



<https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop.v70i1.48553>

## Áreas en riesgo para los mamíferos marinos en Colombia

Isabel Cristina Avila<sup>1\*</sup>; <https://orcid.org/0000-0003-1389-8908>

Alan Giraldo<sup>1, 2</sup>; <https://orcid.org/0000-0001-9182-888X>

1. Grupo de Ecología Animal, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad del Valle, Sede Meléndez, Cali, Colombia; [isabel\\_c\\_avila@yahoo.com](mailto:isabel_c_avila@yahoo.com) (\*Correspondencia)
2. Grupo de Oceanografía, Facultad de Ciencias, Universidad del Valle, Sede Meléndez, Cali, Colombia; [alan.giraldo@correounivalle.edu.co](mailto:alan.giraldo@correounivalle.edu.co)

Recibido 04-X-2021. Corregido 04-I-2022. Aceptado 08-II-2022.

### ABSTRACT

#### Risk areas for marine mammals in Colombia

**Introduction:** Marine mammals are affected by diverse threats that must be identified for mitigation efforts.

**Objective:** To visually quantify threats to marine mammals in Colombia, and to identify mitigation actions.

**Methods:** We georeferenced threats based on the literature, covering 35 species in the period 1991-2020, and superimposed them on species range maps.

**Results:** 22 species had at least one threat. Bycatch and interactions with fishing gear affected 16 species, followed by direct capture (8 species), vessel traffic/transit (6 species) and alteration of ocean physics (6 species). The most affected species, in terms of the greatest diversity of threats, are: humpback whale (*Megaptera novaeangliae*), Caribbean West Indian manatee (*Trichechus manatus*), marine tucuxi (*Sotalia guianensis*) and bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*). Nearly all of Colombia's marine territory presents some degree of risk for marine mammals. High-risk areas are Buenaventura, Guapi, Cupica Gulf and Tumaco in the Pacific; and Urabá Gulf, Darién Gulf, Morrosquillo Gulf, off Barranquilla, Ciénaga Grande de Santa Marta and Coquivacoa Gulf in the Caribbean.

**Conclusion:** Marine mammals in Colombia are currently at risk due to several threats, especially related to fishing, hunting/capture and shipping activities, mainly in coastal areas. Urgent evaluation and management actions are needed in the ten high-risk areas identified in this study.

**Key words:** cetacean; sirenian; pinnipeds; threats; risk maps; conservation; South America.

Los mamíferos marinos son un grupo de animales diverso, con 124 especies vivientes, que dependen del mar para la mayoría o la totalidad de sus necesidades vitales (Berta et al., 2015; Committee on Taxonomy, 2021). Colombia es un país con alta diversidad de especies de mamíferos marinos, sustentada en el privilegio de tener aproximadamente un 50 % de su territorio en aguas del mar Caribe y

del océano Pacífico (Vides & Sierra, 2003). A la fecha en Colombia han sido registradas 35 especies de mamíferos marinos, equivalentes al 28 % de las especies vivientes a nivel mundial (29 especies en el Caribe y 32 especies en el Pacífico), que incluyen 6 mysticetos, 22 odontocetos, 1 sirénido y 6 pinnípedos. Los mysticetos registrados en Colombia son migratorios, sin embargo, los pinnípedos son

especies ocasionales en Colombia, habiendo sido la extinta foca monje del Caribe (*Neomonachus tropicalis*) la única especie residente en el país (Avila et al., 2013a; Avila et al., 2014; Avila et al., 2021a; Palacios et al., 2013).

Los mamíferos marinos desempeñan importantes funciones ecológicas, culturales y económicas en los ecosistemas marinos (Chami et al., 2019; Whitehead et al., 1999). Desde la década de los 90, los mamíferos marinos en Colombia se han consolidado como sujetos carismáticos en el turismo de naturaleza. Actualmente el turismo de avistamiento desde embarcaciones de mamíferos marinos se realiza principalmente sobre la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*), especie migratoria que llega anualmente al Pacífico colombiano (Avila et al., 2020). Esta actividad está en auge y representa para las comunidades locales beneficios económicos importantes, por ejemplo, en Bahía Málaga en la temporada de ballenas del 2019, 21 186 turistas realizaron avistamiento de ballenas generando ingresos superiores a 1.5 millones de dólares (Avila et al., 2021b).

A pesar de su estado como “megafauna carismática”, se ha documentado que muchas especies de mamíferos marinos se encuentran negativamente afectadas por diversas actividades antropogénicas a nivel mundial, entre las que se incluye la pesca, la cacería, el transporte marítimo, la exploración de petróleo y gas, y la urbanización (Avila et al., 2018; Nelms et al., 2021). Estudios recientes indican que aproximadamente el 98 % de las especies de mamíferos marinos a nivel mundial se encuentran en algún nivel de riesgo en el 56 % del océano, principalmente en las aguas costeras (Avila et al., 2018). Las amenazas que enfrentan los mamíferos marinos en Colombia son similares a las de otros países del resto del mundo, principalmente las relacionadas con la pesca y la contaminación (Avila et al., 2013b; Avila et al., 2018). Aunque en Colombia se ha avanzado en la investigación y conservación de los mamíferos marinos, el conocimiento actual sobre la distribución de especies de mamíferos marinos y el estado de conservación es escaso. Además, el 78 % de las especies (28 especies)

están no-listadas en el libro Rojo de Mamíferos de Colombia y el resto presenta algún grado de amenaza, de ellas tres especies están en estado vulnerable, 4 en peligro y una extinta (Rodríguez-Mahecha et al., 2006).

Para mitigar los impactos negativos en los mamíferos marinos presentes en Colombia el país se ha acogido a varios acuerdos y ha implementado planes de acción que se centran en la conservación y el manejo de las poblaciones. Entre otros acuerdos internacionales se destacan la Comisión Ballenera Internacional (CBI), el Acuerdo sobre el Programa Internacional de Conservación de Delfines (CIAT) y el Convenio para la Diversidad Biológica (CBD). Estos acuerdos y planes reconocen el establecimiento de áreas marinas protegidas (AMPs) como una de las herramientas políticas más importantes para mejorar la conservación de los mamíferos marinos. Actualmente en Colombia el 14 % del territorio marino está protegido en 13 AMPs, de ellas siete en aguas del Caribe y seis en aguas del Pacífico (Alonso & Corredor-Rubiano, 2020), lo cual cumple con las recomendaciones establecidas por la CBD de establecer el 10 % del océano protegido en las AMPs (CBD, 2010). Sin embargo, para que la conservación de la biodiversidad marina sea efectiva se recomienda que el 30 % de los océanos sea protegido (O’Leary et al., 2016).

Un desafío clave para alcanzar los objetivos de establecer, ampliar y fortalecer las AMPs y propender por el desarrollo sostenible del océano radica en la identificación de las áreas que más necesitan protección y las herramientas de gestión más efectivas para realizarlo. Las visualizaciones de los patrones geográficos de los impactos documentados o potenciales en los ecosistemas y las especies en forma de mapas, denominados “mapas de amenazas”, permiten la identificación de zonas de riesgo y sirven para la priorización de medidas o acciones de conservación (e.g., Avila et al., 2018; Trebilco et al., 2011). En términos generales una amenaza se define como un factor de estrés, acción o evento que causa efectos dañinos, mientras que el riesgo es la posibilidad de experimentar efectos dañinos debido a



la exposición a un factor de amenaza (Avila et al., 2018). Para facilitar el proceso de identificación de áreas o medidas de conservación para los mamíferos marinos, es fundamental la identificación de las amenazas, sus fuentes y las áreas resultantes de alto riesgo, es por ello que Avila et al. (2018) crearon una base de datos sobre las amenazas que enfrentan los mamíferos marinos a nivel mundial entre 1991 al 2016 y con ello generaron mapas de riesgo de los mamíferos marinos. El estudio de Avila et al. (2018) identificó que el 51 % del hábitat núcleo de los mamíferos marinos está en riesgo, ubicándose las zonas de alto riesgo principalmente en aguas costeras templadas y polares, y en mares cerrados como el Mediterráneo y el Mar Báltico. Aunque al hacer un enfoque a escala de país a partir de esta información se revela que en Colombia también hay algunos parches pequeños de alto riesgo (Avila et al., 2018), el grado de detalle es difuso. Debido a la importancia de los mamíferos marinos en Colombia y la escasa información sobre su estado de conservación, es prioritario realizar un inventario de las amenazas específicas que enfrentan los mamíferos marinos en este país, incluyendo su identificación, su localización y el tiempo en el que ocurren, para poder generar acciones concretas de conservación. Es por ello que el presente estudio tiene como objetivo actualizar la base de datos sobre amenazas que enfrentan los mamíferos marinos realizada por Avila et al. (2018) hasta el año 2020 enfocada en Colombia con el fin de proporcionar un marco de referencia más detallado espacial para contribuir al desarrollo de acciones locales para la conservación de los mamíferos marinos en Colombia. La mayoría de los mamíferos marinos se desplazan por aguas transnacionales (Kaschner et al., 2006), por ello los resultados de este estudio, no sólo contribuirán a la conservación de los mamíferos marinos en Colombia, sino a nivel mundial.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Inventario de amenazas sobre los mamíferos marinos:** Nuestro estudio siguió la

metodología planteada por Avila et al. (2018) donde primero se construye una base de datos que incluya la presencia de la amenaza documentada (discriminando por tipo de amenaza), por especie, por localidad y por referencia, incluyendo además la fecha de ocurrencia. Para realizar la base de datos, primero se revisó el reporte de Avila et al. (2018) donde se presentan las amenazas mundiales documentadas por país desde 1991 hasta 2016, y se extrajo la información sobre Colombia. Tomando esto como punto de partida, se realizó una búsqueda en las plataformas Google académico y *Web of Science*, utilizando palabras claves (nombres de las amenazas, nombres científicos, nombres comunes de las especies de mamíferos marinos, Colombia). Se incluyeron solo las amenazas presentadas con los siguientes criterios: 1) registradas en documentos científicos (revistas, informes, resúmenes de congresos) o que se recopilaron utilizando una metodología científica; 2) reportadas en estudios que se publicaron entre el 1 de enero de 1991 y 30 de noviembre, 2021; 3) referidas a animales en vida libre o su hábitat natural, es decir se excluyeron las amenazas en animales en cautiverio; 4) registradas entre 1991 y 2020; y 5) resultados de estudios sin experimentación o control. Sólo se incluyeron aquellas especies de mamíferos marinos reconocidas por la Sociedad de Mamíferos Marinos (Committee on Taxonomy, 2021).

