

Artículo

Monitoreo de fauna pelágica de los Montes submarinos del Pacífico colombiano usando BRUVS

Monitoring of pelagic fauna of the seamounts of the Colombian Pacific using BRUVS

Felipe Ladino Archila¹  , Diego Cardenosa² , Sandra Bessudo¹ , Andrés Cuellar³ ,
Felipe Muriel³ , John Carvajal³ , Diego Amariles⁴ , Alejandra Duarte¹

Fundación Malpelo y Otros Ecosistemas Marinos. Bogotá, Colombia ¹
Universidad Internacional de Florida. Miami, Estados Unidos de América ²
Parques Nacionales Naturales de Colombia. Cali, Colombia ³
Wildlife Conservation Society Colombia. Cali, Colombia ⁴

Recibido: 3 de agosto 2022

Aceptado: 25 de octubre 2022

Publicado en línea: 1 de enero 2023

Citación del artículo: Ladino, F., Cardenosa, D., Bessudo, S., Cuellar, A., Muriel, F., Carvajal, J., Amariles, D., Duarte, A. (2023). Monitoreo de fauna pelágica de los Montes submarinos del Pacífico colombiano usando BRUVS. *Biota Colombiana*, 24(1), e1103.

<https://doi.org/10.21068/2539200X.1103>

Resumen

En diciembre de 2021 se desarrolló la primera expedición a los montes submarinos de las dorsales de Malpelo y de Yuruparí. En total se exploraron ocho montes submarinos por medio de BRUVS (Baited Remote Underwater Video Systems). Se desplegaron 48 BRUVS, registrando cinco especies pelágicas (*Sphyrna lewini*, *Mobula birostris*, *Pteroplatytrygon violácea*, *Kajikia audax* y *Istiophorus platypterus*), donde *Pteroplatytrygon violácea* constituyó un nuevo registro para la región. En todas las zonas se registraron especies pelágicas, aunque los tiburones se asociaron exclusivamente a los montes al oeste de las dorsales, en especial al monte conocido como Bajo Navegador, el más somero de la región. Este trabajo es un primer paso para orientar las siguientes exploraciones de estos ecosistemas.

Palabras clave. BRUVS. Dorsal de Malpelo. Dorsal de Yuruparí. Fauna pelágica. Monitoreo de fauna. Tiburones.



Abstract

In December 2021, we conducted the first expedition to the seamounts of the Malpelo and Yuruparí ridges. Eight seamounts were explored using Baited Remote Underwater Video Systems (BRUVS). A total of 48 BRUVS were deployed, registering five pelagic species (*Sphyrna lewini*, *Mobula birostris*, *Pteroplatytrygon violacea*, *Kajikia audax* and *Istiophorus platypterus*) where *Pteroplatytrygon violacea* constituted a new record for the region. Pelagic species were recorded in all seamounts, although sharks were exclusively associated with the seamounts to the west of the ridges, especially in the area known as Bajo Navegador, the shallowest seamount in the region. This work is a first step to guide the following explorations of these ecosystems.

Key words. BRUVS. Dorsal of Malpelo. Dorsal of Yuruparí. Fauna monitoring. Pelagic fauna. Sharks.

Introducción

Estudiar la abundancia y la distribución espacial de las especies pelágicas es prioritario para el manejo y la conservación de especies en mar abierto (Cambra *et al.*, 2021; McCauley *et al.*, 2015; Worm *et al.*, 2005), más ahora, que se sabe de la sobreexplotación y los impactos que la pesca industrial ha generado en especies pelágicas de tiburones, teleósteos, mamíferos marinos, tortugas, etc. (Myers y Worm, 2003; Pacoureaux *et al.*, 2021; Worm *et al.*, 2003). En los últimos años se han empezado a estudiar de forma más detallada los montes submarinos alrededor del mundo (Cambra *et al.*, 2021; Chávez *et al.*, 2020; Letessier *et al.*, 2019; Morato *et al.*, 2010). Este ecosistema consiste en cadenas montañosas submarinas que ascienden desde las profundidades y tienen sus picos a menos de 1000 m de profundidad. Debido a estas geoformas, los montes submarinos generan importantes surgencias, que en mar abierto se convierten en oasis de vida, (Dulvy *et al.*, 2004; Ruppert *et al.*, 2013) siendo catalogados como hotspots al ser agregadores de especies migratorias y amenazadas (Morato *et al.*, 2010; Taranto *et al.*, 2012). En la ampliación del Santuario de Fauna y Flora de Malpelo (SFFM) y la creación del Distrito Nacional de Manejo Integrado Yuruparí (DNMIY) en 2017 y sus posteriores ampliaciones en 2022 (Resolución 0669, 2022; Resolución 0670, 2022), la presencia de montes submarinos fue uno de los argumentos para el establecimiento de los límites de ambas áreas protegidas. A partir del 2018, el comité científico de Malpelo acordó que una de las principales necesidades de las áreas marinas protegidas (AMP) era la de dar inicio la exploración de los montes submarinos, los cuales se convirtieron en uno de los valores objeto de conservación (VOC).

