

RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE BATOIDEOS DE LA ISLA ESPÍRITU SANTO, GOLFO DE CALIFORNIA

YANET SEPÚLVEDA DE LA ROSA, VÍCTOR H. CRUZ ESCALONA, LOREM
GONZÁLEZ-GONZÁLEZ, XCHEL PÉREZ PALAFOX, PAOLA MEJÍA FALLA Y
ANDRÉS FELIPE NAVIA



Palabras clave: Batoideos, pesca artesanal, abundancia, riqueza, vulnerabilidad, resiliencia, Isla Espíritu Santo, Golfo de California.

Keywords: Batoids, artisanal fishing, abundance, richness, vulnerability, resilience, Espíritu Santo Island, Gulf of California.

RESUMEN

El Golfo de California alberga una extraordinaria diversidad y abundancia de peces batoideos, también conocidos como rayas y mantarrayas. La pesca artesanal de estos organismos es una actividad sumamente importante para el desarrollo socioeconómico del país y la participación de sus integrantes representa un valioso aporte para los estudios de fauna marina. Por esta razón, el presente trabajo se enfocó en estudiar por primera vez la abundancia y riqueza de batoideos que son capturados regularmente por la pesca artesanal en la Isla Espíritu Santo y, además, determinar cuales de estas especies se encuentran categorizadas como vulnerables y cuales podrían presentar mayor resiliencia ante presiones pesqueras. De las 13 especies de batoideos previamente reportadas para la Isla Espíritu Santo, se adicionaron cuatro especies nunca antes registradas en la región: la raya de Vélez (*Rostroraja velezi*), la raya guitarra punteada (*Pseudobatos glaucostigmus*), la raya redonda de Cortéz (*Urobatis maculatus*) y la manta mobula (*Mobula mobular*). Además, se determinaron cuatro especies dominantes: la manta enana (*Mobula munkiana*), la raya diamante (*Hypanus dipterurus*), la raya eléctrica (*Narcine entemedor*) y la raya tecolote o chucho (*Rhinoptera steindachneri*), de las cuales se sugiere que la raya tecolote podría presentar una mayor vulnerabilidad ante las presiones pesqueras, mientras que la raya eléctrica una mayor resiliencia. Este trabajo representa una importante contribución al conocimiento de la abundancia y riqueza de batoideos en la Isla Espíritu Santo y para el manejo efectivo de los recursos pesqueros y la conservación de especies marinas. Sugerimos seguir estudiando estos organismos para determinar sus niveles de resiliencia y vulnerabilidad con el fin de mejorar los sistemas de control de pesquerías y evitar la sobreexplotación de especies marinas.

ABSTRACT

The Gulf of California is home to an extraordinary diversity and abundance of batoid fishes, also known as stingrays and rays. The artisanal fishing of batoids in this region is an important activity that contributes to Mexico's socio-economic development, and fishermen's participation represents a valuable contribution to the studies of marine fauna. For this reason, the present work focuses on assessing for the first time the abundance and richness of batoids that are regularly caught by artisanal fisheries in the Espíritu Santo Island and determining which species are currently categorized as vulnerable and which could present greater resilience to fishing pressures. Of the 13 species of batoids previously reported for the Island of Espíritu Santo, four species, *Rostroraja velezi*, *Pseudobatos glaucostigmus*, *Urobatis maculatus* and *Mobula mobular*, were incorporated to the list and four dominant species were determined: the pygmy devil ray (*Mobula munkiana*), the diamond stingray (*Hypanus dipterurus*), the Cortez electric stingray (*Narcine entemedor*) and the Pacific cownose ray (*Rhinoptera steindachneri*). Of these species, the Pacific cownose ray is suggested to exhibit a higher vulnerability toward the pressure of fisheries and other human activities, while the Cortez electric stingray is considered to possess greater resilience. This work represents a significant contribution to the knowledge of the abundance and richness of marine species in the Espíritu Santo Island and to the conservation of marine batoids and the effective management of fishery resources. We suggest to continue studying these organisms to determine the levels of resilience and vulnerability to improve fisheries control systems and avoid overexploitation of marine species.



Figura 1. Los batoideos, también conocidos como rayas y mantarrayas, contribuyen al funcionamiento de los ecosistemas costeros y pelágicos. Crédito: Adam Wyman.

INTRODUCCIÓN

Los océanos son esenciales para la existencia de la vida en el planeta, ya que cubren alrededor del 70.8% de toda la superficie terrestre y producen cerca de la mitad del oxígeno que respiramos (Snelgrove, 1999). Estos importantes cuerpos de agua también son participantes activos en la regulación del clima y en el ciclo del carbono, absorbiendo una enorme cantidad del dióxido de carbono que generamos diariamente (Heinze *et al.*, 2015). Sus aguas son refugio temporal y permanente de millones de especies, desde diminutos organismos invisibles al ojo humano hasta el mamífero más grande registrado en la historia. Por lo tanto, conocerlos, explorarlos y aprovechar los recursos que nos aportan de manera sostenible es y será esencial para conservar su inmensa pero finita biodiversidad.

