



ATLAS

**Domo Térmico
de Costa Rica**



Tiburón azul
Prionace glauca

ATLAS

Domo Térmico
de Costa Rica



Autores

Erick Ross Salazar
Jorge A. Jiménez Ramón
Marco Castro Campos
Mariana Blanco Bolaños

Revisor interno

Juan Manuel Posada

Coordinación editorial

Nash Ugalde Hidalgo

Cartografía

Manuel Camilo Velandia
Marco Castro Campos

Contenido

Fotografías

Portada: Kim ten Wolde/ shutterstock
Atlas Domo Térmico de Costa Rica: Ase / shutterstock
Delfín tornillo: MarViva
Tortuga baula: IrinaK / shutterstock
Tiburones martillo: MarViva
Delfín nariz de botella: MarViva
Generalidades Oceanográficas: SHIN-db / shutterstock
Productividad Primaria: katatonia82 / shutterstock
Zooplankton: Rattiya Thongdumhyu / shutterstock
Tiburón ballena: orifec_a31 / shutterstock
Microplásticos: MarViva
Basura marina: MarViva
Ballena azul: powell'sPoint / shutterstock
Ballena azul: Chase Dekker / shutterstock
Delfín tornillo: David Garcia / EcoDiverscr
Delfín manchado: David Herra
Marlin azul: lunamarina / shutterstock
Pez vela: wildestanimal / shutterstock
Pez vela: MarViva
Pesca deportiva: BigTunaOnline / shutterstock
Manta gigante: Sascha Caballero / shutterstock
Tiburón sedoso: MarViva
Tiburón sedoso: megablaster / shutterstock
Cardumen de manta doblada: EcoDiverscr
Atún aleta amarilla: Guido Montaldo / shutterstock
Atún aleta amarilla: Shmulik Blum/ Undersea Hunter Group
Tortuga verde: David Carbo / shutterstock
Tortuga baula: Michael Patrick O'Neil / alamy
Tortuga lora: Grethel Pavon / shutterstock
Calamar de Humboldt: Andy Murch
Calamar de Humbolt (2): Andy Murch
Transporte marítimo: Avigator Fortuner / shutterstock
Tráfico marítimo: DIDIER FOTO/ shutterstock
Expedición científica al Domo: MarViva
Principales retos: icemanphotos / shutterstock
Tiburón zorro: Beth Swanson / shutterstock
Cooperación internacional: Boiarkina Marina / shutterstock
Tortuga lora: MarViva
Pez vela: wildestanimal / shutterstock

Diseño

Elizabeth Argüello Miranda

Impresión

Triunvirato

ISBN

978-9930-9599-7-8

Citar publicación como:

Ross Salazar, E., Jiménez Ramón, J.A., Castro Campos, M., Blanco Bolaños, M. 2019. Atlas Domo Térmico de Costa Rica. Fundación MarViva, San José. 108 pp.

Citar insertos como:

D.E. Johnson, 2019. ¿Son los microplásticos una amenaza para la biodiversidad del Domo?. Inserto, pp: 36-37. En E. Ross Salazar, J.A. Jiménez Ramón, M. Castro Campos, M. Blanco Bolaños. Atlas Domo Térmico de Costa Rica. Fundación MarViva. San José. 108 pp.

© 2019. Fundación MarViva.

Únicamente se permite la reproducción parcial o total de esta obra, por cualquier medio, con autorización escrita de la Fundación MarViva. Dicho uso debe hacerse para fines educativos e investigativos, citando debidamente la fuente.

Agradecimientos

Este trabajo se llevó a cabo bajo la iniciativa Global de Biodiversidad Oceánica (GOBI, www.gobi.org). El proyecto forma parte de la iniciativa Climática Internacional (IKI). El Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza, Obras Públicas y Seguridad Nuclear (BMUB) de Alemania apoyan esta iniciativa sobre la base de una decisión adoptada por el Parlamento Federal Alemán. Un particular agradecimiento a los señores David Edward Johnson, Vikki Gunn y Christopher Barrio Froján de GOBI.