Para estudiar las especies pelágicas de los montes submarinos de Malpelo y Yuruparí, se acordó el uso de sistemas de video submarinos remotos con carnada, BRUVS por sus siglas en inglés (Baited Remote Underwater Video Systems). El uso de estos dispositivos ha aumentado en años recientes alrededor del mundo, para el estudio de ecosistemas similares obteniendo importantes resultados e identificando el ensamblaje de peces y sus asociaciones a distintos hábitats (Bouchet & Meeuwig, 2015; Cambra *et al.*, 2021; Espinoza *et al.*, 2014; Langlois *et al.*, 2020; Letessier *et al.*, 2019; MacNeil *et al.*, 2020). Además, este método evita muchos de los sesgos e impactos generados por los métodos tradicionales de monitoreo de predadores que usan palangres y redes (Caldwell *et al.*, 2016; Cappo *et al.*, 2004; Dapp *et al.*, 2013), o sesgos asociados a censos con buceo autónomo (Colton & Swearer, 2010). El objetivo de este estudio fue hacer una primera exploración, por medio de BRUVS, en algunos de los montes submarinos de las Dorsales de Malpelo y Yuruparí, para conocer el ensamblaje de la macrofauna y obtener información que sirva de guía para el desarrollo de próximas expediciones en estos ecosistemas.

Materiales y métodos

Área de estudio. En el Pacífico colombiano se encuentran dos cordilleras submarinas, producto de una actividad tectónica compleja, por la convergencia de las placas de Nazca y Cocos junto con la presencia de varias fallas y fosas (Lonsdale & Klitgord, 1978; Marcaillou *et al.*, 2006; Sallarès, 2003). Al Norte de las aguas territoriales de Colombia en el Pacífico se encuentra la Dorsal de Yuruparí, en tanto la Dorsal de Malpelo se extiende de sur a norte a lo largo del Océano Pacífico colombiano (Figura 1). Estas dorsales emergen desde el fondo oceánico a más de 4000 m de profundidad, y alcanzan varias cimas con profundidades menores a mil metros, de las cuales la única zona emergida es la Isla de Malpelo. Para el presente estudio se seleccionaron ocho puntos de muestreo, siete en la Dorsal de Malpelo asociados a montes submarinos incluyendo la isla de Malpelo (Punto 7); y uno en la Dorsal de Yuruparí conocido como Bajo Navegador (Punto 3; Figura 1).