México es considerado uno de los países con mayor diversidad marina (CONABIO *et al.*, 2007), resultado de su ubicación geográfica y particulares características fisiográficas, hidrológicas y biológicas (Benítez y Bellot, 2007). Su territorio se encuentra rodeado por dos océanos: en el oeste por el Océano Pacífico y en el este por el Atlántico. El Océano Pacífico cuenta con una importante extensión conocida como el Golfo de California, también llamado Mar de Cortés y bautizado como 'El Acuario del Mundo' por el explorador Jacques-Yves Cousteau.

El Golfo de California, un mar ciento por ciento mexicano compuesto por más de 900 islas e islotes (CONANP, 2020), se ubica al noroeste de México entre la península de Baja California y los estados de

Sonora y Sinaloa. Esta región resalta por sus aguas altamente productivas que albergan una extraordinaria diversidad y abundancia de especies marinas (Brusca, 2010), entre ellas un grupo de vertebrados llamados elasmobranquios, que incluye a los tiburones y batoideos. Estos últimos, también conocidos como rayas y mantarrayas, cuentan con un esqueleto formado por cartílago y están perfectamente adaptados a zonas costeras tanto pelágicas como bentónicas.

Los batoideos desempeñan funciones ecológicas sumamente importantes ya que contribuyen al funcionamiento de los ecosistemas costeros y pelágicos (Ferretti *et al.*, 2010) y a la dinámica y estructura de comunidades bentónicas (VanBlaricom, 1982). Además, algunas especies constituyen un importante componente de los recursos pesqueros (Rocha-González, 2018) a nivel global. Estos interesantes atributos han captado la atención de pescadores desde principios de los años noventa, posicionando a México como el país con las mayores pesquerías de elasmobranquios en América (Bonfil, 1994) y al Golfo de California como la región con mayor producción pesquera del país (Brusca, 2010).

LA PESQUERÍA ARTESANAL RIBEREÑA

La pesca artesanal es un tipo de pesca tradicional de baja escala que utiliza embarcaciones menores a 15 metros (FAO, 1986) y pocos recursos y tecnologías para la captura de organismos marinos para consumo humano (García, 2009). Esta actividad desempeña un papel fundamental en la generación de ingresos a nivel

local y nacional y contribuye a brindar alimento a miles de mexicanos (Fernández-Rivera, 2018).

La pesca artesanal de batoideos en el Golfo de California ha evolucionado significativamente durante las últimas décadas (Márquez-Farías y Blanco-Parra, 2006), generando empleos en diversas áreas, desde la captura de organismos y comercialización de productos hasta la fabricación y distribución de materiales (DOF, 2007). Por lo tanto, esta región cuenta con áreas dedicadas específicamente a la pesca, consideradas entre las más importantes en México (Lluch-Cota *et al.*, 2007) y constituyen una actividad fundamental para su desarrollo económico, social y cultural.

Esta actividad se practica en varias islas del Golfo de California, especialmente en aquellas con alta abundancia de organismos marinos, como la Isla Espíritu Santo. Esta región es conocida por su increíble riqueza biológica y se destaca por ser una de las áreas con mayor diversidad de peces de importancia ecológica y económica. Su singular topografía presenta distintivas montañas submarinas y extensos arrecifes rocosos que se transforman en hábitat, refugio y zonas de reproducción, crianza y alimentación de numerosos organismos marinos. Esto, junto con las corrientes marinas que contribuyen al movimiento de nutrientes y enriquecen las aguas de la isla, favorecen la riqueza de especies en esta zona (Del Moral-Flores, 2010).

En áreas tan ricas como la Isla Espíritu Santo, la pesca suele ser considerada como un enemigo para la

biodiversidad debido al impacto negativo que puede tener en la fauna marina y sus hábitats (Ehemann *et al.*, 2000) ya que suele haber una constante y desmedida actividad de captura (Cinner y McClanahan, 2006). Sin embargo, esto no es siempre acertado para la pesca artesanal, ya que es considerada como una actividad que utiliza, en cierta medida, los recursos de manera sostenible (FAO, 2016), un factor fundamental para la conservación de la biodiversidad marina.

Para conservar una especie, es esencial conocer su historia de vida, la cual está definida por características biológicas tales como el crecimiento, maduración, reproducción y longevidad; y en general, por la interacción entre ellos. Para entender la evolución de estas importantes historias de vida, se han propuesto estrategias como los modelos estructurados por edades o estadios de desarrollo, los cuales consideran información básica como edad, crecimiento, mortalidad y fecundidad (Ramírez, 2002). A partir de esto, es posible evaluar el efecto que tienen algunas actividades humanas, como la explotación pesquera, sobre el crecimiento de una población y determinar con mayor precisión el papel que juegan los atributos de historia de vida ante efectos como la pesca (FAO, 2003).