Un especial agradecimiento para los autores de los insertos incluidos en este Atlas, quienes con gusto colaboraron con su valioso conocimiento con el fin de enriquecer el documento: David Edward Johnson, Jorge Cortés Núñez, Randall Arauz, Rodney Piedra Chacón, Héctor M. Guzmán, Lindy Weilgart y Silvia Frey. A Yonat Swimmer, por su colaboración en la búsqueda de información bibliográfica, de distribución espacial de especies y de actividades humanas en el Domo.

En Fundación MarViva se contó con el detallado esfuerzo que Juan Manuel Posada López le imprime a la revisión editorial de cada documento para mejorar su calidad; Nash Ugalde Hidalgo se encargó de revisar el diseño y coordinar todo lo relacionado a fotografías e ilustraciones; Manuel Velandia Díaz estuvo al frente de la edición cartográfica, para ofrecerle al lector un documento de alto estándar en dicha materia.




Delfin tornillo
Stenella longirostris

Presentación



Tortuga baula
Dermochelys coriacea

El Domo es un fenómeno oceanográfico de gran relevancia para Centro América. La dependencia que existe entre muchos organismos de la costa y el Domo, ubicado mayormente en aguas internacionales, determina la ecología y la economía de las zonas costeras centroamericanas.

En la costa Pacífica de Centro América, actividades como la pesca, el avistamiento de cetáceos y el turismo costero en general, tienen una alta dependencia con el Domo.

A pesar de su importancia, el Domo es mayormente desconocido. Más crítico aún, su relevancia para los países centro americanos es ampliamente ignorada. MarViva ha venido impulsando en los últimos años la concienciación del público y de los decisores políticos de la región sobre este tema. Sin embargo, aún falta mucho por hacer!

Estamos seguros que el presente Atlas será un paso más en este importante proceso de dar a conocer el Domo y su relevancia. Es inevitable que una vez se entienda su crítica función, los países del istmo impulsen el manejo sostenible de esta región.

Centro América se beneficiará grandemente de un Domo sosteniblemente manejado, donde la pesca y la navegación marítima produzcan el menor impacto posible a los hábitats y especies críticas que habitan o frecuentan el Domo. Sólo con el esfuerzo conjunto de la región se alcanzará este objetivo.

Confiamos que en los próximos años se dé la consolidación de un modelo regional de gobernanza para el Domo, que incida sobre organismos internacionales, logrando que aprecien este fenómeno oceanográfico y se comprometan a proteger los procesos y recursos presentes en la región del Domo.

Dr. Jorge A. Jiménez Ramón
Director General
Fundación MarViva

Contenido

Agradecimientos.....	1	VII. Tiburones y rayas.....	60
Presentación.....	5	Tiburón sedoso.....	62
Índice de figuras.....	8	Turismo con tiburones.....	64
Acrónimos.....	10	La pesca del tiburón en la región del Domo Térmico de Centroamérica (Inserto).....	65
I. Introducción.....	12	Rayas.....	67
Historia del Domo.....	15	Turismo con rayas.....	69
CBD: Área de importancia ecológica o biológica.....	15	VIII. Atunes.....	70
UNESCO: Sitio de Patrimonio Mundial.....	16	Atún aleta amarilla.....	72
Mission Blue: Sitio de Esperanza.....	17	IX. Tortugas marinas.....	74
II. Generalidades Oceanográficas.....	18	Tortuga baula.....	76
Comportamiento Anual.....	20	Tortuga lora.....	77
III. Productividad Primaria.....	26	La importancia ambiental, económica y social de las playas de anidación en las comunidades locales (Inserto).....	79
IV. Zooplancton.....	32	X. Calamar de Humboldt.....	80
¿Son los microplásticos una amenaza para la biodiversidad del Domo? (Inserto).....	36	XI. Transporte marítimo.....	84
V. Mamíferos marinos.....	40	Ordenar el Tráfico Marítimo para la protección de grandes cetáceos en el Pacífico Oriental (Inserto).....	88
Ballena azul.....	42	Ruido submarino como una amenaza a la biodiversidad marina (Inserto).....	90
La importancia del Domo para los organismos de aguas profundas (Inserto).....	45	XII. Principales retos en el manejo del Domo.....	92
Delfín rayado.....	46	Naturaleza jurídica mixta.....	92
Delfín común.....	47	Manejo fragmentado.....	95
Importancia económica de los cetáceos.....	50	Cooperación internacional.....	96
VI. Peces de pico o picudos.....	52	Gobernanza.....	98
Pez vela.....	54	Referencias.....	100
Pesca comercial del pez vela.....	56		
Pesca deportiva de peces pico o picudos.....	56		