Avila et al. (2018) clasificaron las amenazas en siete clases con 28 subclases, que se refieren a la amenaza directa u origen próximo y 13 fuentes de amenazas, que se refieren a la fuente o actividad que generan la amenaza u origen último. Las clases de amenaza identificadas fueron: 1) captura incidental e interacciones con artes de pesca (captura involuntaria como resultado de haber sido enredado o atrapado por redes, líneas, trampas u otras artes de pesca, cuando el objeto de captura son especies como peces, cangrejos, etc); 2) captura directa (que se refiere a la caza directa para consumo, uso como carnada, capturas vivas y comercio-tráfico ilegal de las especies); 3) contaminación (contaminantes, derrames de

hidrocarburos (metales pesados), productos químicos, DDT, contaminación térmica, contaminación acústica, macro y microplásticos, etc); 4) tráfico de embarcaciones (invasión del hábitat de las especies por presencia de tráfico/tránsito de embarcaciones, aviones o personas); 5) patógenos y especies invasoras (proliferación de algas nocivas, afectación por especies invasoras no-nativas predatoras, infecciones); 6) disminución de los recursos y pérdida de hábitat (disminución de presas y alimento, alteración de la red alimentaria, pérdida y reducción del hábitat de las especies); 7) alteración de la física oceánica (precipitaciones, tormentas, aumento o disminución de la temperatura (SST), evento del Niño Oscilación del Sur (ENOS), reducción de las capas de hielo, aumento del nivel del mar). Los autores identifican dos tipos generales de fuentes (origen) de amenazas, las relacionadas con actividades humanas directas y las que no lo son. Las fuentes específicas identificadas son: 1) acuicultura y agricultura; 2) pesca; 3) caza; 4) producción de energía a partir de petróleo, gas y minería; 5) producción de energía a partir de la energía nuclear; 6) producción de energía a partir de recursos renovables; 7) desarrollo urbano e industrial-URBA; 8) turismo y recreación; 9) investigación científica; 10) actividades militares; 11) actividad humana no identificada; 12) cambio climático y eventos geológicos; y 13) desconocido o no reportado. Solo el cambio climático y los eventos geológicos se definieron como fuentes de amenaza no relacionadas directamente con las actividades humanas (Apéndice 1). El resultado de la combinación entre las subclases de amenaza y fuentes de amenaza generan las amenazas específicas, es decir la información completa de la amenaza que enfrenta la especie.

**Áreas en riesgo:** Se identifican las áreas de riesgo mediante la superposición y vinculación de las amenazas documentadas específicas espacialmente explícitas y la distribución de las ocurrencias de los mamíferos marinos siguiendo la metodología de Avila et al. (2018). Se georeferenciaron las amenazas asignando sus

reportes en Colombia a la cuenca oceánicas específica (Caribe o Pacífico) y a las provincias biogeográficas de Longhurst, clasificación que divide los océanos del mundo en 54 áreas, según sus atributos biogeoquímicos u oceanográficos específicos. En Colombia se identifican cuatro provincias de Longhurst: Costa de las Guayanas-GUIA, Caribe-CARB, Costa centroamericana-CAMR, y Contracorriente ecuatorial del Pacífico Norte -PNEC (Longhurst, 2006). Para generar los mapas de distribución de las especies de mamíferos marinos se utilizó el modelo de predicción de ocurrencia y abundancia relativa producida por AquaMaps ([www.aquamaps.org](http://www.aquamaps.org)). AquaMaps es un atlas en línea en el cual se generan distribuciones de especies de fauna marina utilizando un enfoque de modelado de nicho ambiental, que se deriva de información del uso de hábitat de las especies respecto a los parámetros ambientales básicos (profundidad, temperatura de la superficie del mar, salinidad, producción primaria, concentración de masas de hielo y distancia de la tierra). Los mapas resultantes representan las predicciones promedio anuales de la extensión de rango máximo de las especies (definida como la superficie máxima de los límites de ocurrencia regular o periódica conocidos de una especie) y los gradientes de idoneidad ambiental relativa, RES (“Relative Environmental Suitability”), que oscila entre 0.1 a 1.0, para cada celda de 0.5 grados de latitud por 0.5 grados de longitud (Kaschner et al., 2006; Kaschner et al., 2011; Kaschner et al., 2016). AquaMaps predice la ocurrencia relativa de una especie en el espacio geográfico mediante la relación entre la presencia/ocurrencia conocida/registrada de las especies y los parámetros ambientales. Los mapas de riesgo se realizaron basados en mapas de distribución binarios (presencia/ausencia) utilizando el hábitat central, definido como especies presentes en cualquier celda con un umbral de probabilidad predicho específico de especie de  $\geq 0.60$ . Siguiendo la metodología de Avila et al. (2018) se generaron los mapas de riesgo que muestran la proporción relativa calculada de especies que se prevé que se encuentren en



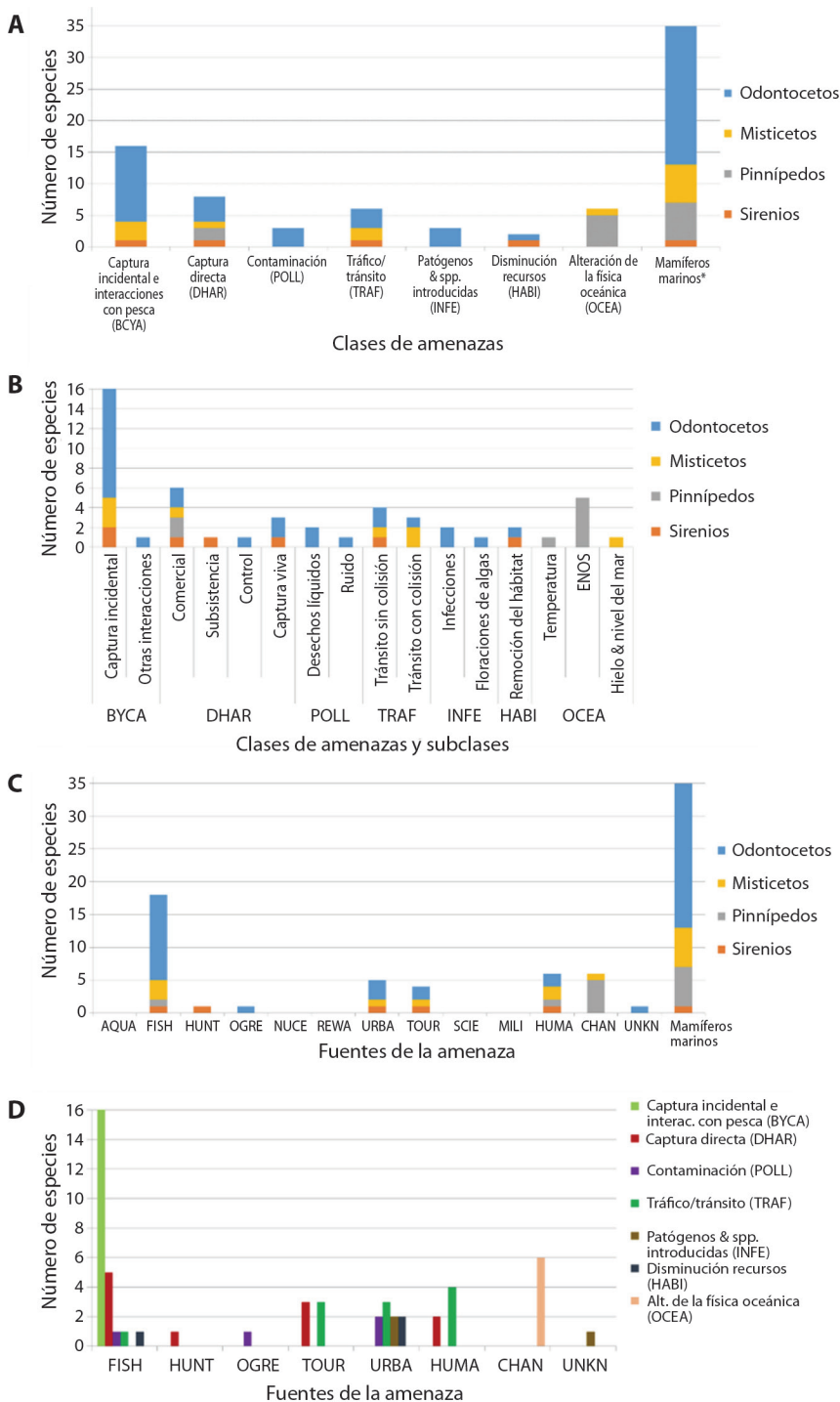
un área determinada para la que se han documentado amenazas. Se identificó la intensidad del riesgo de acuerdo al porcentaje de especies con amenazas documentadas del total de especies pronosticadas por celda, donde las áreas de alto riesgo o puntos críticos representan el percentil 25 superior de riqueza de especies pronosticada localmente, es decir, áreas donde > 75 % de las especies de mamíferos marinos que se encuentran localmente están expuestas a amenazas. Los mapas se crearon utilizando el software ArcGIS (ESRI, 2019). Adicionalmente, se calculó el área en riesgo para la comunidad de mamíferos marinos sumando el área de todas las celdas con una amenaza documentada donde ocurren las especies en su hábitat central. Es importante resaltar que los pinnípedos no son incluidos en estos mapas de riesgo, debido a que estos mapas son basados en el hábitat central de las especies, es decir el área donde hay mayor probabilidad de ocurrencia, y Colombia no es parte de su hábitat. La ballena de aleta (*Balaenoptera physalus*) tampoco es incluida en los mapas, debido a que su hábitat central no comprende las aguas colombianas (Kaschner et al., 2006; Kaschner et al., 2016).