Una pesca sostenible asegura que las poblaciones de fauna se mantengan en niveles óptimos para asegurar su sobrevivencia y, al mismo tiempo, que los ecosistemas en donde habitan se conserven sanos y productivos (Hilborn, 2005). De esta manera, los pescadores artesanales pueden transformarse en aliados al otorgárseles un rol en



Figura 2. Isla Espíritu Santo, Golfo de California, BCS. Crédito: Sin créditos de autor.

las acciones de manejo para la protección y mantenimiento de sus propios recursos (Campredon y Cuq, 2001). El conocimiento y la práctica de los pescadores artesanales cumplen un papel esencial en las investigaciones de campo. Su vasto conocimiento empírico, obtenido mediante años de convivencia con el océano y sus habitantes, representa un valioso aporte al conocimiento científico, especialmente en estudios de batoideos que, aunque se han incrementado en años recientes (Burgos-Vázquez et al., 2017) continúan siendo subexplorados.

Debido a esto, nuestro equipo científico del Departamento de Pesquerías y Biología Marina del Instituto Politécnico Nacional de México en conjunto con la Fundación SQUALUS y WCS Colombia, se adentró a un área de esta importante zona para estudiar por primera vez la abundancia y riqueza de batoideos que son capturados regularmente por la pesca artesanal. Además, investigamos cuales especies presentan una mayor vulnerabilidad ante las presiones pesqueras y aquellas que poseen una mayor resiliencia para poder evaluar el efecto que tienen dichas actividades humanas sobre sus poblaciones (Del Valle González-González et al., 2020).

MÉTODOLÓGICA Y ZONA DE ESTUDIO

La Isla Espíritu Santo pertenece al complejo Insular Espíritu Santo, un Área Natural Protegida ubicada en el Golfo de California, frente a las costas de La Paz, Baja California Sur. La investigación fue llevada a cabo en la zona sur y sureste de esta isla, frecuentada por pescadores ribereños para la pesca de batoideos y tiburones.

Durante esta investigación, se documentó de forma precisa las especies que son capturadas con mayor frecuencia por los pescadores ribereños de la Bahía de la Paz, BCS, durante poco más de dos años consecutivos. Para esto, se realizaron acompañamientos a los viajes de pesca con uno de los pescadores más experimentados de la región: Don Juan Higuera, ocasionalmente acompañado por su esposa y su nieto Daniel – quien aprendió de él y decidió continuar practicando esta importante labor.

La pesca artesanal no es tarea fácil, ya que requiere de extensa mano de obra y tiempos de actividad prolongados (Urciaga et al., 2009). A través de años de experiencia, Don Juan Higuera ha desarrollado y perfeccionado todo un proceso metódico de captura. En los caladeros de pesca, Don Juan extiende las redes utilizadas para esta actividad, conocidas coloquialmente como chinchorros agalleros, los cuales son tendidos durante el atardecer y recuperados durante las primeras horas del siguiente día.

Una vez recuperados los equipos de pesca, Don Juan separa de la captura aquellas especies que legalmente están permitidas capturar, mientras que aquellas que están protegidas por leyes internacionales y nacionales son puestas en libertad lo más pronto posible y devueltas vivas al mar. Una vez separadas las especies de interés, cada individuo es identificado, contabilizado,

sexado (por la presencia de órganos copuladores del macho), pesado y medido por el grupo de biólogos que participan en los acompañamientos de pesca.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE BATOIDEOS EN LA ISLA ESPÍRITU SANTO

La abundancia de una especie es uno de los parámetros más relevantes en los modelos de captura y recaptura (Chao, 2001) y un factor esencial en la mayoría de los programas que involucran manejo y conservación de poblaciones de fauna (Nichols y MacKenzie, 2004). Los estudios de abundancia y riqueza de batoideos en México han reportado 36 especies en total, de las cuales 31 se encuentran distribuidas en la Bahía de la Paz (Burgos-Vázquez et al., 2017).

En el 2017, se creía que habitaban solamente 13 especies de batoideos en la Isla Espíritu Santo (Ehemann et al., 2017). Sin embargo, de acuerdo a los resultados de este estudio, se sumaron cuatro especies al elenco: la raya de Vélez o bruja (*Rostoraja velezi*), la raya guitarra punteada (*Pseudobatos glaucostigmus*), la raya redonda de Cortéz (*Urobatis maculatus*) y la manta mobula (*Mobula mobular*), siendo un total de 17 especies las que habitan en las productivas aguas de esta isla. Esto posiciona a la Isla Espíritu Santo como la isla con mayor riqueza de especies de batoideos en todo el Golfo de California, seguida por la Isla Cerralvo que alberga un total de 13 especies (Del Moral-Flores et al., 2013).