Índice de figuras

Figura 1. Principales corrientes marinas y vientos que influyen la dinámica del DTCR.	14	Figura 17. Principales sitios de avistamiento de cetáceos (turismo) cerca del Domo.	50
Figura 2. EBSA del Sistema de Afloramiento de Papagayo.	16	Figura 18. Seguimiento satelital a peces vela marcados en la costa Pacífica de Centroamérica.	55
Figura 3. Climatología de los vientos superficiales en enero para el periodo 1999-2009	20	Figura 19. Principales marinas de pesca deportiva cerca del Domo.	58
Figura 4. Promedio de la temperatura superficial del mar entre febrero y abril.	21	Figura 20. Movimientos de tiburones marcados en la región del Domo.	64
Figura 5. Promedio de la profundidad de la Termoclina entre febrero y abril.	21	Figura 21. Captura promedio de atún aleta amarilla para el periodo 1985-1999.	72
Figura 6. Promedio de la velocidad y dirección de los vientos entre agosto y noviembre en la región del Domo.	22	Figura 22. Movimientos de 46 tortugas baula marcados en Playa Grande, Costa Rica.	77
Figura 7. Promedio de la profundidad de la Termoclina de agosto a noviembre.	23	Figura 23. Movimientos de tortugas lora marcadas en el Domo.	78
Figura 8. Profundidad de la termoclina a lo largo de un año promedio, usando datos de 1980-2015.	24	Figura 24. Principales rutas navieras a través del DTCR.	86
Figura 9. Concentración promedio de nutrientes en la región del DTCR a lo largo de la columna de agua.	28	Figura 25. Rutas de tránsito de 892 embarcaciones saliendo del Canal de Panamá superpuestas sobre las rutas de 12 ballenas jorobadas en el mismo periodo con el TSS para el Canal de Panamá.	87
Figura 10. Las cianobacterias <i>Synechococcus</i> (A) y <i>Prochlorococcus</i> (B) son responsables de la mayor parte de la productividad primaria en el DTCR.	29	Figura 26. La zonificación de las aguas marinas de acuerdo a la CONVEMAR.	94
Figura 11. Productividad primaria y concentración de clorofila promedios en la región del DTCR para el periodo 1999-2016.	30		
Figura 12. Especies de zooplacton encontradas en el DTCR.	34		
Figura 13. Trayectorias seguidas por 92 ballenas azules marcadas entre 1994 y 2007 a lo largo de la costa del Pacífico Nordeste .	44		
Figura 14. Número de avistamientos esperados para la ballena azul en el Domo. Las unidades reflejan un índice de abundancia de la especie, generado a partir del número de avistamientos registrados (por celda de 0.25 x 0.25 grados o 15 x 15 m.n).	44		
Figura 15. Figura 15. Número de avistamientos esperados para el delfín rayado en el Domo. Las unidades reflejan un índice de abundancia de la especie, generado a partir del número de avistamientos registrados (por celda de 0.25 x 0.25 grados o 15 x 15 m.n).	46		
Figura 16. Número de avistamientos esperados para el delfín común en el Domo. Las unidades reflejan un índice de abundancia de la especie, generado a partir del número de avistamientos registrados (por celda de 0.25 x 0.25 grados o 15 x 15 m.n)	47		