## RESULTADOS

**Amenazas documentadas que enfrentan los mamíferos marinos en Colombia:** Se revisaron un total de 296 publicaciones, de ellas sólo 63 cumplieron los requisitos para ser utilizadas en la base de datos. La cantidad de referencias que reportan amenazas por décadas, así como la cantidad de estudios publicados por década, fue heterogéneo: 35 reportaron amenazas en la década 1991-2000 (6 estudios publicados), 41 referencias en la década 2001-2010 (23 estudios publicados) y 19 referencias en la década 2011-2020 (34 estudios publicados) (Apéndice 2). Debido a esta heterogeneidad de referencias entre las décadas no se realizó un análisis temporal.

Desde 1991 hasta 2020 se identificaron 22 especies con al menos una amenaza documentada, es decir el 63 % de las especies registradas actualmente en Colombia. La mayor amenaza

para los mamíferos marinos en Colombia es la captura incidental e interacciones con artes de pesca (BYCA, 16 especies afectadas) seguida por captura directa (DHAR, 8 especies), tráfico/tránsito (TRAF, 6 especies), alteración de la física oceánica (OCEA, 6 especies), contaminación (POLL, 3 especies), patógenos y especies introducidas (INFE, 3 especies) y disminución de recursos (2 especies) (Fig. 1A). En cuanto a las subclases, la captura incidental fue la que más especies afectó (16 especies), seguido por captura comercial (6 especies), y tráfico de embarcaciones (5 especies) y cambios en el océano relacionados con El Niño Oscilación del Sur -ENOS (5 especies) (Fig. 1B). En relación con el origen o fuentes de las amenazas, la pesquería fue la actividad que más especies afectó (FISH, 18 especies) seguido por el cambio climático y eventos geológicos (CHAN, 6 especies), el desarrollo residencial e industrial (URBA, 5 especies), y turismo y recreación (TOUR, 4 especies), producción/exploración de energía de petróleo, gas, minería (OGRE, 1 especie), y cacería (HUNT, 1 especie), adicionalmente seis especies estuvieron afectadas por actividades humanas no-reportadas (HUMA) y una especie por fuentes desconocidas (UNKN) (Fig. 1C). La pesquería causó principalmente captura incidental e interacciones con artes de pesca (16 especies afectadas) y captura directa (5 especie afectadas). El cambio climático y eventos geológicos originó alteración de la física oceánica (6 especies afectadas). El desarrollo residencial e industrial originó mayormente amenazas relacionadas con tráfico y tránsito de embarcaciones (3 especies afectadas). El turismo y recreación generaron principalmente captura directa (3 especie afectadas) y amenazas relacionadas con tráfico y tránsito (3 especies afectadas). La cacería generó captura directa, mientras que la producción/exploración de energía de petróleo, gas, minería causó contaminación. Actividades humanas no identificadas generaron amenazas relacionadas con tráfico y tránsito y captura directa, mientras que fuentes no identificadas causaron amenazas relacionadas con patógenos y especies introducidas (Fig. 1D).



**Fig. 1.** Amenazas documentadas que afectan (entre 1991 y 2020) a los mamíferos marinos en Colombia. **A.** Número de especies de cada taxón afectadas por diferentes clases de amenazas. (\*) La última barra muestra el número de especies por taxón para permitir una evaluación de la proporción de especies afectadas en cada taxón. **B.** Número de especies por taxón



afectada por diferentes subclases de amenaza en cada clase. **C.** Número de especies de cada taxón afectadas por diferentes fuentes de amenaza. (\*) La última barra muestra el número de especies por taxón. **D.** Número de especies en cada clase de amenaza afectadas por diferentes fuentes de amenaza. Ver texto para las abreviaturas.

**Fig. 1.** Documented threats that affect (between 1991 and 2020) marine mammals in Colombia. **A.** Number of species of each taxon affected by different classes of threats. (\*) The last bar shows the number of species per taxon to allow an assessment of the proportion of species affected in each taxon. **B.** Number of species per taxon affected by different threat subclasses in each class. **C.** Number of species of each taxon affected by different sources of threat. (\*) The last bar shows the number of species per taxon. **D.** Number of species in each threat class affected by different sources of threat. See text for abbreviations.

Las especies más afectadas, en cuanto a la mayor diversidad de amenazas que enfrentan, es decir las que presentaron un mayor número de amenazas específicas, son la ballena jorobada, el manatí antillano del Caribe (*Trichechus manatus*) y el tucuxi marino (*Sotalia guianensis*) (8 amenazas específicas cada uno), seguidos por el delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*) (6 amenazas específicas). La pesquería fue la fuente que más especies afectó, impactando a 3 especies de mysticetos, 13 odontocetos, 1 sirénido y 1 pinnípedo (Fig. 1C). La pesquería causó mayormente captura incidental, ya que los mamíferos marinos no fueron el objetivo de su pesca, pero estos cayeron accidentalmente enmallados en estas redes. Las especies afectadas por captura incidental e interacciones con artes de pesca fueron la ballena de Bryde (*Balaenoptera edeni*), ballena de aleta (*B. physalus*), ballena jorobada, el cachalote (*Physeter macrocephalus*), cachalote pigmeo (*Kogia breviceps*), falsa orca (*Pseudorca crassidens*), delfín de Risso (*Grampus griseus*), calderón negro de aletas cortas (*Globicephala macrorhynchus*), delfín común (*Delphinus delphis*), tucuxi marino (*Sotalia guianensis*), delfín moteado pantropical (*Stenella attenuata*), delfín listado (*Stenella coeruleoalba*), delfín moteado del Atlántico (*Stenella frontalis*), delfín tornillo (*Stenella longirostris*), delfín de dientes rugosos (*Steno bredanensis*), delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*) y el manatí antillano del Caribe (*Trichechus manatus*). En relación a las artes de pesca implicados en la captura incidental en pesquería, se identificó que la red de cerco utilizada en la pesca industrial de atún fue el arte de pesca que más especies afectó (10 especies) seguido por el

trasmallo (7 especies), el espinel (2 especies) y el chinchorro (1 especie); además el uso de la pesca con dinamita causó contaminación sonora que afectó a una especie (Apéndice 3). La captura directa se ha ejercido sobre el manatí antillano del Caribe, el tucuxi marino, el delfín nariz de botella, el delfín de Risso, el delfín moteado pantropical, y también se reportan ocasionalmente la ballena jorobada (una ocasión que un ballenato se sacrificó para consumo de su carne), el lobo fino de Galápagos (*Arctocephalus galapagoensis*) y el lobo marino de Galápagos (*Zalophus wollebaeki*). El manatí se caza frecuentemente para ser usado como carnada y para consumo de su carne. También se ha reportado cacería directa sobre el delfín nariz de botella y el moteado pantropical para ser usados como carnada. Igualmente, existen reportes de retaliaciones hacia mamíferos marinos por parte de pescadores que los consideran competidores por el recurso, esto ha ocurrido con el delfín de Risso, el lobo fino de Galápagos y el lobo marino Galápagos, este último fue sacrificado para ser usado como carnada. Además, en algunos casos, los animales son sacrificados para salvar la red de pesca (e.g., el delfín moteado pantropical y nariz de botella). Por otra parte, el tucuxi marino, el delfín nariz de botella y el manatí han sido capturados para exhibirlos en acuarios y mantenerlos en cautiverio (Apéndice 3).

El tráfico de embarcaciones es otra de las grandes amenazas en Colombia, impactando a la ballena jorobada, el tucuxi marino, el manatí antillano del Caribe y ocasionalmente a la ballena de Bryde, la falsa orca y el delfín nariz de botella. Se registró que la presencia de embarcaciones causa cambios