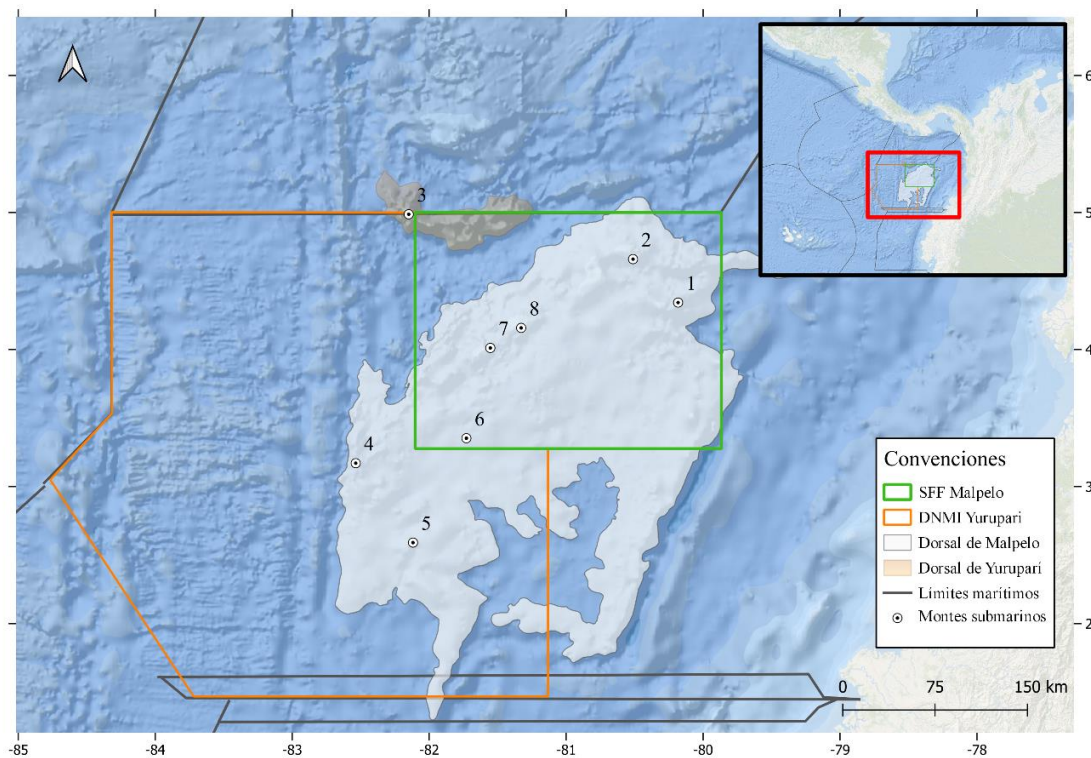


Figura 1. Ubicación de las dorsales de Malpelo y Yuruparí en el Pacífico Colombiano, los números indican los puntos de muestreo, con base a la ruta de la embarcación, estos puntos están asociados a las cimas de montes submarinos.

Figure 1. Location of the Malpelo and Yuruparí ridges in the Colombian Pacific, the numbers indicate the sampling points, according to the route of the vessel, these points are associated with the tops of seamounts.

Para el estudio se usaron cuatro BRUVS pelágicos, los cuales son una estructura metálica con una cámara en el centro y un recipiente con atún molido que sirve de cebo para atraer a la fauna. Estas estructuras se sumergen a 15 m y se sujetan a una boya la cual, a su vez, va sujeta a una línea principal, donde cada 200 m se sujetó un BRUV. Para el despliegue de los BRUVS, se identificó la cima del monte submarino y la dirección de la corriente para lanzarlos en una zona donde la corriente los arrastrara sobre la cima del monte. El tiempo de grabación fue de 80 minutos, usando la configuración de 1080p a 30 FPS. Los videos se revisaron con el software VLC player y se registraron las abundancias relativas observadas, las cuales fueron definidas por el máximo número de individuos de cada especie en un mismo fotograma (MaxN; Cambra *et al.*, 2021; Cappo *et al.*, 2003; Heagney *et al.*, 2007).

Resultados

Entre el 15 y 21 de diciembre se desplegaron cuatro BRUVS en los puntos 2, 5, 6, 7 y 8; ocho BRUVS en los puntos 3 y 5; y doce en el punto 1; para un total de 48 Bruvs ($n = 48$). La diferencia en despliegues correspondía a la capacidad de permanecer en el área, de acuerdo a la logística. Se registraron cinco especies pelágicas: tiburón martillo (*Sphyrna lewini*), manta gigante (*Mobula birostris*), raya pelágica (*Pteroplatytrygon violacea*), marlín rayado (*Kajikia audax*) y pez vela (*Istiophorus platypterus*); siendo el tiburón martillo la especie más común, con registros en el 75% de las zonas y alcanzando los mayores valores de MaxN (MaxN = 22) (Tabla 1). El registro de la raya pelágica (*Pteroplatytrygon violacea*) constituye el primer reporte de esta especie para la zona (Figura 2).

Tabla 1. Relación de especies registradas con valores de MaxN en los ocho puntos de muestreo.

Table 1. List of species recorded with MaxN values at the eight sampling points.

Punto	Longitud	Latitud	Profundidad (M)	S. <i>Lewini</i>	M. <i>Birostris</i>	P. <i>Violacea</i>	K. <i>Audax</i>	I. <i>Platypterus</i>	Horas De Muestreo
1	-80.183	4.34305	>1000	-	-	-	1	-	12
2	-80.512	4.65983	920	-	-	-	1	-	4
3	-82.149	4.98705	180	22	1	-	-	-	8
4	-82.536	3.17093	>1000	6	-	1	-	-	8
5	-82.118	2.59174	>1000	1	-	-	-	-	4
6	-81.728	3.35311	920	1	-	-	-	1	4
7	-81.554	4.01184	300	2	-	-	-	-	4
8	-81.328	4.157	400	1	1	-	-	-	4