Acrónimos

AFJN	Áreas fuera de la jurisdicción nacional.
ADIO	Asociación de Desarrollo Integral de Ostional.
BIOMARCC	Biodiversidad Marino Costera y Adaptación al Cambio Climático.
CABA	Central American Billfish Association.
CCAD	Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo.
CDB	Convenio sobre la Diversidad Biológica.
CCEN	Contra Corriente Ecuatorial del Norte.
CIAT	Comisión Interamericana del Atún Tropical.
CITES	Convención sobre el Comercio internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres.
CMS	Convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres.
COCATRAM	Comisión Centroamericana de Transporte Marítimo.
CONVEMAR	Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar.
Domo	Domo Térmico de Costa Rica o DTCR.
DSV	Vehículo Submarino Profundo (<i>Deep-Sumergence Vehicle</i>).
DST	Dispositivo de Separación de Tránsito.
DTCR	Domo Térmico de Costa Rica.
EBSA	Área marina de importancia ecológica o biológica (<i>Ecologically or Biologically Significant Area</i>).
FFI	Flora y Fauna Internacional.
GESAMP	Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection.
GIZ	Agencia Alemana de Cooperación Técnica (<i>Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit</i>).
GOBI	Iniciativa Global de Biodiversidad Oceánica (<i>Global Ocean Biodiversity Initiative</i>).
INCOPESCA	Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura.
Kg	kilogramos.
km	kilómetros.
km²	kilómetros cuadrados.
MARENA	Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales.
MARN	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
MiAMBIENTE	Ministerio de Ambiente de Panamá.
m³	metros cúbicos.
ml	mililitros.

ml/l	mililitros por litro.
mm	milímetros.
mn	millas náuticas.
MLG	Modelo Linear Generalizado.
NOAA	Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>).
OMI	Organización Marítima Internacional.
ONG	Organización no gubernamental.
ONU	Organización de las Naciones Unidas.
ONU Medio Ambiente	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
OROP	Organizaciones Regionales de Ordenación Pesquera.
OSPESCA	Organización del Sector Pesquero y Acuicola del Istmo Centroamericano.
PIB	Producto Interno Bruto.
PNMB	Parque Nacional Marino Las Baulas.
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
PTO	Pacífico Tropical Oriental.
SAP	Sistema de Afloramiento de Papagayo.
SICA	Sistema de Integración Centroamericano.
SINAC	Sistema Nacional de Áreas de Conservación.
t	toneladas.
TBF	The Billfish Foundation.
µm	micrones.
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (<i>International Union for the Conservation of Nature</i>).
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (<i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i>).
UCR	Universidad de Costa Rica.
US\$	Dólares de los Estados Unidos de Norteamérica.
UV	Ultravioleta.
VUS	Valor Universal Sobresaliente.
ZAE	Zona a Evitar.
ZCIT	Zona de Convergencia Intertropical.
ZEE	Zona Económica Exclusiva.

I. INTRODUCCIÓN

El Pacífico Tropical Oriental (PTO) se extiende desde la punta de la Península de Baja California, al noroeste de México, hasta el sur de Perú; y desde el límite este del giro del Pacífico Norte (aprox. 120° O) hasta el continente americano en el este (Kessler, 2006).

La región presenta un ambiente biológico inusual de gran importancia, debido a la presencia de grandes corrientes marinas, la surgencia de aguas frías ricas en nutrientes, los chorros de vientos costeros, los bajos aportes de hierro y una ventilación inadecuada de aguas por debajo de la termoclina (zona donde la temperatura cambia abruptamente). Estas características ambientales únicas favorecen, tanto el crecimiento poblacional del plancton, como de organismos mayores (Fiedler y Philbrick, 199; Fiedler y Lavín, 2006; Lavín *et al.*, 2006).

