pepinos de mar, langostas, pulpos, caracoles, mantos de kelp y, en especial, el abulón negro. Asimismo, son espacios que soportan actividades deportivas, recreativas y turísticas, además de ser parte integral de la cultura de algunas comunidades locales. Dada esta multiplicidad de interacciones, resulta imprescindible implementar estrategias de manejo que integren tanto las dimensiones ecológicas como las sociales y económicas

En este contexto, los sistemas socio-ecológicos (SSE) propuestos por Ostrom (2009) ofrecen un marco integrador para analizar las interacciones en los sistemas intermareales rocosos donde habita el abulón negro. La definición del SSE específico

para el hábitat de esta especie en Baja California permitiría identificar sus subsistemas, sus conexiones, así como las fortalezas y debilidades que existen entre ellos.

Este enfoque podría utilizarse como una herramienta clave para desarrollar estrategias de recuperación de la especie y propuestas de co-manejo con el potencial de aumentar la conciencia ecológica, además de fortalecer los vínculos entre instituciones, científicos, sociedad y pescadores. Además, facilitaría y fortalecería la investigación, la experimentación y el aprendizaje en temas prioritarios para la conservación del abulón negro, aprovechando las capacidades de cada actor involucrado (Schumann, 2006; Gelcich, 2008). A largo plazo, este marco no solo contribuiría a la recuperación de la especie, sino que también permitiría generar propuestas que posibiliten su aprovechamiento sostenible, asegurando su preservación en el tiempo.

Desde esta perspectiva, el presente estudio propone un análisis de las interacciones entre los componentes del sistema socio-ecológico en los intermareales rocosos de Baja California, considerando al abulón negro como una unidad clave y las herramientas legales como elementos de gobernanza, para proponer estrategias de manejo integradoras.

Por lo tanto, el objetivo de este estudio es identificar los recursos legales que, según la legislación mexicana, pueden utilizarse para legalizar zonas destinadas conservación del intermareal rocoso y la recuperación del abulón negro; así como, conocer la percepción de los actores clave y usuarios ante el establecimiento de estas zonas.

MARCO CONCEPTUAL

Ostrom (2009) define un SSE como un sistema complejo que integra componentes ecológicos y sociales, organizados en cuatro subsistemas principales: Este sistema identifica cuatro subsistemas principales: (1) Sistema del recurso, que se refiere al recurso objeto de análisis; (2) Unidades del recurso, entendidas como las unidades de medida del recurso; (3) Sistemas de gobernanza, que engloban las reglas e instituciones relacionadas con el manejo del recurso; (4) Usuarios, que incluye a todos los actores involucrados en el

uso y aprovechamiento del recurso. Cada uno de estos subsistemas contiene variables clave que permiten entender cómo se regula el uso de los bienes comunes y cuáles son los factores que determinan su sostenibilidad.

El presente trabajo adapta el marco de los SSE a los ecosistemas intermareales de Baja California donde habita el abulón negro. En este contexto, los subsistemas del SSE se definen de la siguiente manera:

1. Sistema del recurso: Ecosistemas intermareales rocosos

- Los ecosistemas intermareales se consideran el sistema en el que convergen las dinámicas ecológicas y sociales. Estos hábitats albergan una alta biodiversidad y son esenciales para la supervivencia del abulón negro y otros recursos pesqueros de gran valor económico.
- La interacción entre los usuarios y el ecosistema intermareal define las dinámicas de conservación y explotación.

2. Unidad del recurso: Abulón negro

- El abulón negro es el recurso clave que conecta los subsistemas ecológico y social. Como especie críticamente amenazada, su recuperación es un indicador del éxito de las estrategias de manejo y conservación.
- Este recurso también tiene un alto valor económico, lo que refuerza la necesidad de un enfoque que combine sostenibilidad ecológica y económica.

3. Sistema de gobernanza: Herramientas legales

- En este estudio, el sistema de gobernanza se define como las herramientas legales disponibles en México para legitimar sitios de conservación en el intermareal rocoso y promover la recuperación del abulón negro. Entre estas herramientas se incluyen las Áreas Naturales Protegidas (ANP) y las Otras Medidas Efectivas de Conservación basadas en Áreas (OMECA), que

representan mecanismos clave para regular el uso y manejo de este sistema.

- Estas herramientas son fundamentales para garantizar la protección del intermareal rocoso y del abulón negro, así como para facilitar su recuperación como recurso aprovechable de manera sustentable.

4. Actores: Usuarios y gestores

- Los actores clave incluyen pescadores, cooperativas, tomadores de decisiones, investigadores y usuarios recreativos. Cada uno de estos grupos desempeña un papel crucial en la dinámica del sistema, ya sea como gestores, consumidores o protectores del recurso.
- La participación activa y el consenso entre estos actores son esenciales para el éxito de las estrategias de manejo.

Relevancia del Enfoque de SSE

El marco de los SSE permite abordar de manera integral los desafíos asociados con la recuperación y manejo del abulón negro. Este enfoque enfatiza la necesidad de estrategias adaptativas que consideren las dinámicas ecológicas y sociales del sistema, integrando tanto los objetivos de conservación como las necesidades de las comunidades locales.

En el caso del abulón negro en Baja California, el uso del marco de los SSE ofrece una perspectiva única para analizar los factores que contribuyen a la sostenibilidad del sistema. Al considerar el intermareal rocoso como un sistema dinámico y a los actores sociales como parte integral del mismo, este enfoque permite diseñar estrategias que fomenten tanto la recuperación del recurso como el bienestar de las comunidades que dependen de él.

En este trabajo, el marco de los SSE se utiliza para identificar los recursos legales que pueden ser aplicados en la legislación mexicana para legalizar zonas destinadas a la recuperación del abulón negro y la conservación de los ecosistemas intermareales. Asimismo, permite analizar las percepciones de los actores clave respecto a estas

estrategias, facilitando el diseño de soluciones que armonicen los intereses ecológicos y sociales.

METODOLOGÍA

Zona de estudio

Se seleccionaron como casos de estudio los intermareales rocosos de Isla Todos Santos, La Bufadora y San Miguel, ubicados en la costa del Pacífico de la Península de Baja California (B.C.). De acuerdo con los resultados de Ibarra-Macías y Montaña Moctezuma (2024), estos sitios muestran indicios de recuperación de la población de abulón negro. Estos sitios, además de ser claves en la recuperación del abulón negro, presentan características ideales para evaluar la implementación de herramientas legales para la conservación de estos ecosistemas intermareales.

Isla Todos Santos (ITS) es un cuerpo insular ubicado frente a la ciudad de Ensenada, B.C. El intermareal rocoso de la isla se compone de zonas con acantilados, de los cuales se han desprendido macizos de roca de gran tamaño que, en ocasiones, se encuentran apilados en la playa, junto con cantos rodados y guijarros. La complejidad geológica y el acceso limitado a esta zona la convierten en un espacio estratégico para la conservación del abulón negro.

La Bufadora (BUF) presenta un intermareal caracterizado por camas de roca con algunos cantos rodados y zonas de arena. Debido a su formación geológica, la zona submareal es mayormente arenosa y angosta, ya que la pendiente es pronunciada. La homogeneidad de la cama de rocas no ofrece hábitats adecuados para el abulón negro; sin embargo, es uno de los sitios en donde la población está en mejor estado, lo que refuerza la importancia de implementar medidas de conservación en este sitio.