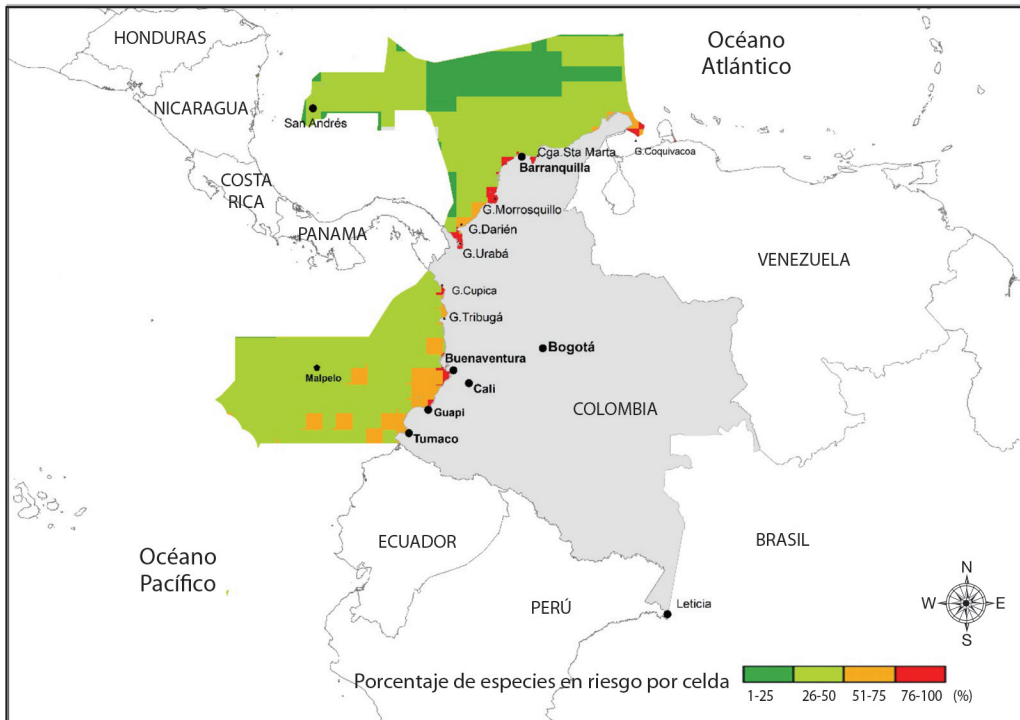
de comportamiento y produce colisiones. Las colisiones con embarcaciones se han registrado en la ballena jorobada y en una ocasión en la ballena de Bryde. Las fuentes de tráfico de embarcaciones son las actividades de turismo, el desarrollo urbano e industrial, la pesquería y actividades humanas no identificadas (Fig. 1D). Respecto de la contaminación, los mamíferos marinos están amenazados por la contaminación de las aguas debido al desarrollo urbano e industrial y la producción/exploración de energía de petróleo, gas y minería. Las aguas contaminadas ponen en riesgo la salud de los mamíferos marinos y están relacionadas con la aparición de enfermedades en los delfines nariz de botella. Adicionalmente, se reporta un caso de muerte de delfines manchados del Atlántico relacionado con la contaminación sonora resultante de la pesca con dinamita. La alteración de la física oceánica ha afectado a la ballena jorobada y cinco especies de pinnípedos. Se ha identificado que la presencia ocasional de los pinnípedos lobo fino de Galápagos, lobo fino de Juan Fernández (*A. philippi*), lobo marino suramericano (*Otaria byronia*), lobo marino de Galápagos y del elefante marino del sur (*Mirounga leonina*) en el Pacífico colombiano está relacionada con episodios del evento del Niño-Oscilación del Sur. Adicionalmente, se identificó que las ballenas jorobadas están cambiando sus patrones migratorios debido, en parte, a la disminución en la capa de hielo de la Antártida. Finalmente, se ha reportado que la disminución de recursos, específicamente la degradación/disminución de su hábitat, ha afectado al tucuxi marino y al manatí antillano del Caribe, causado cambios en su distribución y para el caso del manatí varamientos por desecación de ciénagas (Apéndice 3).

**Áreas en riesgo para los mamíferos marinos en Colombia:** Basados en las amenazas documentadas desde 1991 hasta 2020 en 63 referencias, identificamos que el 99.9 % del territorio marino de Colombia presenta algún grado de riesgo para la comunidad de mamíferos marinos. Se registran zonas de alto riesgo en algunas áreas del Pacífico: en los

alrededores de Buenaventura, Guapi, Golfo de Cupica y Bahía de Tumaco; y en algunas zonas del Caribe: en el Golfo de Urabá, Golfo de Darién, Golfo de Morrosquillo, alrededores de Barranquilla y ciénaga grande de Santa Marta, y en el Golfo de Coquivacoa (Fig. 2).

Al realizar un análisis detallado de los riesgos por amenaza, encontramos que las áreas de riesgo cambian de acuerdo a la clase de amenaza (Fig. 3). Las áreas en riesgo por la captura incidental e interacciones con pesca se presentan en ambas cuencas oceánicas, sin embargo, en el Pacífico el riesgo ha sido mayor, prevaleciendo en toda la cuenca más del 25 % de las especies afectadas. Las zonas de alto riesgo (> 75 %) se identifican en las zonas costeras, en el Pacífico: en los alrededores de Buenaventura, Guapi, Golfo de Cupica; y en el Caribe: en el Golfo de Urabá, ciénaga grande de Santa Marta, y en el Golfo de Coquivacoa (Fig. 3A). La captura directa, que incluye cacería y captura viva, ha ocurrido especialmente en la zona costera, en el Pacífico, en los alrededores de Guapi, Buenaventura y Golfo de Cupica y en el Caribe en el Golfo de Darién, alrededores de Barranquilla y Golfo de Coquivacoa (Fig. 3B). Las áreas en riesgo con relación a la contaminación se han dado en las zonas costeras, especialmente en Guapi, Buenaventura, Golfo de Cupica, Golfo de Morrosquillo, alrededores de Barranquilla y Ciénaga grande de Santa Marta (Fig. 3C). Las zonas en riesgo con relación a las amenazas relacionadas con el tráfico y tránsito, que incluyen la presencia/paso o colisión con embarcaciones, se presentan en ambas cuencas, pero las zonas de alto riesgo se localizan en el Caribe, en el Golfo de Morrosquillo, alrededores de Barranquilla, Ciénaga grande de Santa Marta y Golfo de Coquivacoa (Fig. 3D). Las áreas en alto riesgo con relación a los patógenos y especies introducidas se han concentrado en los alrededores de Guapi, Buenaventura y Golfo de Cupica (Fig. 3E). En relación con la disminución de recursos (hábitat y presas/alimento), las áreas en riesgo se presentan sólo en la costa del Caribe, especialmente en el Golfo de Morrosquillo, alrededores de Barranquilla y la Ciénaga grande de Santa Marta (Fig. 3F).





**Fig. 2.** Mapa de riesgo para todas las especies de mamíferos marinos de Colombia entre 1991 y 2020 con todas las amenazas juntas. Mapa de riesgo acumulativo para las especies de mamíferos marinos basados en la intersección de las categorías de amenazas documentadas publicadas entre 1991 y 2020 y el hábitat central de la especie ( $N$  especies = 16, 12 en el Caribe y 12 en el Pacífico); probabilidad de ocurrencia de AquaMaps  $\geq 0.6$ ; todas las categorías de amenaza. Las áreas rojas representan áreas de alto riesgo o “hotspots”, que indican las áreas donde más del 75 % de las especies presentes está documentado con amenazas. El área en gris muestra el territorio colombiano dónde no hubo reportes de amenazas para los mamíferos marinos.

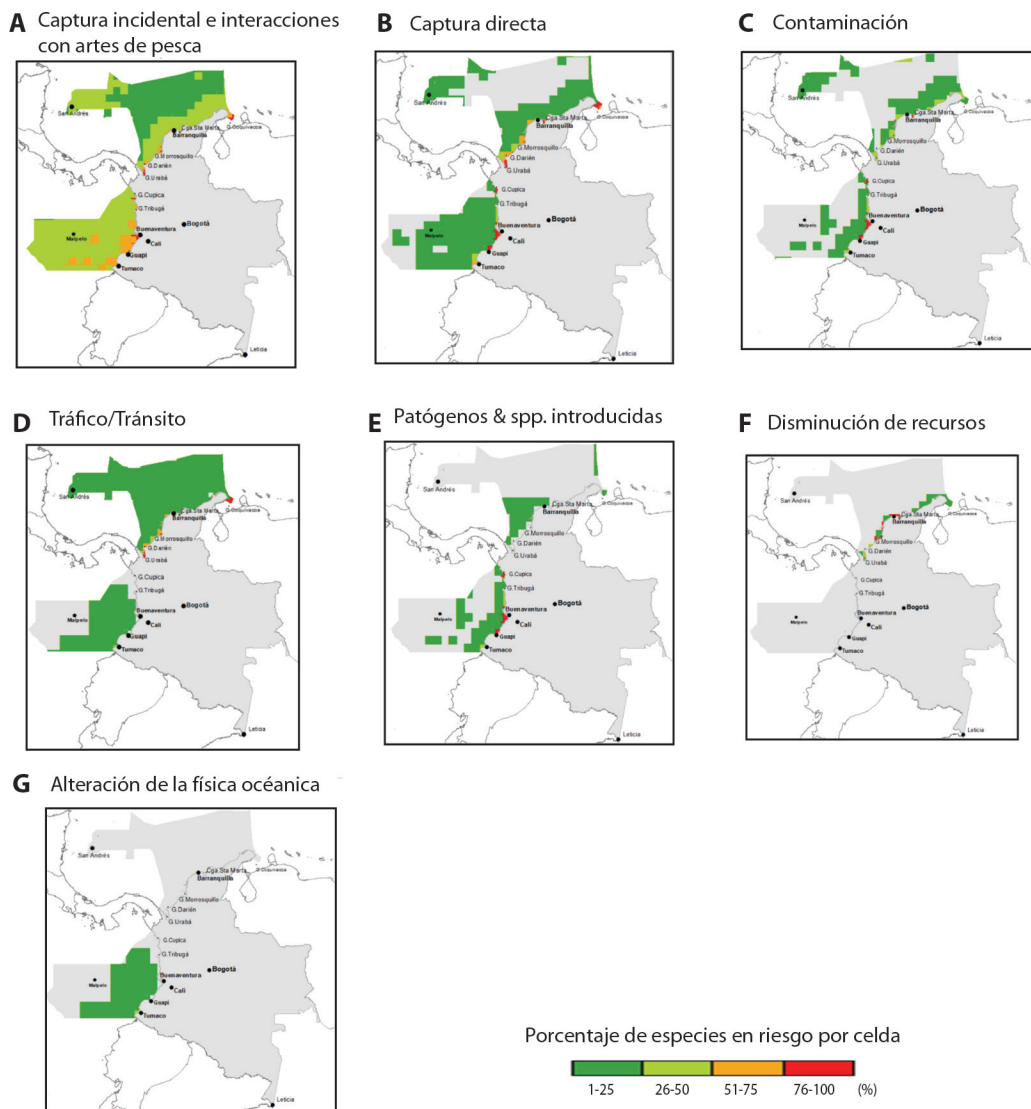
**Fig. 2.** Risk map for all species of marine mammals in Colombia between 1991 and 2020 with all threats together. Cumulative risk map for marine mammal species based on the intersection of the documented threat categories published between 1991 and 2020 and the central habitat of the species ( $N$  species = 16, 12 in the Caribbean and 12 in the Pacific); probability of occurrence of AquaMaps  $\geq 0.6$ ; all threat categories). The red areas represent high risk areas or “hotspots”, which indicate the areas where more than 75 % of the species present are documented with threats. The gray area shows the Colombian territory where there were no reports of threats to marine mammals.