Dentro de esta región se encuentra el Domo Térmico de Costa Rica (DTCR o el Domo), proceso oceanográfico generado principalmente por la cercanía a la superficie del lomo de la Contra Corriente Ecuatorial del Norte (CCEN), así como por cambios estacionales en fenómenos interconectados: chorros de vientos costeros, remolinos, la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), el balance geostrófico y el afloramiento de la termoclina cerca de los 10°N (Fiedler, 2002; Kessler, 2006). A diferencia de otros afloramientos, el Domo es único por ser formado por un chorro de viento costero (Fig. 1; Fiedler *et al.*, 2017).

La productividad primaria y secundaria, así como la descomposición de la biomasa, son relativamente altas en el Domo (Lavín *et al.*, 2006). Como resultado, importantes procesos ecológicos (como el mantenimiento de poblaciones amenazadas y la fijación de carbono), así como actividades económicas (como pesquerías y el turismo), están ligadas a este fenómeno oceanográfico.

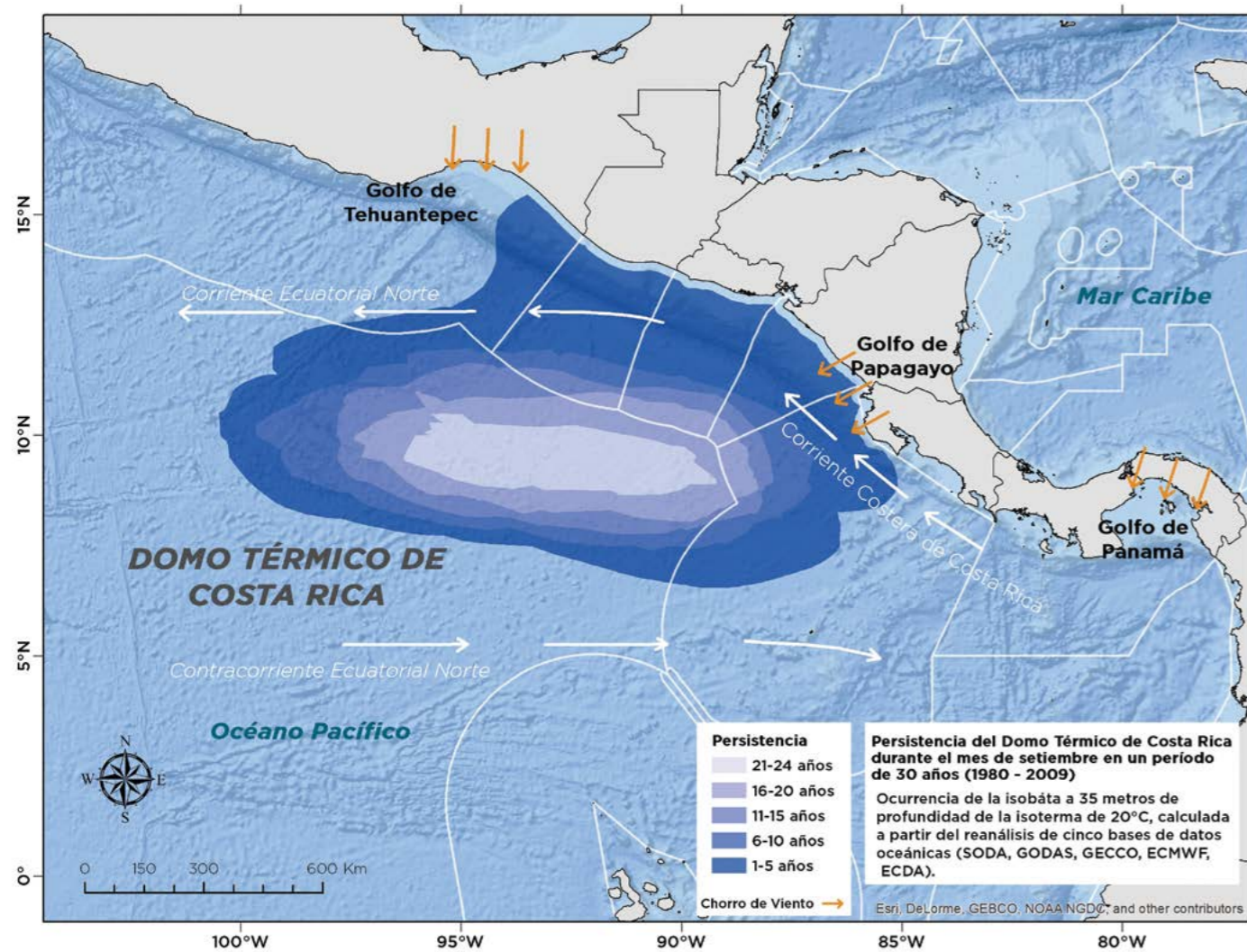


Figura 1. Principales corrientes marinas y vientos que influyen la dinámica del DTCR.

Historia del Domo

El Domo se observó por primera vez en 1948 (Wyrтки, 1964) y fue descrito en 1958 por el investigador de la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT), Townsend Cromwell (Cromwell, 1958).

Cromwell ubicó esta importante surgencia en los 9°N y 90°O, frente a la costa de Costa Rica, por lo que la llamó el Domo Térmico de Costa Rica (Cromwell, 1958).

El Domo, debido a su importancia ecológica, ha sido objeto de un gran número de investigaciones científicas por parte de la CIAT, la NOAA (Administración Nacional Oceánica y Atmosférica, por sus siglas en inglés), universidades (Oregon State University, Stanford University, Universidad de Costa Rica, Universidad Nacional, University of Miami, entre otras) y diversas organizaciones no gubernamentales (ONG; Fundación MarViva, Programa Restauración de Tortugas Marinas, The Leatherback Trust, entre otras).