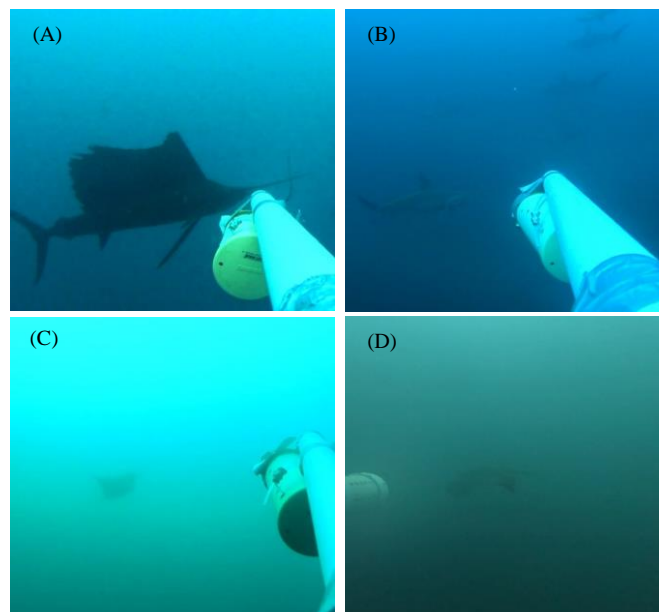


Figura 2. Ejemplos de fauna pelágica registrada con los BRUVS. (A) Pez vela, (B) Tiburones martillo, (C) Manta gigante y (D) Raya pelágica.

Figure 2. Examples of pelagic fauna recorded with the BRUVS. (A) Sailfish, (B) Hammerhead Sharks, (C) Giant Manta, and (D) Pelagic Ray.

Las zonas al oeste (punto 3 y 4) de las dorsales presentaron mayor riqueza de especies siendo el Bajo Navegador (Punto 3) la zona con más especies (Figura 3). Los tiburones martillo se registraron en todos los puntos de muestreo excepto en el punto 1 y 2; y alcanzaron los máximos de MaxN en el Bajo Navegador (N = 22); de forma similar ocurrió con las rayas que se registraron en los puntos 3, 4 y 8; en tanto los peces óseos, fue el único grupo que se reportó en la zona este (punto 1 y 2) de la dorsal (Figura 3).

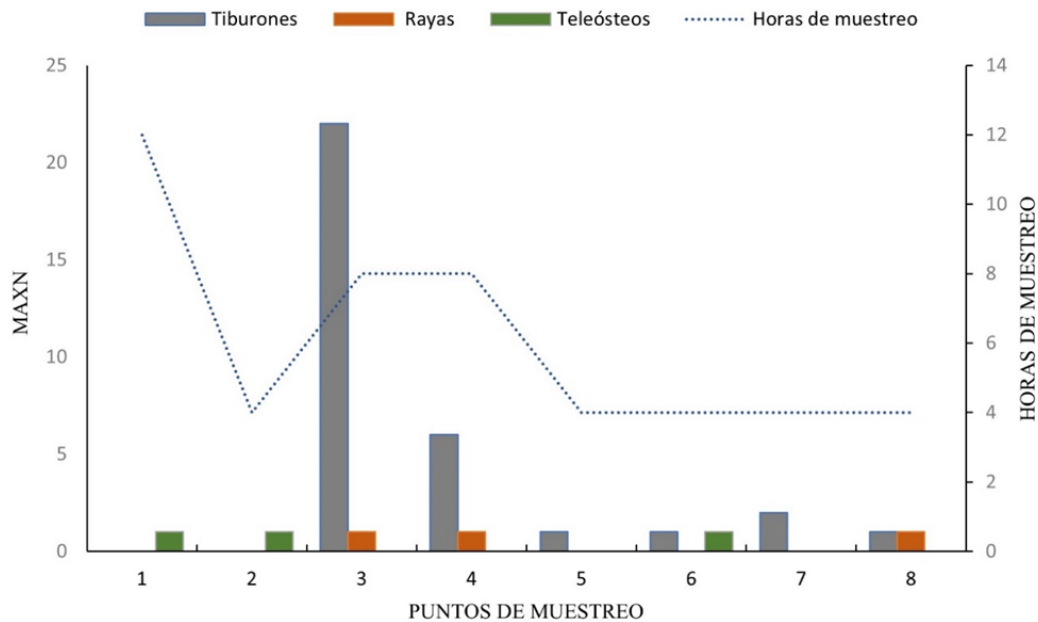


Figura 3. Ejemplos de fauna pelágica registrada con los BRUVS. (A) Pez vela, (B) Tiburones martillo, (C) Manta gigante y (D) Raya pelágica.