Finalmente, en relación con la alteración de la física oceánica, se identifican sólo zonas de bajo riesgo ( $< 26$  %) en el Pacífico (Fig. 3G).

## DISCUSIÓN

Los resultados presentados en este estudio están basados en las amenazas documentadas o reportadas en publicaciones o documentos científicos. A pesar del esfuerzo en la búsqueda de información, la cantidad de documentos que

reportan amenazas por década no es homogénea, las décadas mayormente documentadas fueron 1991-2000 y 2001-2010, a pesar de que la mayor cantidad de estudios se publicaron en la década 2011-2020. Es por ello que la ausencia de amenaza podría significar que la amenaza no está presente o a que aún no haya sido publicada. Por ello este estudio representa la línea de base mínima de las amenazas existentes que afectan las especies de mamíferos marinos en Colombia desde 1991 hasta 2020.



**Fig. 3.** Mapa de riesgo en Colombia para todas las especies de mamíferos marinos por cada clase de amenaza entre 1991-2020. Las áreas rojas representan áreas de alto riesgo o “hotspots”, que indican las áreas donde más del 75 % de las especies presentes está documentado con amenazas. El área en gris muestra el territorio colombiano dónde no hubo reportes de la amenaza para los mamíferos marinos.

**Fig. 3.** Risk map in Colombia for all species of marine mammals for each class of threat between 1991-2020. The red areas represent high risk areas or “hotspots”, which indicate the areas where more than 75 % of the species present are documented with threats. The area in gray shows the Colombian territory where there were no reports of the threat to marine mammals.

Se encontró que el 63 % (22 especies) de las especies de mamíferos marinos presentes en Colombia está afectado por al menos una amenaza. Las especies mayormente afectadas en cuanto a la diversidad de amenazas son la ballena jorobada, el manatí antillano del Caribe

y el tucuxi marino (8 amenazas específicas cada uno), seguidos el delfín nariz de botella (6 amenazas específicas). Estas especies son costeras, y de acuerdo a la categoría de conservación nacional el manatí está clasificado como en peligro (EN), la ballena jorobada y el tucuxi



en estado vulnerable (VU), y el delfín nariz de botella no está listado (Rodríguez-Mahecha et al., 2006). La mayor amenaza para los mamíferos marinos en Colombia es la captura incidental e interacción con artefactos de pesca (16 especies afectadas) seguido por captura directa o cacería (8 especies), tráfico/tránsito de embarcaciones (6 especies afectadas) y la alteración de la física oceánica (6 especies). Otras amenazas identificadas son la contaminación (3 especies afectadas), patógenos y especies introducidas (3 especies afectadas) y disminución de recursos (2 especies afectadas).

La captura incidental e interacción con artefactos de pesca ha afectado a la ballena de Bryde, la ballena de aleta, la ballena jorobada, el cachalote, cachalote pigmeo, falsa orca, delfín de Risso, calderón negro de aletas cortas, delfín común, tucuxi marino, delfín moteado pantropical, delfín listado, delfín moteado del Atlántico, delfín tornillo, delfín de dientes rugosos, delfín nariz de botella y el manatí antillano. Las artes de pesca mayormente implicadas en las capturas incidentales de los misticetos y odontocetos son la red de cerco, el trasmallo y el espinel, y para el caso del manatí, el trasmallo y el chinchorro. Actualmente, en Colombia, las redes de cerco afectan mayormente a los odontocetos (7 especies) y en algún grado a los misticetos (3 especies). La red de cerco se utiliza en las faenas industriales de pesca de atún, especialmente del atún aleta amarillo *Thunnus albacares*, los cuales suelen agregarse con grupos de delfines (odontocetos) en el Pacífico Oriental Tropical (Avila et al., 2013b). El resultado de esta interacción generó una de las mayores mortalidades de delfines en el mundo, se estima que entre 1970 y 1980 murieron anualmente 350 000 delfines en redes de cerco (NMFS, 2004). Con el apoyo de la Comisión Interamericana del Atún Tropical, CIAT, se estableció en 1998 un Acuerdo sobre el Programa Internacional para la Conservación de los Delfines, APICD, cuyo objetivo es reducir esta mortalidad de delfines. Para ello se realizaron una serie de acuerdos regionales para modificar los métodos de pesca que permiten la liberación de los delfines, así como un programa de

observadores a bordo que registran la mortalidad (CIAT, 2021). Estos acuerdos han demostrado la reducción en la mortalidad de delfines (CIAT, 2021), sin embargo, algunos estudios reportan que las poblaciones de delfines aún no muestran signos de recuperación (Wade et al., 2007) y actualmente continua la preocupación sobre los efectos negativos de esta práctica de pesca sobre los delfines (CIAT, 2015; NMFS, 2004). Otras redes de pesca registradas en capturas incidentales de mamíferos marinos en Colombia son el trasmallo y espinel, los cuales afectan actualmente a odontocetos (5 especies) y a un misticeto, la ballena jorobada. Respecto a la ballena jorobada, se ha identificado que entre 1986 y 2006 aproximadamente el 1.9 % de la población de ballenas jorobadas de Colombia estuvo afectada por enmallamientos con redes de pesca, con un promedio de 2.3 enmallamientos por año (Capella et al., 2001; Capella et al., 2007a), y un reciente estudio reporta una incidencia de 3.0 enmallamientos por año entre 2019 y 2021 (Avila et al., 2021c). Sin embargo, esta incidencia de enmallamientos podría ser mayor.

Otra de las grandes amenazas en Colombia es la captura directa. Las especies afectadas actualmente por esta amenaza son el manatí antillano del Caribe, el tucuxi marino, el delfín nariz de botella, el delfín de Risso, el delfín moteado pantropical, y también se reportan ocasionalmente la ballena jorobada, los lobos fino y marino de Galápagos. El manatí se caza para ser usado como carnada y para consumo (Avila et al., 2013b; Trujillo et al., 2017). También se ha reportado cacería directa sobre el delfín nariz de botella y el moteado pantropical para ser usados como carnada (Avila et al., 2008). Actualmente, a pesar de que el uso de carnada de especies amenazadas está prohibido por la autoridad nacional de pesca colombiana - AUNAP (Resolución 0799 del 16 de junio de 2014), esta práctica podría estar todavía ocurriendo en Colombia cuando la carnada está escasa. Igualmente, existen reportes de retaliaciones hacia mamíferos marinos por parte de pescadores que los consideran competidores por el recurso, esto ha ocurrido con el delfín

de Risso y el lobo marino (Avila et al., 2013b). Por otra parte, en Colombia ha sido frecuente la captura viva del tucuxi marino, el delfín nariz de botella y el manatí para exhibirlos en acuarios (Avila et al., 2013b; SPAW-RAC, 2020).

El tráfico de embarcaciones es otra de las grandes amenazas en Colombia, impactando especialmente a la ballena jorobada. El tráfico de embarcaciones invade el hábitat de los mamíferos marinos, produce colisiones, perturbaciones, degradación del hábitat, contaminación (aguas lastre y ruido) y cambios a largo plazo en la distribución de las especies (Avila et al., 2018). Se ha demostrado, que la actividad de turismo de avistamiento desde embarcaciones descontrolada está afectando el comportamiento aéreo de las ballenas jorobadas y podrían estar perturbando su comunicación vocal y su distribución en el largo plazo (Avila et al., 2015; Avila et al., 2017). El tráfico de embarcaciones también representa un riesgo de colisiones, entre 1994 y 2006, en Colombia ocurrieron entre 1 y 5 casos de colisiones por año (Capella et al., 2001; Capella et al., 2007b). Adicionalmente en el Pacífico colombiano, se reportó una colisión de una embarcación con un ballenato en aguas de Gorgona en 2010 (Avila et al., 2011), y recientemente, 2011-2021, se han registrado 5 casos de ballenas con signos de colisiones en Bahía Málaga (Avila et al., 2021b). Otras especies afectadas en Colombia por colisiones con embarcaciones han sido la ballena de Bryde, la falsa orca y el manatí antillano del Caribe; y por perturbaciones y cambios conductuales debido a la presencia de embarcaciones han sido el tucuxi marino y el delfín nariz de botella (Capella et al., 2007b; García & Trujillo, 2004; Trujillo et al., 2017).

Respecto a la contaminación de las aguas, en el Caribe colombiano, se han reportado niveles de mercurio en delfines nariz de botella (Barragán-Barrera et al., 2019). El principal problema con esta situación es que la contaminación por metales pesados facilita la ocurrencia de enfermedades infecciosas en los mamíferos marinos. Por ejemplo, se ha identificado que la contaminación presente en aguas cercanas a puertos podría ser la causante de

varias enfermedades de la piel, tal es el caso de la enfermedad cutánea Lobomycosis, la cual se ha registrado en delfines nariz de botella en Bahía Málaga y en Sanquianga (Van Bressem et al., 2015). La contaminación sonora es otro factor importante. Los mamíferos marinos no sólo están afectados por el ruido de los motores de las embarcaciones, también por el ruido resultado de la pesca con dinamita y la exploración de hidrocarburos mediante prospecciones sísmicas que han estado ocurriendo en las cuencas del Pacífico y Caribe colombianos (Avila et al., 2013a; Palacios et al., 2013). Las exploraciones sísmicas incluyen la producción de fuertes explosiones e intensos sonidos usando detonaciones en serie, los cuáles son fácilmente detectados a más de 10 km de distancia y tienen efectos potencialmente perjudiciales sobre los mamíferos marinos, entre los cuales están el estrés y la confusión, cambios en el comportamiento y en la vocalización, el movimiento de los animales de sus zonas de reproducción, daños auditivos y la muerte (Gordon et al., 2003). Adicionalmente, se registró en los años 90s un varamiento de dos delfines manchados del Atlántico en cercanías de Santa Marta relacionado con la contaminación sonora resultante de la pesca con dinamita (Pardo & Palacios, 2006). Aunque la práctica de pescar con dinamita y explosivos está prohibida en Colombia (Ley 13 de 1990), se continúa ejerciendo en diversas regiones de Colombia.