San Miguel (SM) es una playa ubicada en el extremo norte de la Bahía de Todos Santos. Su intermareal es muy dinámico y está compuesto por cantos rodados de gran tamaño. La zona está expuesta a marejadas provenientes tanto del norte como del sur, lo que genera olas de gran tamaño. Las condiciones dinámicas de esta zona crean un ambiente único que alberga importantes recursos marinos entre ellos el abulón

negro, lo que subraya la necesidad de proteger este sitio bajo un esquema de conservación adecuado.

Estos tres sitios no solo son relevantes desde un punto de vista ecológico, sino que también ofrecen escenarios idóneos para evaluar la viabilidad de aplicar herramientas legales para la conservación del abulón negro y los ecosistemas intermareales.

Colecta de información

Para seleccionar a los actores clave, fue necesario identificar las dependencias gubernamentales que, de diversas formas, ejercen injerencia y jurisdicción en la zona intermareal, hábitat del abulón negro. Esto implicó comprender la estructura del gobierno mexicano y la competencia específica de cada dependencia. Además, resultó fundamental adquirir un conocimiento profundo sobre los sitios de estudio, su historia y su comunidad.

Con el fin de caracterizar cada uno de los sitios, se identificaron los actores clave, los usuarios y las actividades realizadas en cada lugar. Esta caracterización se llevó a cabo mediante observaciones directas y consultas en los sitios, así como una revisión de información previa y la experiencia propia.

Para determinar los recursos legales mexicanos que podrían utilizarse para establecer zonas de recuperación del abulón negro y conservar su hábitat en el intermareal rocoso, se realizó una búsqueda exhaustiva de literatura gris y una revisión del estado del arte en relación con el tema.

La percepción de los actores clave se obtuvo a través de entrevistas semiestructuradas. Las preguntas de estas entrevistas se diseñaron para explorar su grado de conocimiento y percepción sobre los siguientes temas: 1) Recursos legales disponibles para consolidar zonas de conservación; 2) Percepción del estado actual del abulón negro y su hábitat; 3) Opinión sobre la creación de zonas de recuperación del abulón negro y conservación del intermareal rocoso en los sitios propuestos; 4) Percepción sobre el uso de distintos recursos legales para su implementación; 5)

Disposición a participar y retos percibidos; y 6) Identificación de otros actores clave relevantes para el caso de estudio.

Finalmente, para conocer la percepción de los usuarios respecto a la creación de zonas de recuperación del abulón negro y la conservación del intermareal rocoso en los sitios propuestos, se realizaron encuestas con preguntas de opción múltiple. Estas encuestas indagaron sobre: 1) Características de los usuarios; 2) Relación de los usuarios con el sitio; 3) Conocimiento de los usuarios sobre las ANP; y 4) Percepción respecto a la creación de zonas de recuperación y conservación en el sitio.

La combinación de entrevistas semiestructuradas y encuestas de opción múltiple proporciona una visión integral sobre la percepción de los actores clave y los usuarios, permitiendo así evaluar la viabilidad de implementar alguna medida de conservación y manejo en los sitios seleccionados.

RESULTADOS

Identificación de actores clave, actividades y usuarios

En México, la zona intermareal está regulada como parte de la Zona Federal Marítimo Terrestre (ZOFEMAT), definida en el artículo 119 de la Ley de Bienes Nacionales como una franja de veinte metros de ancho de tierra contigua a las playas o a las riberas de ríos, desde la desembocadura de estos hasta cien metros río arriba (DOF: 20/05/2004). El Reglamento para el Uso y Aprovechamiento de la ZOFEMAT establece en su artículo 3° que esta franja debe delimitarse considerando la cota de pleamar máxima en condiciones climáticas estables durante un periodo de treinta días consecutivos.

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), a través de la Dirección General de Zona Federal Marítimo Terrestre y Ambientes Costeros, administra y controla la ZOFEMAT. Su responsabilidad incluye no solo la delimitación, sino también la concesión de permisos y autorizaciones para el uso, protección y aprovechamiento de esta zona (tabla 1).

Aunque la ZOFEMAT administra la zona intermareal, la regulación de actividades pesqueras recae en la Comisión Nacional de Pesca y Acuicultura (CONAPESCA). Este órgano, dependiente de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), establece cuotas de captura y medidas de manejo pesquero basadas en investigaciones del Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuicultura Sustentables (IMIPAS) (tabla 1).

En 2016, Isla Todos Santos (ITS), al igual que el resto de las islas del Pacífico en la Península de Baja California, fue declarada como ANP dentro de la Reserva de la Biosfera Islas del Pacífico de Baja California (RBIPPBC). En México, las ANP son administradas por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) (tabla 1), un organismo descentralizado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). En la zona marina de ITS se practica la pesca de pequeña escala de langosta, abulón, erizo, pepino, caracol y varias especies de escama. A pesar de su estatus de ANP, la administración y la investigación pesquera continúan bajo la responsabilidad de CONAPESCA e IMIPAS, respectivamente. La zona intermareal es monitoreada ocasionalmente por investigadores del Universidad Autónoma de Baja California (UABC) y en el invierno es visitada por surfistas extremos que buscan olas de gran altura (Tabla 2).

Tabla 1. Dependencias del gobierno mexicano con funciones en los sitios de estudio y sus atribuciones

Dependencia de gobierno	Función
Comisión Nacional de Pesca y Acuicultura (CONAPESCA)	Órgano desconcentrado de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), encargado de fomentar y desarrollar mecanismos de coordinación con diferentes instancias para implementar políticas, programas y normatividad que conduzcan y faciliten el desarrollo competitivo y sustentable del sector pesquero y acuícola del país.

Dependencia de gobierno	Función
Instituto Mexicano de Investigación Pesquera y Acuícola Sustentable (IMIPAS)	Órgano desconcentrado de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), encargado de dirigir, coordinar y orientar la investigación científica y tecnológica en materia de pesca y acuicultura.
Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable del Estado de Baja California (SMADS)	Entidad estatal encargada de aplicar las disposiciones en materia de desarrollo sustentable, prevención, preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como de la protección ambiental en el Estado de Baja California.
Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP)	Órgano desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), responsable de la administración de las Áreas Naturales Protegidas. Su objetivo es conservar el patrimonio natural de México mediante la gestión de Áreas Naturales Protegidas y la implementación de Programas de Desarrollo Regional Sustentable en Regiones Prioritarias para la Conservación.
Zona Federal Marítimo Terrestre (ZOFEMAT)	Dirección de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) encargada de administrar y controlar la zona federal marítimo terrestre.

La Bufadora (BUF) es una pequeña bahía en el extremo sur de la Bahía de Todos Santos, rodeada de altos cantiles escarpados. En su límite se produce un fenómeno natural que es un atractivo turístico de la ciudad. Sin embargo, el turismo se concentra en la punta del cantil, sin acceso a la playa. El ingreso a esta zona solo es posible a través de un fraccionamiento privado, cuyo propietario también opera la empresa de paseos en kayak en la zona (tabla 2). Los principales usuarios de estos paseos son

turistas de cruceros, quienes realizan una breve actividad guiada; al terminar, regresan al crucero sin impacto significativo en la zona. La pesca en el intermareal es escasa, limitada a trampas de langosta y recolección ocasional de abulón por buzos. En esta área, académicos del UABC también realizan monitoreos periódicos (tabla 2).