Figure 3. Examples of pelagic fauna recorded with the BRUVS. (A) Sailfish, (B) Hammerhead Sharks, (C) Giant Manta, and (D) Pelagic Ray.

Discusión

Los resultados de este trabajo constituyen el primer monitoreo con BRUVS de la fauna pelágica asociada a los Montes Submarinos de las Dorsales de Malpelo y de Yuruparí en el Pacífico colombiano. Los puntos 1 y 2 al este de las dorsales, a su vez los más cercanos a la costa colombiana y con profundidades mayores a los 900 m, fueron los únicos que no presentaron tiburones o rayas, registrando solamente peces marlín. Por otro lado, todos los puntos del oeste de las dorsales registraron presencia de tiburones, destacando los resultados del MaxN de tiburones martillo en el Monte Navegador, el cual alcanzó valores altos inclusive si se comparan con otros estudios, en la región (Cambra *et al.*, 2021; Espinoza *et al.*, 2020) y en otras partes del mundo (Bouchet & Meeuwig, 2015; Letessier *et al.*, 2019). Llama la atención que en los puntos de muestreo 4 y 5, no se esperaba registrar fauna, debido a sus grandes profundidades, pero aun así se obtuvieron registros de tiburones y rayas, inclusive el punto 4 fue el segundo con el mayor valor de MaxN en relación con tiburones martillo, por lo que hay que prestar atención a lo que se registre en estas zonas en próximos estudios.

Existe un consenso a nivel mundial sobre el aumento en la degradación de los ecosistemas marinos y el colapso de la mayoría de las poblaciones de peces, principalmente, debido a la sobreexplotación pesquera (Dulvy *et al.*, 2014; Heupel *et al.*, 2014; White *et al.*, 2015), siendo un panorama más crítico para los elasmobranchios, causado por su baja resiliencia (Dapp *et al.*, 2013; Ladino, 2014; Penaherrera-Palma *et al.*, 2018). Por tal razón, es importante identificar y proteger hábitats claves (McCauley *et al.*, 2015; Morato *et al.*, 2010; Worm *et al.*, 2003) como los montes submarinos y, en este caso, el Monte Navegador, ya que es probable que estos ecosistemas jueguen un papel importante en la conservación de especies marinas, al ser agregadores de especies pelágicas y migratorias que trascienden los límites de las AMP (Harrison *et al.*, 2018; Ladino *et al.*, 2021; White *et al.*, 2019).

Para el tiburón martillo es crítico encontrar y proteger sus hábitats claves, puesto que su población está disminuyendo de forma acelerada, lo que la ha catalogado como una especie en Peligro Crítico de Extinción (CR) según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). La población más importante de esta especie se encuentra en el Pacífico Este Tropical (PET) (Bessudo *et al.*, 2011; Bessudo *et al.*, 2011; Hearn *et al.*, 2010; Ketchum *et al.*, 2014); no obstante, en Malpelo se ha registrado un descenso poblacional del 73% entre 2009 y 2019 (Ladino *et al.*, 2021); en Galápagos disminuyó un 50% entre 1985-2015 (Peñaherrera-palma, 2016) y en Isla del Coco la disminución ha sido del 43% entre 1993 y 2013 (Nalesso, 2014; White *et al.*, 2015). Los resultados obtenidos en el Monte Navegador, a pesar del bajo esfuerzo de muestreo, dan testimonio de la importancia de este lugar para los tiburones martillo, posicionándolo junto a zonas claves como la Isla Malpelo, el Archipiélago de Galápagos y la Isla del Coco; por lo que es importante proteger este monte que actualmente se encuentra en DNMI Yuruparí, donde se permite la pesca.

Estos resultados servirán para la planeación de próximas expediciones en las que se puedan dirigir los esfuerzos en algunos puntos de interés como el Monte Navegador y de esta forma seguir generando información que permitan mejorar la toma de decisiones para la conservación de las especies marinas.