La alteración de la física oceánica es otra amenaza que está afectando actualmente a los mamíferos marinos en Colombia, particularmente a los mysticetos (1 especie) y pinnípedos (5 especies). Se ha identificado que la presencia ocasional de los otáridos Lobos finos austral, de Galápagos, de Juan Fernández, y Lobos marinos suramericano y de Galápagos y del fócido elefante marino del sur en el Pacífico colombiano está relacionada con episodios del evento del Niño-Oscilación del Sur (ENSO) y cambios en la temperatura del agua que puede afectar la distribución de sus presas, cambios en el comportamiento de forrajeo y provocar estos movimientos extralimítales (Avila et al., 2014; Avila et al., 2021a; Capella et al., 2002).



Adicionalmente, en una reciente investigación de Avila et al. (2020) se identificó que las ballenas jorobadas están cambiando sus patrones migratorios, llegando en la actualidad (año 2019) casi un mes más temprano que hace 31 años (año 1988). Este cambio del patrón migratorio se relaciona probablemente con la disminución en la capa de hielo de la Antártida, lo que afecta la disponibilidad de sus presas. Esta escasez de alimento junto con el aumento en el tamaño de la población de ballenas jorobadas reportado en las últimas décadas, acrecienta estos cambios migratorios (Avila et al., 2020). El cambio climático y cambios ambientales también favorecen la proliferación de infecciones y parásitos. Aunque en Colombia hay pocos estudios al respecto en mamíferos marinos, se han registrado ectoparásitos y epibiontes en las ballenas jorobadas del Pacífico colombiano que, en grandes cantidades, podrían afectar la salud y comportamiento de las ballenas (Avila et al., 2011).

Actualmente (1991-2020), la comunidad de mamíferos marinos en Colombia presenta algún grado de riesgo en el 99.9 % del territorio marino nacional debido a las amenazas documentadas. Las áreas de alto riesgo, donde más del 75 % de las especies están afectadas, se localizan principalmente en las áreas costeras. En el Pacífico se identificaron zonas de alto riesgo en los alrededores de Buenaventura, Guapi, Golfo de Cupica y Bahía de Tumaco; y en el Caribe en el Golfo de Urabá, Golfo de Darién, Golfo de Morrosquillo, alrededores de Barranquilla y la Ciénaga grande de Santa Marta, y en el Golfo de Coquivacoa. En estas zonas, los mamíferos marinos afrontan actualmente diversas amenazas: captura incidental e interacción con artefactos de pesca, captura directa o cacería, tráfico/tránsito de embarcaciones, la alteración de la física oceánica, la contaminación, patógenos y especies introducidas y disminución de recursos. Sumado a estas amenazas no existe el suficiente conocimiento ecológico de la gran mayoría de las especies de la región, por lo que actualmente no es posible estimar o monitorear el impacto de cada una de estas amenazas y presiones.

Los mamíferos marinos son especies importantes y fundamentales para el buen funcionamiento de los ecosistemas (Chami et al. 2019), además, por ser objeto de interés turístico brindan beneficios económicos a las comunidades (Avila et al., 2021b). Para mitigar los riesgos sobre los mamíferos marinos en Colombia, es importante fortalecer y seguir los acuerdos, planes, regulaciones y recomendaciones encaminados a la protección y conservación de los mamíferos marinos. Los acuerdos internacionales a los que se ha acogido Colombia, que incluyen a los mamíferos marinos, son el Acuerdo sobre el Programa Internacional de Conservación de Delfines (APICD), la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT), la Comisión Ballenera Internacional (CBI), la Convención sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora (CITES), el Convenio para la Diversidad Biológica (CDB), y el Plan de Acción para la Conservación de los Mamíferos Marinos en el Pacífico Sudeste. Además, está el establecimiento de un sistema de áreas protegidas, AMPs, que actualmente ocupan el 14 % del territorio marino colombiano. Adicionalmente, dentro de las estrategias de conservación específicas para los mamíferos marinos, se encuentra la Estrategia para la conservación de la ballena jorobada del Pacífico Sudeste, Lineamientos para un plan de acción regional e iniciativas nacionales (Flórez-González et al., 2007), el Plan Nacional de las especies migratorias, Diagnóstico e identificación de acciones para la conservación y el manejo sostenible de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia (Naranjo & Amaya-Espinel, 2009), el Programa Nacional de Manejo y Conservación de Manatíes en Colombia (Caicedo-Herrera et al., 2005) y el Plan de Acción Nacional para la Conservación de los Mamíferos Acuáticos de Colombia (Trujillo et al., 2014). Adicionalmente, está el Manual para el reconocimiento y atención de enmallados, varamientos y otros impactos en cetáceos (Capella & Flórez-González, 2010) y la Guía para la atención a varamientos de mamíferos acuáticos



en Colombia (MINAMBIENTE, 2017a), la Guía de avistamiento de ballenas jorobadas en Colombia (Arias-Gaviria et al., 2011) y la Guía de avistamiento responsable de mamíferos acuáticos en Colombia (MINAMBIENTE, 2017b). En relación con el riesgo de colisiones, se ha recomendado regular y limitar el tráfico de embarcaciones en época de ballenas y transitar a una velocidad menor a 10 nudos en la zona de ballenas, así como el uso de protectores de propelas (Avila et al., 2017). Por otro lado, minimizar el impacto del ruido de las exploraciones sísmicas sobre los mamíferos marinos en Colombia, estas exploraciones están reguladas por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) y

por la DIMAR, basados en las regulaciones internacionales de la Joint Nature Conservation Committee (JNCC, 2017).

Finalmente, para fortalecer las acciones de conservación de los mamíferos marinos en Colombia se recomienda llevar a cabo la sugerencia de ampliar las áreas marinas protegidas al 30 % del territorio marino. También, se recomienda establecer programas de monitoreo del estatus poblacional y ampliar el conocimiento ecológico de mamíferos marinos frente a las amenazas y las áreas de riesgo identificados en el presente estudio y generar acciones concretas encaminadas a la mitigación y reducción de las amenazas identificadas; estas acciones se listan en la Tabla 1.

TABLA 1  
Acciones de conservación y mitigación recomendadas frente a las amenazas documentadas actualmente, 1991-2020, para los mamíferos marinos en Colombia

TABLE 1  
Recommended conservation and mitigation actions against currently documented threats, 1991-2020, for marine mammals in Colombia

Amenaza	Iniciativas recomendadas de conservación/ mitigación
Captura incidental e interacciones con artes de pesca	<ul style="list-style-type: none"> <li>Avanzar hacia un ordenamiento pesquero que considere la reglamentación del uso de mallas y artes de pesca en consonancia con:               <ul style="list-style-type: none"> <li>las épocas de migración de las ballenas en el Pacífico colombiano</li> <li>las áreas de presencia de los mamíferos marinos</li> <li>las áreas de alto riesgo o hotspots identificados en el presente estudio: en el Pacífico, en los alrededores de Buenaventura, Guapi, Golfo de Cupica; y en el Caribe, en el Golfo de Urabá, ciénaga grande de Santa Marta, y en el Golfo de Coquivacoa.</li> </ul> </li> <li>Continuar con el Programa de Observadores Pesqueros de Colombia.</li> <li>Reportar y documentar los casos de captura incidental en los mamíferos marinos.</li> <li>Es importante crear un protocolo nacional de atención inmediata para atender los casos de mamíferos marinos enmallados.</li> </ul>
Captura directa	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fortalecer los procesos de educación ambiental en las comunidades costeras y de pescadores con énfasis en la importancia de proteger a los mamíferos marinos, especialmente en las zonas de alto riesgo identificadas en el presente estudio: en el Pacífico, en los alrededores de Guapi, Buenaventura y Golfo de Cupica; y en el Caribe en el Golfo de Darién, alrededores de Barranquilla y Golfo de Coquivacoa.</li> <li>Generar alternativas de carnada, estudiar técnicas para el cultivo de carnada en jaulas flotantes, para satisfacer las demandas de carnada de los pescadores.</li> <li>Suscitar alternativas de captura directa viva o muerta de los mamíferos marinos, promoviendo el turismo sostenible de mamíferos marinos en su hábitat natural siguiendo las recomendaciones para su correcta observación.</li> </ul>



TABLA 1 (Continuación) / TABLE 1 (Continued)

Amenaza	Iniciativas recomendadas de conservación/ mitigación
Tráfico/tránsito	<ul style="list-style-type: none"> <li>Regular y limitar el tráfico de embarcaciones en época de ballenas y en áreas de ocurrencia de mamíferos marinos.</li> <li>Transitar a una velocidad menor a 10 nudos en la zona de ballenas y áreas de ocurrencia de mamíferos marinos.</li> <li>Utilizar protectores de propelas, especialmente en embarcaciones grandes.</li> <li>Seguir las recomendaciones del avistamiento turístico de mamíferos marinos de Colombia.</li> <li>Regular esta actividad en las áreas de alto riesgo identificadas en el presente estudio: en el Caribe, en el Golfo de Morrosquillo, alrededores de Barranquilla, Ciénaga grande de Santa Marta y Golfo de Coquivacoa.</li> <li>Reportar y documentar los casos de colisiones con embarcaciones en los mamíferos marinos.</li> </ul>
Alteración de la física oceánica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Monitorear esta amenaza en las áreas de alto riesgo identificadas en el presente estudio: costa del Pacífico colombiano.</li> <li>En caso de avistamiento de pinnípedos en playas o rocas, se recomienda dejarlos tranquilos y no intentar llevarlos al mar, pues generalmente su llegada a la costa es debido a búsqueda de un sitio para reposo y descanso.</li> </ul>
Contaminación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Restringir o disminuir las actividades antropogénicas que generan contaminación, por ejemplo, la pesca, el tránsito de embarcaciones y las prospecciones sísmicas, en las zonas o épocas de ocurrencia de los mamíferos marinos.</li> <li>Controlar y hacer un uso adecuado de las basuras y desechos, especialmente en las comunidades costeras, por ejemplo, el reciclaje.</li> <li>Monitorear esta amenaza en las áreas de alto riesgo identificadas en el presente estudio: Guapi, Buenaventura, Golfo de Cupica, Golfo de Morrosquillo, alrededores de Barranquilla y Ciénaga grande de Santa Marta</li> </ul>
Patógenos y especies introducidas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Monitorear esta amenaza y el estado de salud de las poblaciones de mamíferos marinos en las áreas de alto riesgo identificadas en el presente estudio: alrededores de Guapi, Buenaventura y Golfo de Cupica.</li> </ul>
Disminución de recursos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Avanzar hacia un ordenamiento espacial de urbanización y desarrollo costero, y un manejo correcto de la actividad humana en el mar, que incluya la importancia del hábitat y de los recursos (áreas de alimento, descanso y reproducción) de los mamíferos marinos.</li> <li>Monitorear esta amenaza en las áreas de alto riesgo identificadas en el presente estudio: Golfo de Morrosquillo, alrededores de Barranquilla y la Ciénaga grande de Santa Marta.</li> </ul>