San Miguel es una playa de gran afluencia y diversidad de usuarios. Es un sitio emblemático para el surf, ya que tiene una ola destacada a nivel mundial y ha sido reconocida como Reserva Mundial de Surf impulsada por una OSC y líderes de la comunidad surfista de Ensenada en sus esfuerzos de conservación (Arroyo et al., 2020) (tabla 2). En la zona norte de la playa desemboca el arroyo San Miguel, declarado Parque Estatal de Conservación en 2023 por iniciativas de varias OSC (Danemann 2021) (tabla 2). La desembocadura forma una laguna intermareal, ideal para el esparcimiento de visitantes (Figura 1). Aunque hay permisos para la pesca de abulón y langosta (tabla 2), las condiciones del intermareal limitan estas actividades a zonas submareales profundas. Sin embargo, en las mareas bajas, "bajamareros" frecuentemente realizan extracción de pulpo con cloro en el intermareal, una práctica no regulada.

Se identificaron cuatro tipos de actores clave en cada sitio: gobierno, concesionarios de recursos pesqueros, organizaciones de la sociedad civil (OSC) y líderes comunitarios (tabla 2). Entre las dependencias gubernamentales, solo CONAPESCA e IMIPAS tienen jurisdicción en los tres sitios. La ZOFEMAT no tiene jurisdicción en Isla Todos Santos, ya que esta isla, al formar parte de la RBIPPBC, es gestionada directamente por CONANP. La pesca comercial de recursos bentónicos se realiza en los tres sitios, bajo una concesión única. En San Miguel y La Bufadora, los 'bajamareros', colectores sin permiso, realizan capturas no reguladas. Las actividades recreativas varían entre sitios: en La Bufadora predomina el kayakismo; en San Miguel, el surf, la recreación y la pesca de orilla; y en Isla Todos Santos, principalmente el surf (tabla 2).

Tabla 2. Actividades que se realizan, Usuarios y Actores clave identificados en Isla Todos Santos (ITS), La Bufadora (BUF) y San Miguel (SM).

Sitio	Actividades	Usuarios	Actores Clave
ITS	<ul style="list-style-type: none"> ● Pesca comercial de recursos bentónicos ● Surf de olas grandes. ● Monitoreos 	<ul style="list-style-type: none"> ● Pescadores comerciales ● Surfistas ● Investigadores 	<ul style="list-style-type: none"> ● Permisionario de recursos bentónicos ● Manager de OSC. ● Prestador de servicios turísticos. ● UABC ● CONAPESCA ● INAPESCA ● CONANP
BUF	<ul style="list-style-type: none"> ● Pesca comercial de langosta. ● Kayakismo turístico ● Buceo turístico. ● Monitoreos 	<ul style="list-style-type: none"> ● Pescadores comerciales ● Turismo de kayak ● Investigadores ● Bajamareros 	<ul style="list-style-type: none"> ● Permisionario de recursos bentónicos ● Prestador de servicios turísticos. ● UABC ● CONAPESCA ● INAPESCA ● SMADS
SM	<ul style="list-style-type: none"> ● Pesca comercial de abulón y langosta. ● Surf. ● Pesca de orilla. ● Recreación. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Pescadores comerciales ● Surfers ● Pescadores de orilla. ● Visitantes recreativos locales y foráneos. ● Bajamareros 	<ul style="list-style-type: none"> ● Permisionario de recursos bentónicos ● Líderes comunitarios ● Manager de OSC's ● CONAPESCA ● INAPESCA ● SMADS

En México, la legislación para la regulación y manejo de los recursos marinos se basa en dos principales vertientes jurídicas: por un lado, la conservación, regulada por la Ley General del Equilibrio Ecológico (LGEEPA) y sus reglamentos; y por otro, la explotación pesquera, regida por la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentable (LGPAS) y su reglamento.

La LGEEPA define las Áreas Naturales Protegidas como un instrumento de política pública para establecer zonas en el territorio nacional, así como aquellas sobre las que la nación ejerce soberanía y jurisdicción, donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad humana o que requieren ser preservados y restaurados, estando sujetas al régimen de dicha ley. Sin embargo, el término Área Marina Protegida (AMP) no se menciona en la ley, por lo que la normativa terrestre debe adaptarse al medio marino. Por lo tanto, las restricciones y actividades dentro de una ANP deben ser especificadas en su declaratoria y desarrolladas en su plan de manejo, con CONANP como responsable de su elaboración. Las actividades pesqueras dentro del polígono de la ANP deberán ser aprobadas por CONAPESCA y contar con la opinión técnica del IMIPAS (tabla 1).

En la misma vertiente jurídica de conservación, se encuentra la figura de la Unidad de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre (UMAS), definida en el capítulo VIII, artículos 39 a 47 de la Ley General de Vida Silvestre. A través de esta figura, un propietario puede promover o solicitar que su predio sea destinado a la conservación y restauración de ecosistemas. Sin embargo, su aplicación en ambientes marinos es compleja, ya que la federación es quien ejerce la propiedad en estos espacios.

En la LGPAS, se definen las Zonas de Refugio Pesquero (ZRP) en el artículo 4 como "áreas delimitadas en aguas de jurisdicción federal, destinadas primordialmente a conservar y contribuir al desarrollo de los recursos pesqueros mediante su reproducción, crecimiento o reclutamiento, así como a preservar y proteger el ambiente circundante". El artículo 8 asigna a la SADER, a través de CONAPESCA, la responsabilidad de "fijar los métodos y medidas para la conservación de los recursos pesqueros y la repoblación de las áreas de pesca, en coordinación con la autoridad competente, así como regular las ZRP para proteger las especies acuáticas que lo

requieran y establecer las épocas y zonas de veda". Finalmente, el artículo 132 específica que constituye una infracción extraer, capturar o poseer organismos dentro de las ZRP.

Recientemente, las organizaciones de la sociedad civil (OSC) han comenzado a promover la creación de ANP en la ZOFEMAT mediante el uso de los recursos legales establecidos en la Ley General de Bienes Nacionales (LGBN). En el capítulo 2, 'De los inmuebles de la administración pública federal centralizada', segunda sección (art. 69 y siguientes), se establece que la Federación puede destinar a una institución pública el dominio de una zona a través de la figura del Acuerdo de Destino (AD). Esta figura ha permitido la declaratoria de zonas de manglares y áreas de anidación de tortugas como ANP, con CONANP como destinatario.

Percepción de actores clave

La percepción de los actores clave, respecto a la creación de zonas de recuperación de abulón negro y conservación de su hábitat el intermareal rocoso (IR) en ITS, BUF y SM se resume en la tabla 3, en donde se indica: el actor clave y el recurso legal que conoce (ANP, AD, ZRP, ninguno), su percepción sobre el grado de conocimiento del estado del ecosistema intermareal rocoso y del abulón negro en Baja California (mucho, poco, nada), su percepción sobre la importancia de crear zonas de conservación para el intermareal rocoso y el abulón negro en B.C. (mucho, poco, nada), el recurso legal que considera más adecuado para la creación de estas zonas (ANP, AD, ZRP, ninguno, cualquiera), su disposición para participar (mucho, poca, nada) y los principales retos que identifica.

Según la percepción de los actores clave, se observa que las dependencias de gobierno solo conocen las disposiciones legales dentro de su ámbito de competencia, mientras que las personas al frente de las OSC y uno de los líderes comunitarios tienen un conocimiento más general de la legislación. Lo mismo ocurre con el conocimiento sobre el estado del ecosistema intermareal rocoso y del abulón negro. Sin embargo, todos los actores clave coinciden en considerar de gran importancia el establecimiento de una zona de recuperación del abulón negro y conservación del IR.