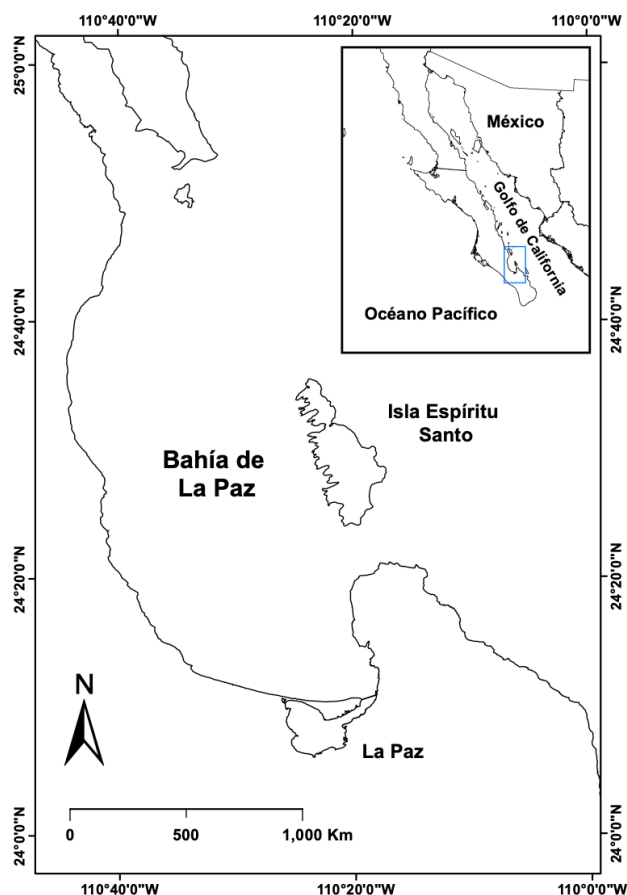


Figura 3. Zona de estudio: Isla Espíritu Santo, Golfo de California. Crédito: Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional.

En poco más de 20 viajes de pesca se capturaron más de 2000 ejemplares, esto es, un promedio de 100 ejemplares por viaje de pesca (aunque hay ocasiones en los que Don Juan regresa sin producto a La Paz), pertenecientes a cuatro órdenes, 10 familias, 10 géneros y 15 especies, revelando la sorprendente diversidad de batoideos que habitan en la Isla Espíritu Santo.

El orden mejor representado fue Myliobatiformes, con seis familias, seis géneros y 11 especies habitando en esta zona. Dentro de este orden, fue el género *Urobatis* quien contribuyó con el mayor número de especies, con tres representantes. Estas especies son sumamente importantes en el funcionamiento del ecosistema, ya que desempeñan un rol importante como depredadores bentónicos (Oñate et al., 2017). Sin embargo, las rayas de este género no tienen importancia comercial, por lo cual no son aprovechadas por los pescadores artesanales.

Los resultados también revelaron que existen especies dominantes dentro de la Isla Espíritu Santo que predominan durante todo el año, con variaciones estacionales en su abundancia. Estas especies son: la manta enana (*Mobula munkiana*), la raya diamante (*Hypanus dipterurus*), la raya eléctrica (*Narcine entemedor*) y la raya tecolote o chucho (*Rhinoptera steindachneri*). La variación estacional de estos organismos podría deberse a diversos factores, entre ellos los cambios temporales significativos que impactan a las islas del Golfo de California, afectando la temperatura, salinidad y productividad de sus aguas (Thunell, 1998) y, asimismo, la distribución y ecología de sus habitantes marinos (Villegas-Amtmann et al., 2011).

PESQUERÍAS SOSTENIBLES PARA LA PROTECCIÓN DE BATOIDEOS

Aunque la pesca artesanal representa un elemento importante para mantener la capacidad alimentaria y disminuir la pobreza (FAO, 2016), puede significar una amenaza para especies de batoideos cuyas poblaciones son vulnerables a la sobreexplotación (Sys, 2019). Por esta razón, es esencial estudiar los niveles de resiliencia y vulnerabilidad de las especies de batoideos distribuidas en el Golfo de California y determinar cuáles especies se encuentran clasificadas como vulnerables o amenazadas.

La resiliencia de una especie se centra en la habilidad de los individuos de continuar su función ecológica aún después de pasar por una presión o disturbio (Zaccarelli y Zurlini, 2008). Entender la resiliencia de una especie, ya sea para fines de investigación o desarrollo de planes de manejo, es fundamental para comprender el tipo de amenaza, presión o estresor (Hobfoll et al., 2016) que pueda afectar la estabilidad de sus poblaciones.

De las cuatro especies dominantes de la isla, la manta enana, representando casi el 75% de la captura total de las especies presentes, es la única clasificada



Figura 4. Don Juan durante el proceso de pesca. Crédito: Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional.