Agradecimientos

Queremos agradecer especialmente a la tripulación del Ferox, quienes estuvieron atentos a apoyarnos en las actividades durante las amplias jornadas de trabajo, en especial a Marlon Renteria quien fue una pieza clave a la hora de levantar los BRUVS, junto con el capitán Giovany Pomaricó y Fabio Suarez quienes con sus conocimientos de corrientes nos colocaban siempre en la zona indicada. También agradecemos a Parques Nacionales Naturales de Colombia por el apoyo para la realización de la expedición y a la Fundación Malpelo y el Fondo Acción por el apoyo en la implementación del plan de manejo del Santuario de Flora y Fauna Malpelo.

Referencias

- Bessudo, S., Soler, G. A., Klimley, A. P., Ketchum, J. T., Hearn, A., & Arauz, R. (2011). Residency of the scalloped hammerhead shark (*Sphyrna lewini*) at Malpelo Island and evidence of migration to other islands in the Eastern Tropical Pacific. *Environmental Biology of Fishes*, 91(2), 165–176.
<https://doi.org/10.1007/s10641-011-9769-3>.
- Bessudo, S., Soler, G., Klimley, P., Ketchum, J., & Arauz, R. (2011). Vertical and Horizontal Movements of the Scalloped Hammerhead Shark (*Sphyrna Lewini*) Around Malpelo and Cocos Islands (Tropical Eastern Pacific) Using Satellite Telemetry. *Boletín de Investigaciones Marino Costeras*, 40, 91–106.

- Bouchet, P. J., & Meeuwig, J. J. (2015). Drifting baited stereo-videography: A novel sampling tool for surveying pelagic wildlife in offshore marine reserves. *Ecosphere*, 6(8).
<https://doi.org/10.1890/ES14-00380.1>.
- Caldwell, Z. R., Zgliczynski, B. J., Williams, G. J., & Sandin, S. A. (2016). Reef fish survey techniques: Assessing the potential for standardizing methodologies. *PLoS ONE*, 11(4).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0153066>.
- Cambra, M., Lara-Lizardi, F., Peñaherrera-Palma, C., Hearn, A., Ketchum, J. T., Zarate, P., Chacón, C., Suárez-Moncada, J., Herrera, E., & Espinoza, M. (2021). A first assessment of the distribution and abundance of large pelagic species at Cocos Ridge seamounts (Eastern Tropical Pacific) using drifting pelagic baited remote cameras. *PLoS ONE*, 16(11 November), 1–25.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0244343>.
- Cappo, M., Harvey B, E., Malcolm, H., & Speare, P. (2003). *Potential of video techniques to monitor diversity, abundance and size of fish in studies of marine protected areas*. GEOMDOFT.
www.geomsoft.com.au.
- Cappo, M., Speare, P., & De'Ath, G. (2004). Comparison of baited remote underwater video stations (BRUVS) and prawn (shrimp) trawls for assessments of fish biodiversity in inter-reefal areas of the Great Barrier Reef Marine Park. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 302(2), 123–152.
<https://doi.org/10.1016/j.jembe.2003.10.006>.
- Chávez, E. J., Arauz, R., Hearn, A., Nalesso, E., & Steiner, T. (2020). Asociación de tiburones con el Monte Submarino Las Gemelas y primera evidencia de conectividad con la Isla del Coco, Pacífico de Costa Rica. *Biología Tropical*, 68(March).
- Colton, M. A., & Swearer, S. E. (2010). A comparison of two survey methods: Differences between underwater visual census and baited remote underwater video. *Marine Ecology Progress Series*, 400, 19–36.
<https://doi.org/10.3354/meps08377>.
- Dapp, D., Arauz, R., Spotila, J. R., & O'Connor, M. P. (2013). Impact of Costa Rican longline fishery on its bycatch of sharks, stingrays, bony fish and olive ridley turtles (*Lepidochelys olivacea*). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 448, 228–239.
<https://doi.org/10.1016/j.jembe.2013.07.014>.
- 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., ... White, W. T. (2014). Extinction risk and conservation of the world's sharks and rays. *ELife*, 3, 1–34.
<https://doi.org/10.7554/elife.00590>.
- Dulvy, N. K., Freckleton, R. P., & Polunin, N. V. C. (2004). Coral reef cascades and the indirect effects of predator removal by exploitation. *Ecology Letters*, 7(5), 410–416.
<https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2004.00593.x>.
- Espinoza, M., Araya-Arce, T., Chaves-Zamora, I., Chinchilla, I., & Cambra, M. (2020). Monitoring elasmobranch assemblages in a data-poor country from the Eastern Tropical Pacific using baited remote underwater video stations. *Scientific Reports*, 10(1), 1–18.
<https://doi.org/10.1038/s41598-020-74282-8>.