En cuanto al uso del recurso legal para la creación de zonas de recuperación de abulón negro y conservación del IR, todos los actores clave descartaron las ANP. Sin embargo, la mayoría considera que el recurso legal a emplear es indiferente, siempre y cuando se logren los objetivos y se cuente con el consenso de los involucrados y usuarios. La SMABC sugirió el Acuerdo de Destino para SM y La Bufadora BUF, ya que, como Gobierno del Estado, tienen interés en obtener el destino de estos sitios. Por su parte, las OSC proponen el Acuerdo de Destino, e incluso mencionan la posibilidad de utilizar ambas herramientas. Todos los actores coinciden en que el principal reto es lograr un acuerdo de intereses, aunque todos están dispuestos a involucrarse en la creación de estas zonas. Las dependencias de gobierno también identifican la falta de recursos y la vigilancia como otros retos importantes (tabla 3).

Tabla 3. Percepción de los actores clave al respecto de: a) cual es herramienta legal que conocen; b) su conocimiento sobre estado actual del abulón negro y el intermareal rocoso; c) la importancia de consolidar zonas para la recuperación de abulón negro y conservación del su hábitat el intermareal rocoso; d) el recurso legal apropiado para consolidar estas zonas; e) voluntad de participar; y f) retos que identifican para su consolidación.

Actor clave	Herramienta que conoce	Estado actual	Importancia de zonas	Herramienta apropiada	Voluntad	Retos
CONANP	ANP y AD	Nada	Mucha	AD	Mucha	Presupuesto, acuerdo de intereses y vigilancia
CONAPESCA	ZRP y ANP	Mucho	Mucha	Cualquiera	Mucha	Presupuesto, acuerdo de intereses y vigilancia
IMIPAS	ZRP y ANP	Mucho	Mucha	Cualquiera	Mucha	Presupuesto, acuerdo de intereses y vigilancia

SMABC	AD y ANP	Nada	Mucha	AD	Mucha	Acuerdo de intereses
Organización pesquera	ZRP y ANP	Mucho	Mucha	Cualquiera	Mucha	Acuerdo de intereses y vigilancia
OSC 1	ANP, AD	Nada	Mucha	AD	Mucha	Presupuesto y Acuerdo de intereses
OSC 2	ANP, AD y ZRP	Poco	Mucha	AD y ZRP	Mucha	Presupuesto, acuerdo de intereses y vigilancia
Líder comunitario 1	Ninguno	Mucho	Mucha	Cualquiera	Mucha	Acuerdo de interese
Líder comunitario 2	ANP, AD y ZRP	Mucho	Mucha	Cualquiera	Mucha	Presupuesto, acuerdo de intereses y vigilancia

En el caso de Isla Todos Santos (ITS), se cuestionó a CONANP sobre la posibilidad de establecer una zona núcleo marina. Según lo comentado, la zonificación y las actividades permitidas ya están definidas en el decreto, por lo tanto, para crear una zona de recuperación donde se limite la pesca, sería necesario modificar el decreto, lo cual resulta complicado, ya que los decretos provienen de la presidencia de la República. Por otro lado, al ser una ANP, ya no es factible el Acuerdo de Destino, pero si podría establecerse una ZRP.

Percepción de los usuarios

En el caso de Isla Todos Santos (ITS), los usuarios son pescadores adscritos a la organización pesquera dirigida por el actor clave entrevistado. En La Bufadora (BUF),

los usuarios son turistas que llegan en grupos para realizar un recorrido en kayak. Esta actividad ecoturística está a cargo del líder comunitario entrevistado. Así, de los tres sitios propuestos en este estudio, solo en San Miguel (SM) existe un flujo constante de usuarios cuya actividad no sigue un mismo esquema.

De acuerdo con los resultados de las encuestas realizadas a los usuarios de la playa San Miguel, podemos clasificar a los visitantes según la actividad principal que realizan en el lugar. La práctica del surf es el motivo de visita para el 51% de los usuarios, seguida por los grupos de familias y amigos en busca de un espacio natural para la recreación (24%), los pescadores deportivos de orilla (19%) y, con un 3%, las personas que practican ejercicio o pasean a sus mascotas al aire libre (Figura 1).

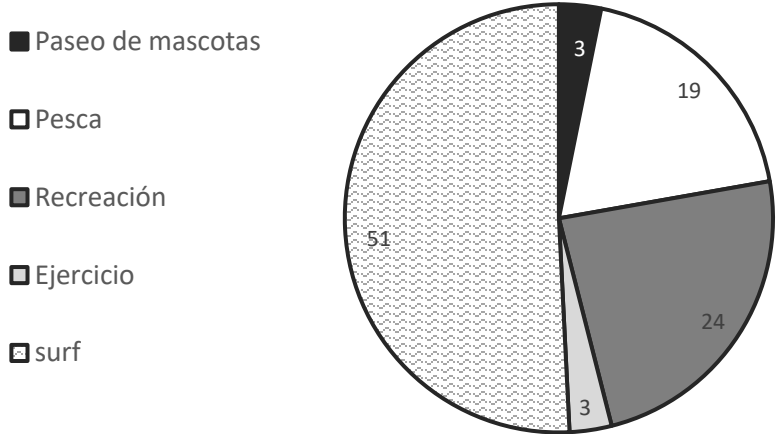
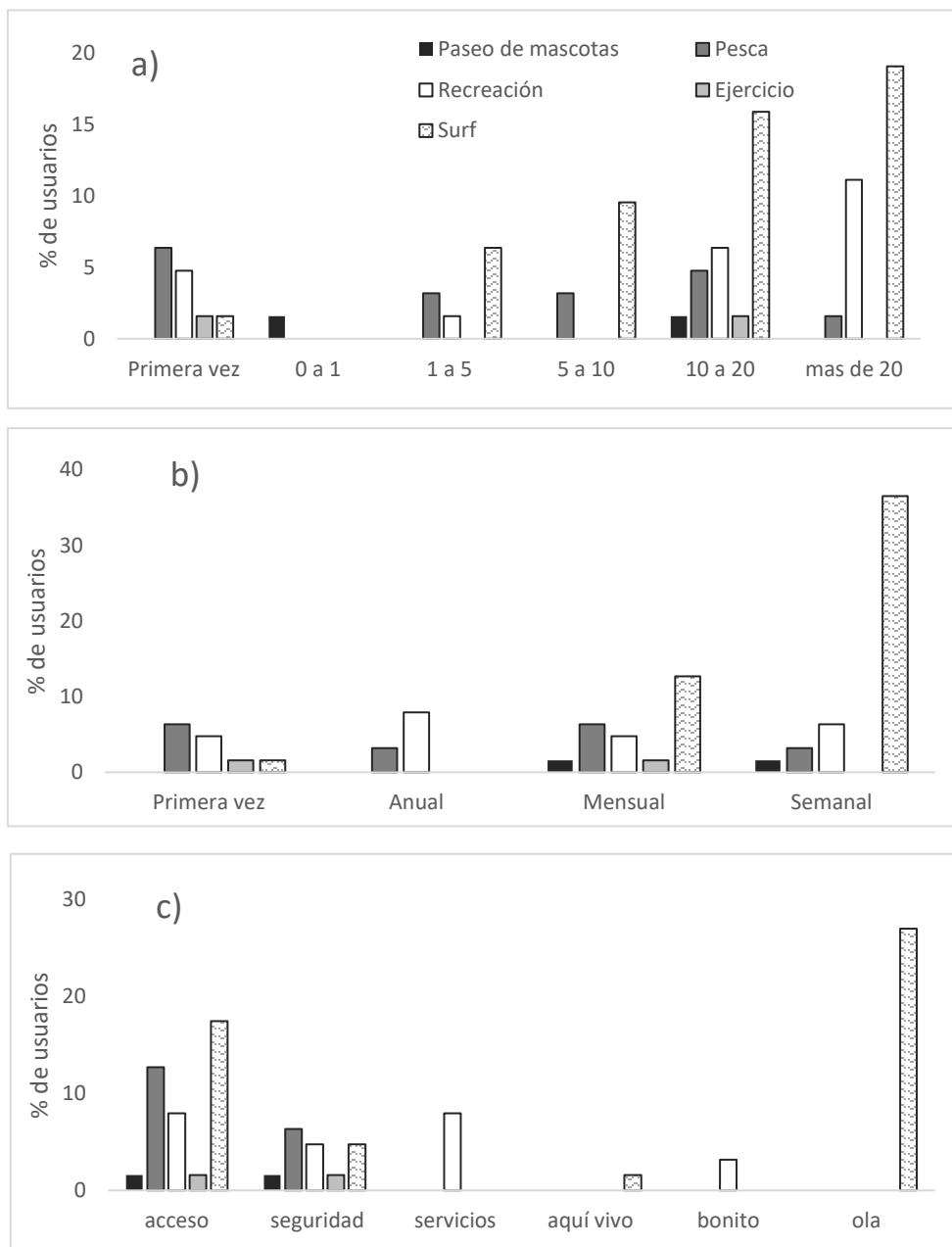