**Declaración de ética:** los autores declaran que todos están de acuerdo con esta publicación y que han hecho aportes que justifican su autoría; que no hay conflicto de interés de ningún tipo; y que han cumplido con todos los requisitos y procedimientos éticos y legales pertinentes. Todas las fuentes de financiamiento se detallan plena y claramente en la sección de agradecimientos. El respectivo documento legal firmado se encuentra en los archivos de la revista.

Ver Apéndice digital

#### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad del Valle, Colombia, y al Ministerio de Ciencias

Tecnología e Innovación de Colombia (Convocatoria No 848 de 2019) por el apoyo financiero y administrativo. Gracias a Cristian C. Romero por el apoyo en la búsqueda y sistematización de una parte de la información. Finalmente agradecemos a tres revisores anónimos por sus valiosas correcciones y sugerencias.

#### RESUMEN

**Introducción:** Los mamíferos marinos se ven afectados por diversas amenazas que deben identificarse para los esfuerzos de mitigación.

**Objetivo:** Cuantificar visualmente las amenazas a los mamíferos marinos en Colombia e identificar acciones de mitigación.

**Métodos:** Georreferenciamos las amenazas con base en la literatura, cubriendo 35 especies en el período 1991-2020, y las superpusimos en mapas de distribución de especies.

**Resultados:** 22 especies presentaron al menos una amenaza. La captura incidental y las interacciones con los artes de pesca afectaron a 16 especies, seguidas de la captura directa (8 especies), el tráfico/tránsito de embarcaciones (6 especies) y la alteración de la física oceánica (6 especies). Las especies más afectadas, en cuanto a mayor diversidad de amenazas, son: ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*), manatí antillano del Caribe (*Trichechus manatus*), el tucuxi marino (*Sotalia guianensis*) y el delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*). Casi todo el territorio marino de Colombia presenta algún grado de riesgo para los mamíferos marinos. Las áreas de alto riesgo son Buenaventura, Guapi, Golfo de Cupica y Tumaco en el Pacífico; y Golfo de Urabá, Golfo de Darién, Golfo de Morrosquillo, frente a Barranquilla, Ciénaga Grande de Santa Marta y Golfo de Coquivacoa en el Caribe.

**Conclusión:** Los mamíferos marinos en Colombia se encuentran actualmente en riesgo debido a varias amenazas, especialmente relacionadas con actividades de pesca, caza/captura y transporte marítimo, principalmente en las zonas costeras. Se necesitan acciones urgentes de evaluación y gestión en las diez áreas de alto riesgo identificadas en este estudio.

**Palabras clave:** cetáceos; sirénidos; pinnípedos; amenazas; mapas de riesgo; conservación; Sur América.

## REFERENCIAS

- Alonso, D., & Corredor-Rubiano, I. (2020). Aporte de las Áreas Marinas Protegidas del Sistema de Parques Nacionales Naturales a la representatividad de ecosistemas en Colombia. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 49(Supl. Esp.), 275–288.
- Arias-Gaviria, D., Muñoz-Vargas, C. A., & Avila, I. C. (2011). *Guía de avistamiento ballenas jorobadas en Colombia*. Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, Viceministerio de Turismo, Dirección de Calidad y Desarrollo Sostenible del Turismo, Bogotá, Colombia.
- Avila, I. C., Alava, J. J., & Galvis, C. A. (2014). On the presence of a vagrant Juan Fernández fur seal (*Arctocephalus philippii*) in the Pacific coast of Colombia: a new extralimital record. *Journal of Neotropical Mammalogy*, 21(1), 109–114.
- Avila, I. C., Correa, L. M., & Parsons, E. C. M. (2015). Whale-watching activity in Bahía Málaga, on the Pacific coast of Colombia, and its effect on humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) behavior. *Tourism in Marine Environments*, 11(1), 19–32.
- Avila, I. C., Correa, L. M., & Van Waerebeek, K. (2017). Where humpback whales and vessel traffic coincide, a Colombian Pacific case study. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, Chile*, 66, 85–99.
- Avila, I. C., Cuellar, L. M., & Cantera, J. R. (2011). Crustáceos ectoparásitos y epibiontes de ballenas jorobadas, *Megaptera novaeangliae* (Cetacea; Balaenopteridae), en el Pacífico colombiano. *UNED Research Journal / Cuadernos de Investigación UNED*, 3(2), 177–185.
- Avila, I. C., Dormann, C. F., García, C., Payán, L. F., & Zorrilla, M. X. (2020). Humpback whales extend their stay in a breeding ground in the Tropical Eastern Pacific. *ICES Journal of Marine Science*, 77(1), 109–118.
- Avila, I. C., García, C., & Bastidas, J. C. (2008). A note on the use of dolphins as bait in the artisanal fisheries off Bahía Solano, Chocó, Colombia. *Journal of Cetacean Research and Management*, 10(2), 179–182.
- Avila, I. C., García, C., Palacios, D., & Caballero, S. (2013a). Mamíferos acuáticos de la Región del Pacífico colombiano. En F. Trujillo, A. Gärtner, D. Caicedo, & M. C. Diazgranados (Eds.), *Diagnóstico del estado de conocimiento y conservación de los mamíferos acuáticos en Colombia* (pp. 128–169). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Fundación Omacha, Conservación Internacional y WWF. Bogotá D. C., Colombia.
- Avila, I. C., Gómez-Salazar, C., García, C., & Trujillo, F. (2013b). Interacciones entre mamíferos acuáticos y pesquerías en Colombia. En F. Trujillo, A. Gärtner, D. Caicedo, & M. C. Diazgranados (Eds.), *Diagnóstico del estado de conocimiento y conservación de los mamíferos acuáticos en Colombia* (pp. 196–231). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Fundación Omacha, Conservación Internacional y WWF. Bogotá D. C., Colombia.
- Avila, I. C., Isaza, E., Ortega, L. F., Angulo, E., & Melo, A. (2021c). *Enmallamientos accidentales recientes de ballenas jorobadas en el Pacífico colombiano*. Trabajo presentado en el IV Congreso Colombiano de Mastozoología, Noviembre 20–28, 2021, Bogotá, Colombia.
- Avila, I. C., Kaschner, K., & Dormann, C. F. (2018). Current global risks to marine mammals: taking stock of the threats. *Biological Conservation*, 221, 44–58.
- Avila, I. C., Ortega, L. F., Pretel, C., & Mayor, G. (2021b). A decade of whale watching in an important tourist destination in the Pacific coast of Colombia: Challenges for a proper management. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 16(1), 23–32. <https://doi.org/10.5597/lajam00267>
- Avila, I. C., Trujillo, G. A., & Alava, J. J. (2021a). Primeros registros de elefantes marinos en el Pacífico colombiano: ¿Elefantes marinos del sur, *Mirounga leonina*? *Caldasia*, 43(2), 408–411.
- Barragán-Barrera, D. C., do Amaral, K. B., Chávez-Carreño, P. A., Fariás-Curtidor, N., Lancheros-Neva, R., Botero-Acosta, N., Bueno, P., Moreno, I. B., Bolaños-Jiménez, J., Bouveret, L., Castelblanco-Martínez, D.