- Espinoza, M., Cappelletti, M., Heupel, M. R., Tobin, A. J., & Simpfendorfer, C. A. (2014). Quantifying shark distribution patterns and species-habitat associations: Implications of Marine Park zoning. *PLoS ONE*, 9(9).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0106885>.
- Harrison, A. L., Costa, D. P., Winship, A. J., Benson, S. R., Bograd, S. J., Antolos, M., Carlisle, A. B., Dewar, H., Dutton, P. H., Jorgensen, S. J., Kohin, S., Mate, B. R., Robinson, P. W., Schaefer, K. M., Shaffer, S. A., Shillinger, G. L., Simmons, S. E., Weng, K. C., Gjerde, K. M., & Block, B. A. (2018). The political biogeography of migratory marine predators. *Nature Ecology and Evolution*, 2(10), 1571–1578.
<https://doi.org/10.1038/s41559-018-0646-8>.
- Heagney, E. C., Lynch, T. P., Babcock, R. C., & Suthers, I. M. (2007). Pelagic fish assemblages assessed using mid-water baited video: Standardising fish counts using bait plume size. *Marine Ecology Progress Series*, 350, 255–266.
<https://doi.org/10.3354/meps07193>.
- Hearn, A., Ketchum, J., Klimley, A. P., Espinoza, E., & Peñaherrera, C. (2010). Hotspots within hotspots? Hammerhead shark movements around Wolf Island, Galapagos Marine Reserve. *Marine Biology*, 157(9), 1899–1915.
<https://doi.org/10.1007/s00227-010-1460-2>.
- Heupel, M. R., Knip, D. M., Simpfendorfer, C. A., & Dulvy, N. K. (2014). Sizing up the ecological role of sharks as predators. *MEPS*, 495, 291–298.
<https://doi.org/10.3354/meps10597>.
- Ketchum, J. T., Hearn, A., Klimley, A. P., Espinoza, E., Peñaherrera, C., & Largier, J. L. (2014). Seasonal changes in movements and habitat preferences of the scalloped hammerhead shark (*Sphyrna lewini*) while refuging near an oceanic island. *Marine Biology*, 161(4), 755–767.
<https://doi.org/10.1007/s00227-013-2375-5>.
- Ladino, F. (2014). *Meta-análisis de la población del tiburón tolo *Rhizoprionodon porosus* en Isla Fuerte Caribe Colombiano*. Pontificia Universidad Javeriana.
- Ladino, F., Martínez-mondragón, S. B., & Duarte-fajardo, M. A. (2021). Seguimiento al estado de las poblaciones de once peces óseos y cartilaginosos en el Santuario de Fauna y Flora Malpelo, Pacífico colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 50(1), 105–120.
- Langlois, T., Goetze, J., Bond, T., Monk, J., Abesamis, R. A., Asher, J., Barrett, N., Bernard, A. T. F., Bouchet, P. J., Birt, M. J., Cappelletti, M., Currey-Randall, L. M., Driessen, D., Fairclough, D. v., Fullwood, L. A. F., Gibbons, B. A., Harasti, D., Heupel, M. R., Hicks, J., ... Harvey, E. S. (2020). A field and video annotation guide for baited remote underwater stereo-video surveys of demersal fish assemblages. *Methods in Ecology and Evolution*, 11(11), 1401–1409.
<https://doi.org/10.1111/2041-210X.13470>.
- Letessier, T., MoMouillot, D., Bouchet, P., Vigliola, L., Fernandes, M., & Thompson, C. (2019). Remote reefs and seamounts are the last refuges for marine predators across the Indo-Pacific. *PlosONE*, 17(9), 1–20.
- Lonsdale, P., & Klitgord, K. D. (1978). Structure and tectonic history of the eastern Panama Basin. *Bulletin of the Geological Society of America*, 89(7), 981–999.
[https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1978\)89<981:SATHOT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1978)89<981:SATHOT>2.0.CO;2).