ORDEN/Familia/Especie	N	Peso (kg)			Talla (cm)	
		Total	Min-Max	±SD	Min-Max	±SD
MYLIOBATIFORMES						
Dasyatidae						
<i>Hypanus dipterurus</i> (Jordan & Gilbert, 1880)	636	3604.4	0.9-35.3	5.7 ±4.1	28.1-89 AD	48.0 ±16.1
<i>Hypanus longus</i> (Garman, 1880)	54	469.1	1.1-36.6	8.7 ±3.5	30.3-110 AD	63.5 ±16.3
Gymnuridae						
<i>Gymnura marmorata</i> (Cooper, 1864)	12	34.4	0.5-8.2	2.9 ±2.5	38-93 AD	59.9 ±18.3
Mobulidae						
<i>Mobula munkiana</i> Notarbartolo-di-Sciara 1987	723	2264.8	0.6-17.0	3.1 ±2.0	41.1-112 AD	64.0 ±10.2
<i>Mobula mobular</i> (Bonnaterre, 1788)	1	9.9	-	-	107.6 AD	-
Myliobatidae						
<i>Myliobatis longirostris</i> Applegate & Fitch, 1964	16	81.4	1.0-11.8	5.1 ±3.0	42-97 AD	70.1 ±15.6
<i>Myliobatis californicus</i> Gill, 1865	5	10.1	0.8-3.1	2.0 ±1.0	39.2-60.5 AD	52.1 ±18.3
Rhinopteridae						
<i>Rhinoptera steindachneri</i> Evermann & Jenkins, 1891	169	879.6	2.2-14.9	5.2 ±3.2	54-91.6 AD	69.1 ±16.6
Urotrygonidae						
<i>Urobatis halleri</i> (Cooper, 1863)	12	11.2	0.4-1.7	0.9 ±3.2	20-29 AD	23.5 ±2.8
<i>Urobatis concentricus</i> Osburn & Nichols, 1916	8	12.8	0.7-2.7	1.6 ±0.6	26.5-37.6 AD	31.5 ±3.9
<i>Urobatis maculatus</i> Garman, 1913	6	3.5	0.2-0.9	0.5 ±0.2	18.7-24.3 AD	21.7 ±2.4
RAJIFORMES						
Rajidae						
<i>Rostroraja velezi</i> (Chirichigno F., 1973)	5	17.0	2.2-5.2	3.4 ±1.2	56.5-68.0 AD	61.7 ±5.4
RHINOPRISTIFORMES						
Rhinobatidae						
<i>Pseudobatos glaucostigmus</i> (Jordan & Gilbert, 1883)	26	30.2	0.7-1.8	1.2 ±0.6	59.5-75 LT	68.8 ±3.6
Trygonorrhinidae						
<i>Zapteryx exasperata</i> (Jordan & Gilbert, 1880)	59	107	1.3-3.2	1.8 ±0.3	64.5-80.4 LT	73.2 ±3.4
TORPEDINIFORMES						
Narcinidae						
<i>Narcine entemedor</i> Jordan & Starks, 1895	251	748.4	0.8-6.4	3.0 ±1.2	41.5-84 LT	64.5 ±8.7

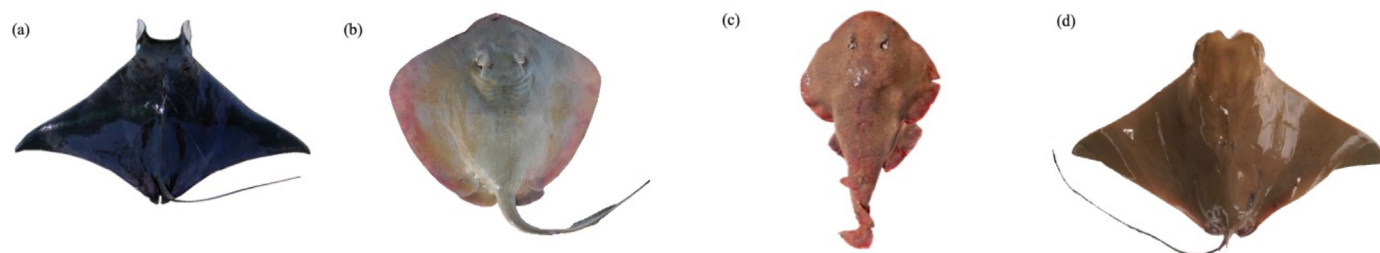


Figura 5. Número total de individuos de batoideos capturados y pesados por especie (n). AD: ancho de disco; LT: longitud total; Min: mínimo; Max: máximo; : promedio y SD: desviación estándar.

Figura 6. Las especies dominantes de batoideos de la Isla Espíritu Santo son (a) la manta enana (*Mobula munkiana*; Notarbartolo-di-Sciara, 1987); (b) la raya diamante (*Hypanus dipterurus*; Jordan & Gilbert, 1880); (c) la raya eléctrica o toque (*Narcine entemedor*; Jordan & Starks, 1895); y (d) la raya tecolote (*Rhinoptera steindachneri*; Evermann & Jenkins, 1891). Crédito: Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional.

como una especie vulnerable de acuerdo a la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés), siendo protegida por leyes internacionales y nacionales. Por dicho estado de conservación, así como por especificaciones de normas nacionales como la NOM-029-PESC-2006, los pescadores artesanales no pueden capturar estos organismos para uso comercial, por lo que todos los ejemplares son devueltos al mar vivos una vez liberados de las artes de pesca.