Figura 1. Principales actividades que se realizan en playa y porcentaje de usuarios que las realizan.

De igual manera, los surfistas son los usuarios con mayor tiempo de visita y mayor frecuencia de asistencia a la playa. El 19% lleva más de 20 años visitando la playa, y el 36% acude al menos una vez por semana. El 11% de los usuarios recreativos tienen más de 20 años visitando la playa, aunque su frecuencia de visita no es tan alta como la de los surfistas. Algunos pescadores también han sido usuarios de la playa por más de 10 años (4.7%) y la visitan al menos una vez al mes (6.34%). Sin embargo, la mayor parte de los pescadores son visitantes por primera vez (Figuras 2a y 2b). Entre los motivos por los cuales los usuarios visitan Playa San Miguel, el acceso y la seguridad

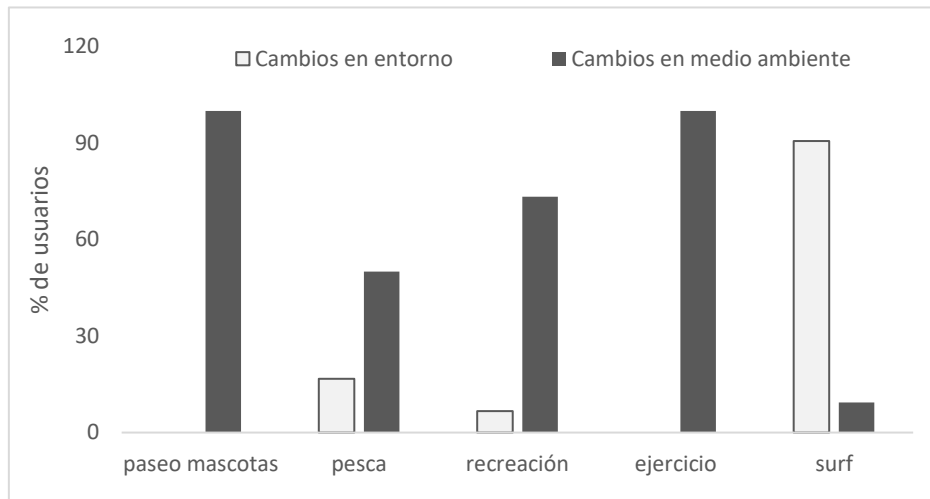
son los factores de mayor peso, seguidos por los servicios de baño y estacionamiento.



Solo los surfistas eligen principalmente esta playa por la ola (53%), aunque también por el acceso (34%) (Figura 2c).

Figura 2. Porcentaje de usuarios que visitan playa San Miguel: a) Antigüedad en años; b) frecuencia y c) motivo de la visita.

A los usuarios con más de 5 años visitando Playa San Miguel se les preguntó si habían notado cambios en el ecosistema y cuáles eran esos cambios. Sin embargo, con excepción de los surfistas, la mayoría señaló transformaciones en el entorno, como: 'hay más gente', 'la playa está más sucia', 'pusieron asadores', 'cerraron un baño', y 'hay mucho ruido'. En contraste, el 90% de los surfistas percibió cambios



específicamente ambientales, como: 'la ola se recorrió hacia la izquierda', 'ya no hay algas', 'se abrió la salida del arroyo', 'hay menos erizos', 'antes había muchos peces, caracoles, choros, langostas y abulones que sacábamos para comer, ahora no hay nada', o 'antes pasaban ballenas por aquí'".

Figura 3. Cambios en playa San Miguel que perciben los diferentes tipos de usuarios.

Para conocer el nivel de comprensión de los usuarios sobre el concepto de Área Marina Protegida (AMP) análogo a ANP marina en México, se les preguntó cuál consideraban que era la principal característica de una AMP. Las respuestas más comunes entre los distintos tipos de usuarios fueron que son zonas sin contaminación o áreas donde no se explotan los recursos. Un pequeño porcentaje mencionó que son zonas sin acceso; no obstante, un mayor porcentaje de surfistas (23.8%) y pescadores (8%) expresó que una AMP debería cumplir con todas estas características (figura 4).

Luego de explicar brevemente que existen distintos tipos de Áreas Marinas Protegidas (AMP) con objetivos y características variadas, se preguntó a los usuarios si estarían

de acuerdo en que Playa San Miguel se declarara AMP para conservar el ambiente marino y recuperar especies, manteniéndose como área recreativa de contacto con la naturaleza. Todos los usuarios (100%) respondieron afirmativamente.

Figura 4. Percepción de los diferentes tipos de usuarios respecto a la característica principal de una AMP

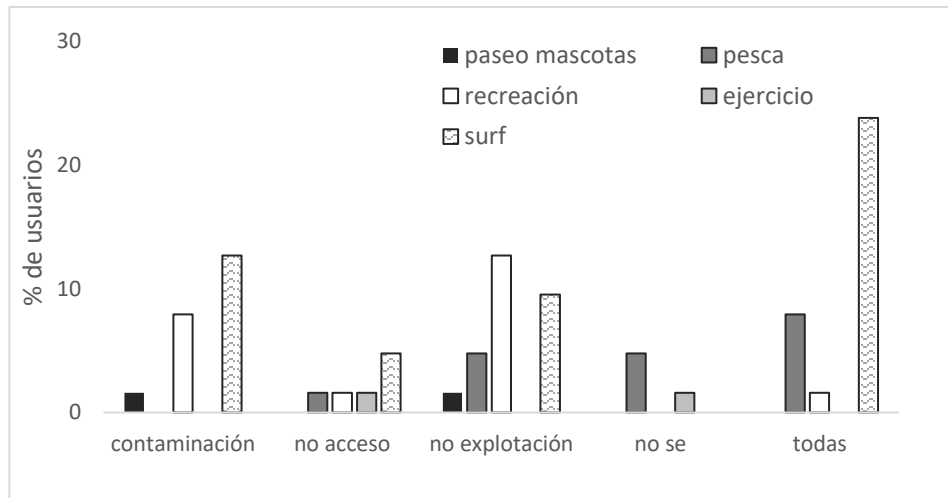


Figura 4. Percepción de los diferentes tipos de usuarios respecto a la característica principal de una AMP