Como resultado de esta gran cantidad de investigaciones, la relevancia del Domo ha sido reconocida a nivel mundial por múltiples organizaciones que lo han incluido en su clasificación de sitios relevantes fuera de las jurisdicciones nacionales:

CBD: Áreas Marinas de Importancia Ecológica o Biológica

La designación de las Áreas Marinas de Importancia Ecológica o Biológica (EBSA por sus siglas en inglés) se realiza en el seno del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB). Desde el 2004, este organismo multilateral ha discutido la conservación de la biodiversidad marina en Áreas Fuera de la Jurisdicción Nacional (AFJN).

En el 2012, el Gobierno de Costa Rica aprobó la iniciativa de Fundación MarViva para proponer el Domo como un EBSA, en el Taller Regional del Pacífico Este Tropical y Templado del CDB que se llevó a cabo en las Islas Galápagos en ese mismo año. Este taller reconoció el potencial del Domo como un EBSA, incluyéndolo dentro de su informe de trabajo. El Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico, Técnico y Tecnológico del CDB avaló dicho potencial bajo el nombre de Sistema de Afloramiento de Papagayo (SAP), que cubre solamente una sección del área total del Domo. Finalmente, en la Conferencia de las Partes del CDB del 2014, el plenario aprobó la designación del SAP como un EBSA.

El SAP se extiende desde la costa Pacífico sur de Nicaragua y norte de Costa Rica, hasta las aguas internacionales que cubren la parte central del Domo y abarcan un área que fluctúa estacionalmente entre los 2.000-200.000 kilómetros cuadrados (km²) (Fig. 2). La designación del SAP como un EBSA podría promover futuras inversiones de recursos técnicos y financieros, así como la creación e implementación de un sistema de gobernanza que garantice la conservación y la gestión sostenible de los recursos marinos en esta área.