La raya diamante, por otro lado, no se encuentra actualmente protegida. Por lo tanto, esta raya es la única de las especies dominantes que es aprovechada para consumo humano, comercializada de forma local en la ciudad de La Paz, BCS. Su alta dominancia en esta región podría reflejar una alta resiliencia ante actividades humanas como la pesca artesanal.

Por otra parte, la raya eléctrica y la raya tecolote se encuentran en un estado saludable en la Bahía de la Paz (Jiménez García, 2020), por lo que los niveles actuales de mortalidad por pesca podrían no afectar a la población. Sin embargo, a pesar del aparente estado saludable de la raya tecolote, se sugiere que es poco probable que su población soporte un incremento en la mortalidad por la pesca artesanal y/o comercial u otra actividad que pueda afectar su sobrevivencia.

La raya tecolote, por lo tanto, podría presentar un mayor riesgo a disminuciones en su población por presiones pesqueras en comparación con la raya eléctrica. Por esta razón, es fundamental continuar con análisis de resiliencia y estudios de abundancia y riqueza para el monitoreo de sus poblaciones y para definir los límites de la pesca artesanal.

Hoy en día, las rayas y mantarrayas se encuentran entre los organismos marinos más amenazados y con menor porcentaje de protección a nivel global (Dulvy et al., 2014), especialmente por que sus características biológicas y ecológicas se encuentran entre las menos estudiadas (Stuart et al., 2004), lo cual lleva a un desconocimiento de su estado de conservación. Las actividades humanas, como la sobreexplotación y la pesca incidental, podrían alterar la riqueza de especies de batoideos, incrementando el riesgo de reducción de su población y orillándolas a una posible extinción en las próximas décadas (IUCN, 2016). Como consecuencia, estaríamos perdiendo especies con gran importancia ecológica, económica y cultural que juegan un papel esencial en el funcionamiento y en la salud de nuestros vastos pero amenazados océanos.

Desde mediados de los años ochenta, los conservacionistas han trabajado con pescadores artesanales para contribuir al desarrollo de pesquerías sostenibles para mejorar la

protección de recursos marinos y costeros (Brusca, 2010). Por lo tanto, la protección y conservación de batoideos es tan esencial como el arte de pesca y el aprovechamiento de recursos. Ambas acciones solamente serán posibles mediante la creación e implementación de planes de manejo de recursos pesqueros y el apoyo de proyectos de investigación y desarrollo de estrategias de conservación de batoideos en México.

Es fundamental que las pesquerías artesanales continúen avanzando hacia la sostenibilidad para permitir que aquellas especies en riesgo se recuperen y, a su vez, prevenir que especies que hoy son resilientes se conviertan en especies en riesgo durante los próximos años.

CONCLUSIONES

Este trabajo representa una contribución en el manejo de recursos pesqueros y conservación de especies silvestres de ecosistemas marinos. Nuestros resultados enfatizan que las especies de batoideos estudiadas se encuentran susceptibles a una explotación no regulada o a extinciones locales, siendo poco aptas para compensar un aumento en su mortalidad.

Aunque la pesca ribereña artesanal continúa siendo una de las actividades de captura más sostenibles en México, es necesario asegurar esta sostenibilidad mediante la reducción de la captura y mortalidad de algunas especies de batoideos, especialmente aquellas categorizadas como vulnerables. Además, se requiere tener un control de captura de aquellas consideradas resilientes para evitar su futura explotación y, asimismo, conservar la riqueza y productividad del Golfo de California y de las islas que lo componen.

Los análisis de resiliencia y vulnerabilidad son instrumentos de alto impacto en la conservación que, en conjunto con estudios de abundancia y riqueza, permiten proporcionar una perspectiva multidimensional para el desarrollo de planes de manejo de recursos. Estos serán esenciales para predecir riesgos generados por presiones del ambiente o actividades humanas como la pesca y, a su vez, para identificar las áreas a proteger hoy para que mañana continúen albergando una alta riqueza de especies.