Además, se les consultó si estarían dispuestos a participar en diversas actividades, como donaciones, monitoreo, vigilancia, talleres, limpiezas, y a respetar ciertas reglas (por ejemplo, zonas exclusivas para actividades, horarios restringidos, no uso de materiales como plástico de foam, vidrio y cigarrillos). Nuevamente, el 100% de los encuestados expresó su disposición a colaborar. Finalmente, al preguntarles sobre su apego hacia el sitio, todos respondieron que sí, incluyendo a quienes la visitaban por primera vez, con comentarios como: “amo San Miguel,” “esta playa es mi hogar,” y “mi vida no sería la misma sin esta playa.”

DISCUSIÓN

El estado actual de muchos ecosistemas marinos y la amenaza de extinción de especies que alguna vez fueron el sustento de importantes pesquerías es alarmante, demandando un esfuerzo serio para aplicar medidas legales que aseguren la

recuperación de las poblaciones y la conservación de los ecosistemas. Este contexto es particularmente relevante para el abulón negro y su hábitat en el intermareal rocoso de Baja California, México.

Las ANP marinas en México, como la RBIPPBC en la que se incluye a ITS, ofrecen un marco legal que en principio podría favorecer la conservación de especies, como el abulón negro. Esta ANP es la más reciente en el país. Con su establecimiento, se logró que el 22.3 % de su zona marina esté protegida, duplicando la Meta 11 del Convenio de Diversidad Biológica y ubicándose como líder mundial en superficie de áreas marinas protegidas (CONANP 2018). No obstante, los resultados obtenidos en este estudio sugieren que el alcance de esta ANP es limitado para proteger esta especie. Las zonas núcleo de Isla Todos Santos son exclusivas de las áreas terrestres, sin tener en cuenta sitios específicos para la recuperación de especies en peligro de extinción como el abulón negro. Si se buscara establecer una zona núcleo en ITS para la recuperación de la especie sería necesario emitir una nueva declaratoria, la cual debe ser expedida por el Poder Ejecutivo (DOF, 2022). Debido a que lo anterior es poco probable, los resultados de este estudio sugieren que una ZRP promovida por el concesionario de recursos bentónicos de la zona puede ser la estrategia más efectiva y eficaz para la recuperación de esa población.

Por otro lado, La Bufadora, otro sitio clave para la recuperación de abulón negro en Baja California (Ibarra-Macias y Montano-Moctezuma 2025), parece haberse autoprotegido, hasta cierto punto, gracias al control informal ejercido por la familia propietaria de las tierras circundantes, quienes con el interés de cuidar el ecosistema invierten en vigilancia constante del área. Este vínculo emocional del propietario representa un factor relevante para la protección del abulón negro en el sitio y muestra cómo los actores locales pueden jugar un rol crucial en la conservación; también sugiere que la efectividad de las AMPs puede depender del sentido de pertenencia y compromiso de las comunidades locales, más allá de los acuerdos legales (Rasheed 2020). Sin embargo, este caso también refleja las limitaciones que enfrentan las iniciativas comunitarias sin un respaldo institucional y legal adecuado.

Un aspecto fundamental que emerge de los resultados es la importancia del sentido de pertenencia de los usuarios hacia los sitios de conservación. Un claro ejemplo se refleja en San Miguel, en donde la población de abulón negro se encuentra en mal estado (Ibarra-Macias y Montano-Moctezuma 2025). Sin embargo, la playa es uno de los pocos sitios con acceso seguro y digno al mar, lo cual hace que sea valorada y apreciada por sus visitantes, quienes muestran una conexión emocional profunda con el lugar, particularmente la comunidad surfista quienes de la mano con OSCs han impulsado la conservación y cuidado de la playa (Arroyo et al., 2020). Si bien las comunidades locales pueden no tener una comprensión técnica completa de las herramientas legales, su disposición a involucrarse en actividades de conservación como vigilancia, monitoreo, donaciones, etc. puede ser un componente esencial para su éxito.

Cada herramienta legal que se analizó en este estudio ofrece una vía potencial para la recuperación del abulón negro y la conservación del intermareal rocoso en los sitios propuestos. En Isla Todos Santos, la designación de una ZRP permitiría establecer áreas de exclusión para especies críticas como el abulón negro, facilitando su repoblamiento en ausencia de presión pesquera, pero sobre todo, permitiendo la gestión participativa de la organización pesquera con concesión de aprovechamiento de recursos bentónicos (González-Medina et al. 2025). En La Bufadora, el uso de AD promovidos por actores locales, podría formalizar el compromiso de vigilancia y protección de la zona intermareal. Finalmente, en San Miguel, un AD, junto con una ZRP, pueden ser las herramientas que permitan que la cercanía a la comunidad y la identidad compartida por los usuarios sea el factor clave del éxito de una zona de conservación y manejo que se convierta en un modelo de conservación participativa, en donde los mismos usuarios promuevan y vigilen la zona protegida, especialmente la comunidad surfista. Estas herramientas pueden tener un efecto positivo en la conservación del abulón negro si se implementan de forma adecuada y cuentan con el respaldo de la comunidad.

Uno de los principales retos para la conservación del abulón negro y su hábitat intermareal en Baja California, identificados en este estudio, es la complejidad

burocrática, la insuficiencia de recursos, la falta de personal capacitado en las agencias de gobierno; así como escasa coordinación entre estas agencias encargadas del cuidado ambiental (SEMARNAT y CONANP) y aquellas responsables de la gestión de recursos pesqueros (CONAPESCA e IMIPAS); así como de los distintos niveles de gobierno —municipal, estatal y federal—. Lo anterior, ya ha sido identificado anteriormente como limitante para la creación y aplicación de AMP (Farga y Jesus 2008), en las que estos obstáculos dificultan la implementación de zonas núcleo y una vigilancia efectiva (Rife et al., 2012; OCEANA, 2021). Para superar estas barreras, es fundamental una colaboración estrecha entre el gobierno y la comunidad local, lo cual permitirá optimizar los recursos disponibles y fomentar una gestión participativa del entorno y medio ambiente marino.

El caso del abulón negro en Baja California puede servir como modelo para otras especies y ecosistemas costeros en México y la región. La combinación de herramientas legales, el apoyo de las comunidades y el respeto por el vínculo emocional de los usuarios con el entorno crea un enfoque integral y efectivo para la recuperación de especies en riesgo. Este enfoque reconoce que la conservación va más allá de la protección formal, y que el involucramiento directo de quienes utilizan y valoran el entorno puede facilitar la recuperación a largo plazo de los ecosistemas marinos (Polasky et al., 2019). La replicación de este modelo podría ser una estrategia viable para otros sitios que enfrentan retos similares de conservación y falta de recursos, contribuyendo al fortalecimiento de las iniciativas de protección marina en México.