- N., Luksenburg, J. A., Mellinger, J., Mesa-Gutiérrez, R., de Montgolfier, B., Ramos, E. A., Ridoux, V., & Palacios, D. M. (2019). Ecological niche modeling of three species of *Stenella* dolphins in the Caribbean basin, with application to the Seaflower Biosphere Reserve. *Frontiers in Marine Science*, 6, 10.
- Berta, A., Sumich, J. L., & Kovacs, K. M. (2015). *Marine mammals: evolutionary biology* (3<sup>rd</sup> Ed.). Elsevier.
- Caicedo-Herrera, D., Trujillo, F., Rodríguez, C., & Rivera, M. (Eds.). (2005). *Programa Nacional de Manejo y Conservación de Manatíes en Colombia*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y Fundación Omacha. Bogotá D.C. Colombia.
- Capella, J., & Flórez-González, L. (2010). *Enmallés, varamientos y otros impactos en cetáceos; Manual para su reconocimiento y atención*. Comisión Permanente del Pacífico Sur. Guayaquil, Ecuador.
- Capella, J., Flórez-González, L., & Falk, P. (2001). Mortality and anthropogenic harassment of humpback whales along the Pacific coast of Colombia. *Memoirs of the Queensland Museum*, 47(2), 547–553.
- Capella, J., Flórez-González, L., Falk, P., & Palacios, D. (2002). Regular appearance of otariid pinnipeds along the Colombian Pacific coast. *Aquatic Mammals*, 28, 67–72.
- Capella, J., Flórez-González, L., Herrera, J., Falk, P., & Tobón, I. C. (2007a). Captura incidental e intencional de grandes cetáceos en Colombia. En CPPS/PNUMA. *Memorias del Taller de Trabajo sobre el Impacto de las Actividades Antropogénicas en Mamíferos Marinos en el Pacífico Sudeste*. Guayaquil, Ecuador.
- Capella, J., Flórez-González, L., Herrera, J., Falk, P., & Tobón, I. C. (2007b). Mortalidad y lesiones no letales de grandes cetáceos en Colombia ocasionadas por colisiones con embarcaciones. En CPPS/PNUMA. *Memorias del Taller de Trabajo sobre el Impacto de las Actividades Antropogénicas en Mamíferos Marinos en el Pacífico Sudeste* (pp. 83–87). Guayaquil, Ecuador.
- CBD (Convention on Biological Diversity). (2010). *COP Decision X/2. Strategic plan for biodiversity 2011–2020*. <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-10/cop-10-dec-02-en.pdf>
- Chami, R., Cosimano, T. F., Fullenkamp, C., & Oztosun, S. (2019). Nature's Solution to Climate Change: A strategy to protect whales can limit greenhouse gases and global warming. *Finance & Development*, 56(004).
- CIAT (Comisión Interamericana del Atún Tropical). (2015). *Updated scientific report on the status of dolphin stocks in the Eastern Pacific Ocean*. [https://www.iattc.org/PDFFiles/AIDCP/\\_Spanish/AIDCP\\_Informacion%20actualizada%20del%20estado%20de%20las%20poblaciones%20de%20delfines%20en%20el%20OPO.pdf](https://www.iattc.org/PDFFiles/AIDCP/_Spanish/AIDCP_Informacion%20actualizada%20del%20estado%20de%20las%20poblaciones%20de%20delfines%20en%20el%20OPO.pdf)
- CIAT (Comisión Interamericana del Atún Tropical). (2021). *Boletín de prensa sobre la introducción de la etiqueta APICD "dolphin safe"*. <https://www.iattc.org/DolphinSafeSPN.htm>
- Committee on Taxonomy. (2021). *List of marine mammal species and subspecies*. Society for Marine Mammalogy. <http://www.marinemammalscience.org>
- ESRI. (2019). *ArcGIS* (version 10.7.1 for Desktop, software). Environmental Systems Research Institute, Redlands, CA, USA.
- Flórez-González, L., Avila, I. C., Capella Alzueta, J., Falk, P., Felix, F., Giggons, J., Guzmán, H. M., Haase, B., Herrera, J. C., Pena, V., Santillan, L., Tobon, I. C., & Van Waerebeek, K. (2007). *Estrategia para la conservación de la ballena jorobada del Pacífico Sudeste. Lineamientos de un plan de acción regional e iniciativas nacionales*. Fundación Yubarta.
- García, C., & Trujillo, F. (2004). Preliminary observations on habitat use patterns of the marine tucuxi, *Sotalia fluviatilis*, in Cispatá Bay, Colombian Caribbean coast. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 3(1), 53–59.
- Gordon, J., Gillespie, D., Potter, J., Frantzis, A., Simmonds, M. P., Swift, R., & Thompson, D. (2003). A review of the effects of seismic surveys on marine mammals. *Marine Technology Society Journal*, 37(4), 16–34.
- JNCC (Joint Nature Conservation Committee). (2017). *Joint Nature Conservation Committee guidelines for minimising the risk of injury to marine mammals from geophysical surveys*. Aberdeen, United Kingdom. <http://data.jncc.gov.uk/data/e2a46de5-43d4-43f0-b296-c62134397ce4/jncc-guidelines-seismicurvey-aug2017-web.pdf>
- Kaschner, K., Kesner-Reyes, K., Garilao, C., Rius-Barile, J., Rees, T., & Froese, R. (2016). *AquaMaps: Predicted range maps for aquatic species*. (Version 2016.8). <http://www.aquamaps.org/>
- Kaschner, K., Tittensor, D. P., Ready, J., Gerrodette, T., & Worm, B. (2011). Current and Future Patterns of Global Marine Mammal Biodiversity. *PLoS ONE*, 6, e19653.
- Kaschner, K., Watson, R., Trites, A. W., & Pauly, D. (2006). Mapping worldwide distributions of marine mammals using a Relative Environmental Suitability (RES) model. *Marine Ecology Progress Series*, 316, 285–310.
- Longhurst, A. R. (Ed.). (2006). *Ecological Geography of the Sea*. Academic Press.
- MINAMBIENTE (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible). (2017a). *Guía de avistamiento*

- responsable de mamíferos acuáticos en Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Bogotá D.C., Colombia.
- MINAMBIENTE (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible). (2017b). *Guía para la atención de varamientos de mamíferos acuáticos en Colombia*. Dirección de Asuntos Marinos Costeros y Recursos Acuáticos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible & Fundación Omacha. Bogotá D.C., Colombia.
- Naranjo, L., & Amaya-Espinel, J. (2009). *Plan Nacional de las especies migratorias Diagnóstico e identificación de acciones para la conservación y el manejo sostenible de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y WWF Colombia. Bogotá D.C., Colombia.
- Nelms, S. E., Alfaro-Shigueto, J., Arnould, J. P. Y., Avila, I. C., Nash, S. B., Campbell, E., Carter, M. I. D., Collins, T., Currey, R. J. C., Domit, C., Franco-Trecu, V., Fuentes, M. M. P. B., Gilman, E., Harcourt, R. G., Hines, E. M., Hoelze, A. R., Hooker, S. K., Kelkar, N., Kiszka, J. J., ... Godley, B. J. (2021). Marine mammal conservation: over the horizon. *Endangered Species Research*, 44, 291–325. <http://spo.nmfs.noaa.gov/tm>
- NMFS - National Marine Fisheries Service. (2004). Evaluating bycatch: a national approach to standardized bycatch monitoring programs. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Memo. NMFSF/SPO-66, 108 p. Recuperado de <http://spo.nmfs.noaa.gov/tm>
- O'Leary, B. C., Winther-Janson, M., Bainbridge, J. M., Aitken, J., Hawkins, J. P., & Roberts, C. M. (2016). Effective coverage targets for ocean protection. *Conservation Letters*, 9(6), 398–404.
- Palacios, D., Gärtner, A., Caicedo, D., Fariás, N., Jiménez-Pinedo, C., Curcio-Valencia, J., ... Moná-Sanabria, Y. (2013). Mamíferos acuáticos de la región Caribe colombiana. En: F. Trujillo, A. Gärtner, D. Caicedo, y M.C. Diazgranados (Eds.), *Diagnóstico del estado de conocimiento y conservación de los mamíferos acuáticos en Colombia* (pp. 94-127). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Fundación Omacha, Conservación Internacional y WWF. Bogotá D.C., Colombia.
- Pardo, M., & Palacios, D. (2006). Cetacean occurrence in the Santa Marta Region, Colombian Caribbean, 2004-2005. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 5(2), 129–134.
- Rodríguez-Mahecha, J. V., Alberico, M., Trujillo, F., & Jorgenson, J. (Eds.). (2006). *Libro Rojo de los Mamíferos de Colombia*. Serie de Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Conservación Internacional Colombia y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Bogotá, D.C. Colombia.
- SPAW-RAC. (2020). *Implementation of the Action Plan for Marine Mammals in the Wider Caribbean Region: A Scientific and Technical Analysis*. UN Environment, Caribbean Environment Programme, Specially Protected Areas and Wildlife Regional Activity Center. [https://www.car-spaw-rac.org/IMG/pdf/mmap\\_caribbean\\_report\\_final\\_2-2-21.pdf](https://www.car-spaw-rac.org/IMG/pdf/mmap_caribbean_report_final_2-2-21.pdf)
- Trebilco, R., Halpern, B. S., Flemming, J. M., Field, C., Blanchard, W., & Worm, B. (2011). Mapping species richness and human impact drivers to inform global pelagic conservation prioritisation. *Biological Conservation*, 144(5), 1758–1766.
- Trujillo, F., Caicedo, D., & Diazgranados, M. C. (Eds.). (2014). *Plan de acción nacional para la conservación de los mamíferos acuáticos de Colombia (PAN mamíferos Colombia)*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Fundación Omacha, Conservación Internacional y WWF. Bogotá D.C., Colombia.
- Trujillo, F., Ortiz-Gómez, E. P., Mosquera-Guerra, F., Prieto, J., Jáuregui, A., & Pabón-Aldana, K. (Eds.). (2017). *Plan de conservación y manejo de mamíferos acuáticos del departamento del Magdalena*. CORPAMAG, Fundación Omacha, Fundación Museo del Mar y Acuario y Museo del Mar Fospina S.A.S. Santa Marta, Colombia.
- Van Bresseem, M. F., Simões-Lopes, P. C., Félix, F., Kiszka, J. J., Daura-Jorge, F. G., Avila, I. C., Secchi, E. R., Flach, L., Fruet, P. F., Du Toit, K., Ott, P. H., Elwen, S., Di Giacomo, A. B., Wagner, J., Banks, A., & Van Waerebeek, K. (2015). Epidemiology of lobomycosis-like disease in bottlenose dolphins *Tursiops* spp. from South America and southern Africa. *Diseases of Aquatic Organisms*, 117(1), 59–75.
- Vides, M. P., & Sierra, P. (Eds.). (2003). *Atlas de paisajes costeros de Colombia*. INVEMAR. Santa Marta, Colombia.
- Wade, P. R., Watters, G. M., Gerrodette, T., & Reilly, S. B. (2007). Depletion of spotted and spinner dolphins in the eastern tropical Pacific: modeling hypotheses for their lack of recovery. *Marine Ecology Progress Series*, 343, 1–14.
- Whitehead, H., Reeves, R. R., & Tyack, P. L. (1999). Science and the Conservation, Protection, and management of wild cetaceans. En J. Mann, R. C. Connor, P. L. Tyack, & H. Whitehead (Eds.). *Cetacean Societies* (pp. 308–332). University of Chicago Press, Chicago, U.S.A.