Finalmente, será esencial continuar estudiando los aspectos de la historia de vida de este enigmático grupo de elasmobranquios, ya que la comprensión de sus roles ecológicos continúa siendo insuficiente. Conocer sus características demográficas, como su tamaño, mortalidad, y patrones de migración, así como su capacidad de recuperación, será fundamental para asegurar el futuro de sus especies, de sus hábitats y de la importante pesca ribereña artesanal✻



LITERATURA CITADA

- Benítez, H. y Bellot, M. 2007. Biodiversidad: Uso, Amenazas y Conservación. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
- Bonfil, R. 1994. Overview of world elasmobranch fisheries. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Burgos-Vázquez, M.I., Mejía-Falla, P.A., Cruz-Escalona, V.H. y Brown-Peterson, N.J. 2017. Reproductive Strategy of the Giant Electric Ray in the Southern Gulf of California. *Marine and Coastal Fisheries*. 9 (1): 577-596. DOI: 10.1080/19425120.2017.1370042.
- Brusca, R. 2010. The Gulf of California: Biodiversity and Conservation. The University of Arizona Press.
- Campredon, P., Cuq, F. 2001. Artisanal fishing and coastal conservation in West Africa. *J Coast Conserv* 7, 91-100. <https://doi.org/10.1007/BF02742471>
- Chao, A., 2001. An overview of closed capture-recapture models. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*, 6: 158-175.
- Cinner J.E. y McClanahan, T.R. 2006. Socioeconomic factors that lead to overfishing in small-scale coral reef fisheries of Papua New Guinea. *Environmental Conservation* 33: 73-80 doi 10.1017/s0376892906002748.
- CONABIO. 2000. Programa de Manejo: Área de Protección de Flora y Fauna. Islas del Golfo de California.
- CONABIO, CONANP, Pronatura y TNC. 2007. Gap analysis for conservation priorities of marine biodiversity in Mexico - oceans, coasts, and islands.
- CONANP. 2020. Áreas de Protección de Flora y Fauna: Islas del Golfo de California en Baja California. Recuperado de: <https://www.gob.mx/conanp/es/articulos/islas-del-golfo-de-california-valioso-sitio-de-descanso-para-las-aves-migratorias?idiom=es>
- Del Moral-Flores, L.F. 2010. Diversidad y patrones biogeográficos de la ictiofauna asociada a los complejos insulares del Golfo de California. Tesis Maestría. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, Baja California Sur, México. 269 pp.
- Del Valle González-González L., V. H. Cruz- Escalona, N. Roberto Ehemann, G. De la Cruz-Agüero, L. A. Abitia-Cárdenas, P. A. Mejía-Falla, A. F. Navia. 2020. Riqueza y abundancia relativa de los batoideos de la pesquería artesanal en el archipiélago Espíritu Santo, BCS, México. *Hidrobiológica* 30 (1).
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2007. Norma Oficial Mexicana NOM-029-PESC-2006. Pesca responsable de tiburones y rayas. Especificaciones para su aprovechamiento. SAGARPA, México. D.F.
- Dulvy, N. K., Fowler, S. L., Musick, J. A., Cavanagh, R. D., Kyne, P. M., Harrison, L. R., Carlson, J. K., Davidson, L. N., Fordham, S. V., Francis, M. P., Pollock, C. M., Simpfendorfer, C. A., Burgess, G. H., Carpenter, K. E., Compagno, L. J., Ebert, D. A., Gibson, C., Heupel, M. R., Livingstone, S. R., Sanciangco, J. C., White, W. T. 2014. Extinction risk and conservation of the world's sharks and rays. *eLife*, 3, e00590. <https://doi.org/10.7554/eLife.00590>.
- Ehemann, N., Erdmann, Pet-Soede y Cabanban. 2000. Destructive Fishing Practices. *9th International Coral Reef Symposium*.
- Ehemann, N., Pérez-Palafox, X.A., Mora-Zamacona, P., Burgos-Vázquez, M.I., Navia, A.F., Mejía-Falla, P.A. y Cruz-Escalona, V.H. 2017. Size-weight relationships of batoids captured by artisanal fishery in the southern Gulf of California, Mexico. *Journal of Applied Ichthyology*. 33 (5): 1051-1054. DOI: 10.1111/jai.13421.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 1986. Definición y clasificación de las embarcaciones pesqueras. FAO Documento Técnico de Pesca. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, 1986.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2003. Management, co-management or no management? Major dilemmas in southern African freshwater fisheries: Synthesis report. Rome, 2003.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2016. Fisheries and Aquaculture topics. Small-scale and artisanal fisheries. Topics Fact Sheets. Text by Jan Johnson. In: *FAO Fisheries and Aquaculture Department* [online]. Rome. <http://www.fao.org/3/a-i5651e.pdf>
- Fernández-Rivera, F., Suárez-Castillo, A., Amador-Castro, I., Gastélum-Nava, R., Espinosa-Romero, M.J. y Torre, J. 2018. Bases para el ordenamiento de la pesca artesanal con la participación del sector productivo en la Región de las Grandes Islas, Golfo de California. *Ciencia Pesquera* 26(1):81-100.
- Ferretti, F., Worm, B., Britten, G., Heithaus, M. y Lotze, H. 2010. Patterns and ecosystem consequences of shark declines in the ocean. *Ecology Letters*.