CONCLUSIÓN

La protección del abulón negro y de su hábitat intermareal rocoso en Baja California exige una estrategia que combine el respaldo de herramientas legales con un profundo sentido de pertenencia y responsabilidad por parte de la comunidad local. La evidencia recopilada en este estudio sugiere que el éxito de las ANP y otras figuras de conservación depende no solo de los decretos oficiales, sino de la disposición de los usuarios a proteger y conservar el entorno que consideran parte de su identidad.

Fortalecer este vínculo entre los usuarios y el ecosistema es clave para lograr una conservación efectiva y sostenible, en donde los humanos y el ambiente marino puedan coexistir y beneficiarse mutuamente.

REFERENCIAS

Lotze, H. K., Lenihan, H. S., Bourque, B. J., Bradbury, R. H., Cooke, R. G., Kay, M. C., Kidwell, S. M., Kirby, M. X., Peterson, C. H., & Jackson, J. B. C. (2006). Depletion, degradation, and recovery potential of estuaries and coastal seas. *Science*, *312*(5781), 1806–1809.

O'Hara, C. C., & Halpern, B. S. (2022). Anticipating the future of the world's ocean. *Annual Review of Environment and Resources*, *47*, 291–315. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-120120-053645>

Halpern, B. S., Walbridge, S., Selkoe, K. A., Kappel, C. V., Micheli, F., D'Agrosa, C., ... Watson, R. (2008). A global map of human impact on marine ecosystems. *Science*, *319*(5865), 948–952. <https://doi.org/10.1126/science.1149345>

Halpern, B. S., Frazier, M., Potapenko, J., Casey, K. S., Koenig, K., Longo, C., ... Walbridge, S. (2015). Spatial and temporal changes in cumulative human impacts on the world's ocean. *Nature Communications*, *6*, 7615. <https://doi.org/10.1038/ncomms8615>

Miner, C. M., Altstatt, J. M., Raimondi, P. T., & Minchinton, T. E. (2006). Recruitment and shifts in community structure following mass mortality limit recovery prospects of black abalone. *Marine Ecology Progress Series*, *327*, 107. <https://doi.org/10.3354/meps327107>

Neuman, M., Tissot, B. N., & VanBlaricom, G. (2010). Overall status and threats assessment of black abalone (*Haliotis cracherodii* Leach, 1814) populations in California. *Journal of Shellfish Research*, 29, 577–586. <https://doi.org/10.2983/035.029.0305>

Peters, H., & Rogers-Bennett, L. (2021). *Haliotis cracherodii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T41880A78775277. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-3.RLTS.T41880A7877527>

Micheli, F., Saenz-Arroyo, A., Greenley, A., Vázquez, L., Espinoza Montes, J. A., Rossetto, M., & De Leo, G. A. (2012). Evidence that marine reserves enhance resilience to climatic impacts. *PLoS ONE*, 7(7), e40832. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0040832>

Aburto-Oropeza, O., Erisman, B., Galland, G. R., Mascareñas-Osorio, I., Sala, E., & Ezcurra, E. (2011). Large recovery of fish biomass in a no-take marine reserve. *PLoS ONE*, 6(e23601). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0023601>

Kerwath, S. E., Winker, H., Gotz, A., & Attwood, C. G. (2013). Marine protected area improves yield without disadvantaging fishers. *Nature Communications*, 4, 2347. <https://doi.org/10.1038/ncomms2347>

Gaines, S. D., White, C., Carr, M. H., & Palumbi, S. R. (2010). Designing marine reserve networks for both conservation and fisheries management. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(43), 18286–18293. <https://doi.org/10.1073/pnas.0906473107>

Ban, N. C., Gurney, G. G., Marshall, N. A., Whitney, C. K., Mills, M., Gelcich, S., Bennett, N. J., Meehan, M. C., Butler, C., & Ban, S. (2019). Well-being outcomes of marine protected areas. *Nature Sustainability*, 2(6), 524. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0306-2>

Halpern, B. S. (2003). The impact of marine reserves: Do reserves work and does reserve size matter? *Ecological Applications*, 13(S1), S117–S137.

Arafeh-Dalmau, N., Munguia-Vega, A., Micheli, F., Vilalta-Navas, A., Villaseñor-Derbez, J. C., Précoma-de la Mora, M., Schoeman, D. S., Medellín-Ortíz, A., Cavanaugh, K. C., Sosa-Nishizaki, O., Burnham, T. L., Knight, C. J., Woodson, C. B., Abas, M., Abadía-Cardoso, A., Aburto-Oropeza, O., Esgro, M. W., Espinosa-Andrade, N., Beas-Luna, R., ... Possingham, H. P. (2022). Towards transboundary networks of climate-smart marine reserves in the Southern California Bight. *bioRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2022.01.04.475006>

Ballantine, B. (2014). Fifty years on: Lessons from marine reserves in New Zealand and principles for a worldwide network. *Biological Conservation*, 176, 297–307. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.01.014>

Fernández, M., & Castilla, J. C. (2005). Marine conservation in Chile: Historical perspective, lessons, and challenges. *Conservation Biology*, 19(6), 1752–1762. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00277.x>

Rife, A. N., Erisman, B., Sanchez, A., & Aburto-Oropeza, O. (2013). When good intentions are not enough: Insights on networks of “paper park” marine protected areas. *Conservation Letters*, 6(3), 200–212. <https://doi.org/10.1111/j.1755-263x.2012.00303.x>

Saarman, E., Gleason, M., Ugoretz, J., Airamé, S., Carr, M., Fox, E., ... Vasques, J. (2013). The role of science in supporting marine protected area network planning and design in California. *Ocean & Coastal Management*, 74, 45–56. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2012.08.021>

DOF. (2013). *Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2013-2018 (PROMARNAT)*. Secretaría de Gobernación, Estados Unidos Mexicanos. Diario Oficial de la Federación, 12 de diciembre de 2013. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5326214&fecha=12/12/2013#gsc.tab=0

CBD. (2010). Decision adopted by the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity at its tenth meeting. Decision X/2. Strategic plan for biodiversity 2011–2020.

Saarman, E. T., & Carr, M. H. (2013). The California Marine Life Protection Act: A balance of top-down and bottom-up governance in MPA planning. *Marine Policy*, *41*, 41–49. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2012.12.007>

Ferreira, A., Seixas, S., & Marques, J. C. (2015). Bottom-up management approach to coastal marine protected areas in Portugal. *Ocean & Coastal Management*, *118*, 275–281. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.07.017>

Giakoumi, S., McGowan, J., Mills, M., Beger, M., Bustamante, R. H., Charles, A., ... Possingham, H. P. (2018). Revisiting “success” and “failure” of marine protected areas: A conservation scientist perspective. *Frontiers in Marine Science*, *5*, 223. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00223>

Paine, R. T. (1966). Food web complexity and species diversity. *American Naturalist*, *100*(910), 65–75. <https://doi.org/10.1086/282400>

Ibarra-Macías, B., & Montaña-Moctezuma, G. (2025). Black abalone status in Baja California: Are there recovery signals for a sustainable harvest? *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*.