- MacNeil, M. A., Chapman, D. D., Heupel, M., Simpfendorfer, C. A., Heithaus, M., Meekan, M., Harvey, E., Goetze, J., Kiszka, J., Bond, M. E., Currey-Randall, L. M., Speed, C. W., Sherman, C. S., Rees, M. J., Udyawer, V., Flowers, K. I., Clementi, G., Valentin-Albanese, J., Gorham, T., ... Cinner, J. E. (2020). Global status and conservation potential of reef sharks. *Nature*, 583(7818), 801–806.
<https://doi.org/10.1038/s41586-020-2519-y>.
- Marcaillou, B., Charvis, P., & Collot, J. Y. (2006). Structure of the Malpelo Ridge (Colombia) from seismic and gravity modelling. *Marine Geophysical Research*, 27(4), 289–300.
<https://doi.org/10.1007/s11001-006-9009-y>.
- McCauley, D. J., Pinsky, M. L., Palumbi, S. R., Estes, J. A., Joyce, F. H., & Warner, R. R. (2015). Marine defaunation: Animal loss in the global ocean. In *Science* (Vol. 347, Issue 6219). American Association for the Advancement of Science.
<https://doi.org/10.1126/science.1255641>.
- Morato, T., Hoyle, S. D., Allain, V., & Nicol, S. J. (2010). Seamounts are hotspots of pelagic biodiversity in the open ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(21), 9707–9711.
<https://doi.org/10.1073/pnas.0910290107>.
- Myers, R. A., & Worm, B. (2003). Rapid worldwide depletion of predatory fish communities. *Nature*, 423(6937), 280–283.
<https://doi.org/10.1038/nature01610>.
- Nalesso, E. (2014). *Distribución espacio-temporal de los tiburones martillo, Sphyrna lewini, alrededor de la Isla del Coco (2005-2013), Pacífico Tropical Oriental*. CICESE.
- Pacoureau, N., Rigby, C. L., Kyne, P. M., Sherley, R. B., Winker, H., Carlson, J. K., Fordham, S. v., Barreto, R. P., Fernando, D., Francis, M. P., Jabado, R. W., Herman, K. B., Liu, K.-M., Marshall, A. D., Pollom, R. A., Romanov, E. v., Simpfendorfer, C. A., Yin, J. S., Kindsvater, H. K., & Dulvy, N. K. (2021). Half a century of global decline in oceanic sharks and rays. *Nature*, In Review, July 2019.
<https://doi.org/10.1038/s41586-020-03173-9>.
- Peñaherrera-palma, C. (2016). *Abundance, distribution and conservation value of sharks in the Galapagos marine reserve* (Issue October 2016). University of Tasmania, Australia.
- Penaherrera-Palma, C. R., van Putten, I., Karpietchvi, Y., Frusher, S., Llerena-Martillo, Y., Hearn, A., & Semmens, J. (2018). Evaluating abundance trends of iconic species using local ecological knowledge. *Biological Conservation*, 225(June), 197–207.
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.07.004>.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022). Resolución 0669. MADS.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022). Resolución 0670. MADS.
- Ruppert, J. L. W., Travers, M. J., Smith, L. L., Fortin, M. J., & Meekan, M. G. (2013). Caught in the Middle: Combined Impacts of Shark Removal and Coral Loss on the Fish Communities of Coral Reefs. *PLoS ONE*, 8(9).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0074648>.

- Sallarès, V. (2003). Seismic structure of Cocos and Malpelo Volcanic Ridges and implications for hot spot-ridge interaction. *Journal of Geophysical Research*, 108(B12).
<https://doi.org/10.1029/2003jb002431>.
- Taranto, G. H., Kvile, K., Pitcher, T. J., & Morato, T. (2012). An ecosystem evaluation framework for global seamount conservation and management. *PLoS ONE*, 7(8).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0042950>.
- White, E. R., Myers, M. C., Flemming, J. M., & Baum, J. K. (2015). Shifting elasmobranch community assemblage at Cocos Island-an isolated marine protected area. *Conservation Biology*, 29(4), 1186–1197.
<https://doi.org/10.1111/cobi.12478>.
- White, T. D., Ferretti, F., Kroodsma, D. A., Hazen, E. L., Carlisle, A. B., Scales, K. L., Bograd, S. J., & Block, B. A. (2019). Predicted hotspots of overlap between highly migratory fishes and industrial fishing fleets in the northeast Pacific. *Science Advances*, 5(3), 1–12.
<https://doi.org/10.1126/sciadv.aau3761>.
- Worm, B., Lotze, H. K., & Myers, R. A. (2003). Predator diversity hotspots in the blue ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100(17), 9884–9888.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1333941100>.
- Worm, B., Sandow, M., Oschlies, A., Lotze, H. K., & Myers, R. A. (2005). Ecology: Global patterns of predator diversity in the open oceans. *Science*, 309(5739), 1365–1369.
<https://doi.org/10.1126/science.1113399>.