- García, S.M. 2009. A fishery managers handbook. FAO and Wiley-Blackwell, pp. 473-505.
- Heinze, C., Meyer, N., Anderson, L., Steinfeldt, R., Chang, N., Le Quéré, C. y Bakker, D.C. 2015. The ocean carbon sink – impacts, vulnerabilities and challenges. *Earth Syst. Dynam.*, 6, 327-358.
- Hilborn, R. 2005. Are sustainable fisheries achievable? Chapter 15, pp. 247-259, in Norse and Crowder.
- Hobfoll, S.E., Stevens, N.R., & Zalta, A.K. 2015. Expanding the Science of Resilience: Conserving Resources in the Aid of Adaptation. *Psychological inquiry*, 26(2), 174-180. <https://doi.org/10.1080/1047840X.2015.1002377>.
- The International Union for Conservation of Nature (IUCN). 2016. The Conservation Status of Sharks, Rays and Chimaeras in the Mediterranean Sea. *Mediterranean Red List Initiative*.
- Jiménez García Y.A. 2020. Demografía de *Rhinoptera steindachneri* (Evermann & Jenkins, 1891) y *Narcine entemedor* (Jordan & Starks, 1985) en Bahía De La Paz, BCS, México. Tesis de Maestría en Ciencias, Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, Baja California Sur, México.
- Lluch-Cota, Salvador y Aragon-Noriega, Eugenio y Arreguín-Sánchez, Francisco y Auriol-Gamboa, David y Bautista-Romero, J. Jesús y Brusca, Richard y Cervantes-Duarte, Rafael y Cortés-Altamirano, Roberto y del Monte-Luna, Pablo y Esquivel, Alfonso y Fernández, Guillermo y Hendrickx, Michel y Hernández-Vázquez, Sergio y Herrera-Cervantes, Hugo y Kahru, Mati y Lavín, Miguel y Lluch-Belda, Daniel y Lluch-Cota, Daniel y Martínez, Juana y Sierra, Arturo. 2007. The Gulf of California: Review of ecosystem status and sustainability challenges. *Progress In Oceanography*. 1-26. 10.1016/j.pocean.2007.01.013.
- Márquez-Farías, J.F. y Blanco-Parra, M.P. 2006. Las rayas del Golfo de California. Sustentabilidad y Pesca Responsable en México, Evaluación y Manejo. INAPESCA, SAGARPA, México, 303-322.
- Nichols, J.D. y MacKenzie, D.I. 2004. Abundance estimation and Conservation Biology. *Animal Biodiversity and Conservation*. Volume 27.1.
- Oñate, G.E., Amezcua, F., & Buszkiewicz, J., Castellanos-Cendales, A., Amezcua, F. (2017). Trophic ecology of the blotched stingray, *Urotrygon chilensis* (Elasmobranchii: Myliobatiformes: Urotrygonidae), in three areas of the Mexican Pacific. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*. 47. 185-196. 10.3750/AIEP/02099.
- Ramirez, L.E. 2002. Fecundity and life-history strategies in marine invertebrates. *Advances in Marine Biology*. Academic Press; Volume 43, 2002, Pages 87-170. ISSN 0065-2881, ISBN 9780120261437. [https://doi.org/10.1016/S0065-2881\(02\)43004-0](https://doi.org/10.1016/S0065-2881(02)43004-0).
- Rocha-González, F.I. 2018. Distribución potencial de las especies de batoides de mayor importancia pesquera en el golfo de México. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. 61 pp.
- Snelgrove, P.V. 1999. Getting to the Bottom of Marine Biodiversity: Sedimentary Habitats: Ocean bottoms are the most widespread habitat on Earth and support high biodiversity and key ecosystem services. *BioScience* 49:2, 129-138, <https://doi.org/10.2307/1313538>.
- Stuart, S.N., Chanson, J.S., Cox, N.A., Young, B.E., Rodrigues, A.S.L., Fischman, D.L., Waller, R.A. 2004. Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science*; 306:1783-1786. doi: 10.1126/science.1103538.
- Sys, K. 2019. Bycatch of endangered, threatened and protected species in the coastal artisanal fishery of Suriname, 2015-2016. WWF Guianas, Paramaribo, Suriname.
- Thunell, R.C. 1998. Seasonal and annual variability in particle fluxes in the Gulf of California: A response to climate forcing. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*. Volume 45, Issue 2, 2059-2083.
- Urciaga, J., Beltrán-Morales, L. y Lluch, D. 2009. Recursos Marinos y Servicios Ambientales en el Desarrollo Regional. CIBNOR.
- VanBlaricom, G. R. 1982. Experimental analyses of structural regulation in a marine sand community exposed to oceanic swell. *Ecological Monographs* 52:283-305.
- Villegas-Amtmann, S., Simmons, S.E., Kuhn, C.E., Huckstadt, L.A. y Costa, D.P. 2011. Latitudinal Range Influences the Seasonal Variation in the Foraging Behavior of Marine Top Predators. *PLoS ONE* 6(8): e23166. doi: 10.1371/journal.pone.0023166.
- Zaccarelli, N. y Zurlini, P.G. 2008. Retrospective Analysis. *Encyclopedia of Ecology* pp. 3020-3029. Academic Press.