Palumbi, S. R., McLeod, K. L., & Grünbaum, D. (2008). Ecosystems in action: Lessons from marine ecology about recovery, resistance, and reversibility. *BioScience*, *58*(1), 33–42. <https://doi.org/10.1641/B580108>

Neubauer, P., Jensen, O. P., Hutchings, J. A., & Baum, J. K. (2013). Resilience and recovery of overexploited marine populations. *Science*, *340*(6130), 347–349. <https://doi.org/10.1126/science.1230441>

Danemann, G., Puig, J., Caloca, G., Arroyo, M., Rojas, X., & Cordero, G. (2021). *Estudio previo justificativo para el establecimiento del Área Natural Protegida competencia del Estado de Baja California Parque Estatal “Arroyo San Miguel”*,

Municipio de Ensenada, Baja California. Documento técnico preparado para la Secretaría de Economía Sustentable y Turismo del Estado de Baja California. Pronatura Noroeste A.C.

SEMARNAT. (2018). Acciones ambientales: Nuestro país cumple por adelantado y rebasa la meta 11 de Aichi. En *Gob.mx*. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/accionesambientales-nuestro-pais-cumple-por-adelantado-y-rebasa-la-meta-11-de-aichi>

Rasheed, A. R. (2020). Marine protected areas and human well-being: A systematic review and recommendations. *Ecosystem Services*, 41, 101048. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2019.101048>

Lin, C.-C., & Lockwood, M. (2014). Forms and sources of place attachment: Evidence from two protected areas. *Geoforum*, 53, 74–81. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2014.02.007>

Arroyo, A., Levine, M., & Espejel, I. (2019). A transdisciplinary framework proposal for surf break conservation and management: Bahía de Todos Santos World Surfing Reserve. *Ocean & Coastal Management*, 168, 197–211. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.10.022>

Arroyo, A., Levine, M., Brenner, L., Seingier, G., Leyva, C., & Espejel, I. (2020). Indicators to measure pressure, state, impact and responses of surf breaks: The case of Bahía de Todos Santos World Surfing Reserve. *Ocean & Coastal Management*, 194, 105252. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105252>

Farga, J., & Jesus, A. (2008). Coastal and marine protected areas in Mexico. *International Collective in Support of Fishwork*. http://www.icsf.net/images/monographs/pdf/english/issue_92/92_all.pdf

Ferse, S. C. A., Mañez Costa, M., Mañez, K. S., Adhuri, D. S., & Glaser, M. (2010). Allies, not aliens: Increasing the role of local communities in marine protected area

implementation. *Environmental Conservation*, 37(1), 23–34.
<https://doi.org/10.1017/S0376892910000172>

OCEANA. (2021). ANP marinas, insuficientes para proteger manglares y arrecifes. *Informe*. <https://mx.oceana.org/reports/anp-garantia-de-proteccion-de-los-habitats-marinos/>

Barbier, E. B., Baumgärtner, S., Chopra, K., Costello, C., Duraiappah, A., Hassan, R., Kinzig, A., Lehman, M., Pascual, U., Polasky, S., & Perrings, C. (2009). The valuation of ecosystem services. En S. Naeem, D. E. Bunker, A. Hector, M. Loreau, & C. Perrings (Eds.), *Biodiversity, ecosystem functioning, and human wellbeing: An ecological and economic perspective* (pp. 248–262). Oxford University Press.

Yates, K. L., Clarke, B., & Thurstan, R. H. (2019). *Purpose vs performance: What does marine protected area success look like?* *Environmental Science & Policy*, 92, 76–86. doi:10.1016/j.envsci.2018.11.012

Kelleher, G., Kenchington, R., 1992. Guidelines for establishing Marine protected areas. A. Marine Conservation and Development Report. IUCN, Gland, Switzerland.

7. DISCUSIÓN GENERAL

La recuperación del abulón negro (*Haliotis cracherodii*) y la conservación de su hábitat intermareal en Baja California presentan retos significativos, debido a las densidades críticamente bajas de sus poblaciones, las amenazas derivadas de disturbios humanos y la complejidad de implementar herramientas legales de conservación (Ibarra-Macías y Montaña-Moctezuma 2025). Este estudio adopta un enfoque **interdisciplinario** para abordar estos desafíos, integrando evaluaciones científicas, estrategias legales y participación comunitaria como elementos clave.

En términos biológicos, los resultados del primer capítulo revelan que, aunque se han identificado señales de recuperación en sitios como La Bufadora y Faro San José, la mayoría de las densidades poblacionales se encuentran por debajo del umbral necesario para garantizar una reproducción exitosa (Miner et al., 2006; Neuman et al., 2010). Estos hallazgos subrayan la necesidad de un manejo integral que considere tanto la conectividad entre las poblaciones como las condiciones específicas de cada sitio. La limitada dispersión larval y el flujo genético restringido entre las poblaciones del norte y el sur de Baja California (Cepeda-Ochoa, 2019), destacan la importancia de preservar altas densidades de adultos en sitios críticos como Faro San José, en donde la recuperación dependerá de estrategias locales de conservación. Además, los patrones de reclutamiento observados en ciertos sitios reflejan que, aunque existe un potencial de recuperación, las tasas de supervivencia hasta la adultez son bajas, probablemente debido a la pesca furtiva y a la prevalencia del síndrome de debilitamiento (*Withering Syndrome*).

Desde una perspectiva legal, el segundo capítulo evidencia que las herramientas disponibles en la legislación mexicana, como las Áreas Naturales Protegidas (ANP), los Acuerdos de Destino (AD) y las Zonas de Refugio Pesquero (ZRP), tienen un gran potencial para contribuir a la recuperación del abulón negro. Sin embargo, su implementación enfrenta barreras burocráticas, falta de coordinación entre las autoridades ambientales y pesqueras, y recursos insuficientes para garantizar una vigilancia efectiva. Este estudio resalta que el éxito de estas herramientas depende no solo de su diseño técnico, sino también del compromiso y la participación de las

comunidades locales. Ejemplos como el control informal ejercido en La Bufadora por propietarios locales y las iniciativas comunitarias lideradas por surfistas y organizaciones sociales en San Miguel demuestran que, un fuerte vínculo emocional y un sentido de pertenencia hacia el entorno pueden potenciar las acciones de conservación, incluso cuando las estructuras legales y administrativas son limitadas.

Una lección clave derivada de este análisis es que la conservación efectiva requiere un enfoque integral que trascienda los decretos formales. La experiencia de algunos casos de éxito en Baja California como los reportados por Aburto et al. (2011) y Michelli et al., (2012) y los resultados de este estudio muestran que la combinación de herramientas legales con el involucramiento directo de los usuarios y comunidades permite superar limitaciones tradicionales, como la falta de recursos y la complejidad administrativa.

Por ejemplo, la implementación de una ZRP en Isla Todos Santos podría facilitar la exclusión de presiones pesqueras en áreas críticas, mientras que un AD en La Bufadora formalizaría el compromiso comunitario existente para la vigilancia y protección del hábitat intermareal. En San Miguel, la combinación de un AD y una ZRP podría fomentar un modelo de conservación participativo, donde los usuarios locales sean protagonistas en la protección y recuperación de los ecosistemas.

8. CONCLUSIONES GENERALES

El caso del abulón negro en Baja California ofrece un modelo replicable para la recuperación de otras especies y ecosistemas costeros en México. Este enfoque reconoce la interdependencia entre los esfuerzos científicos, legales y sociales, promoviendo una conservación sostenible basada en la cooperación entre actores clave y en el fortalecimiento del vínculo entre los humanos y su entorno. La creación de un marco de colaboración efectiva entre el gobierno, las comunidades locales y las organizaciones no gubernamentales es esencial para garantizar que las estrategias de conservación logren un impacto duradero en la biodiversidad marina y en el bienestar de las comunidades costeras.