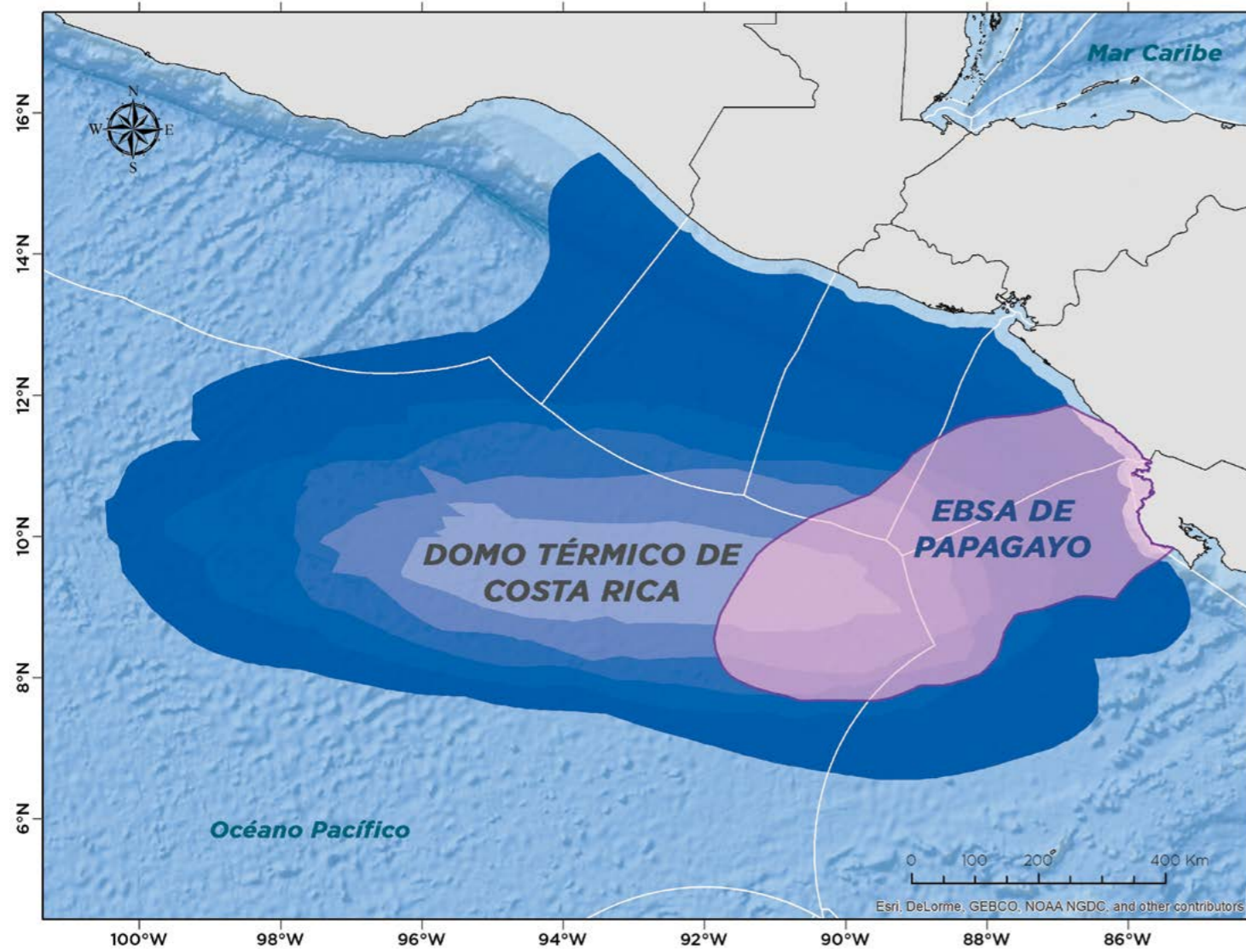


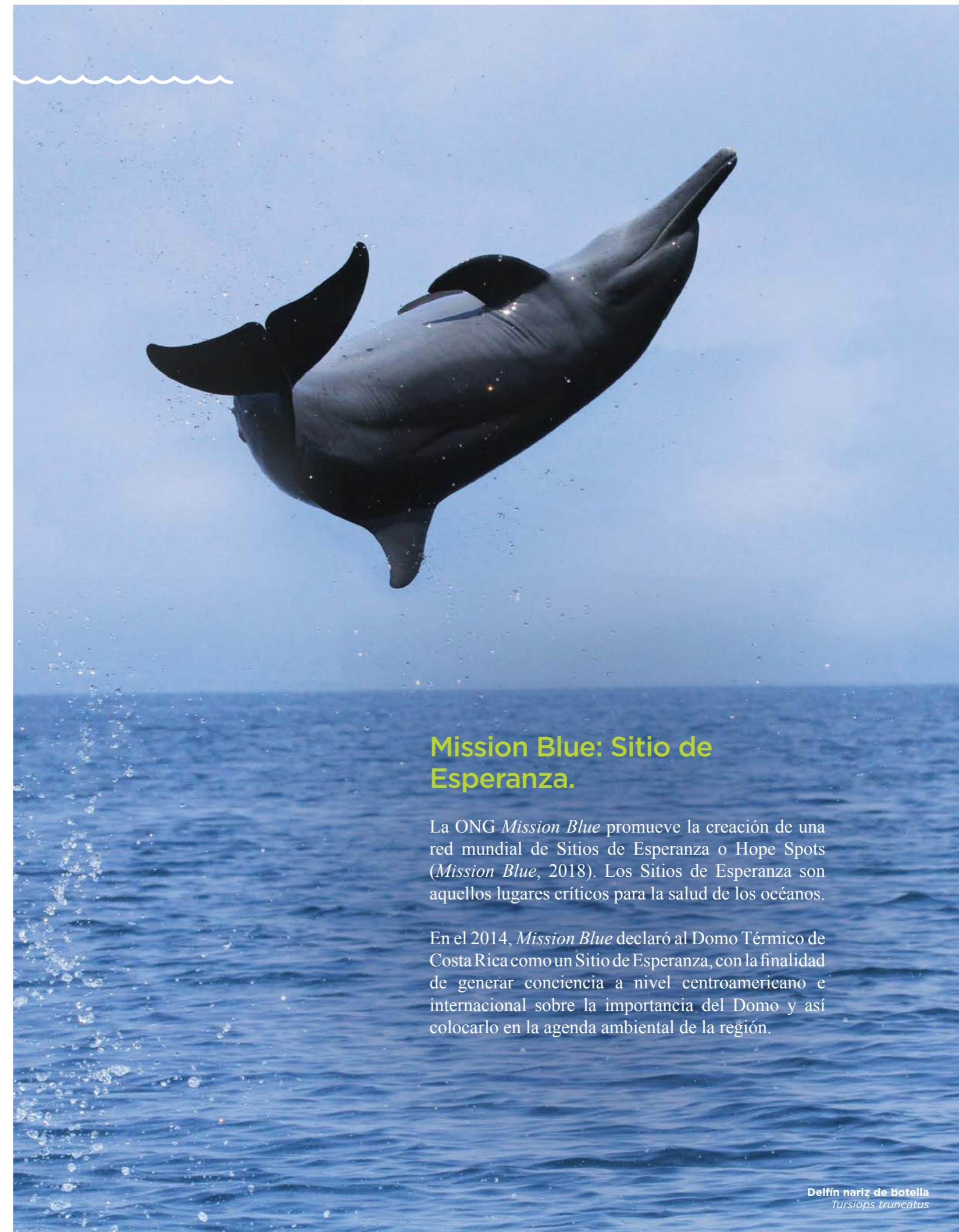
Figura 2. EBSA del Sistema de Afloramiento de Papagayo.

UNESCO: Sitio de Patrimonio Mundial

La categoría de Patrimonio Mundial es conferida por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, por sus siglas en inglés) a sitios específicos que se caracterizan por tener significancia cultural, histórica, científica o de otro tipo. Estos sitios se consideran importantes para el interés colectivo de la humanidad por su Valor Universal Sobresaliente (VUS) y su designación busca conservar estos sitios para la posteridad (UNESCO, 2016).

Un taller de expertos, en el 2015, definió cinco sitios prioritarios para ser considerados como Patrimonio Mundial en las AFJN: el Campo Hidrotermal de la Ciudad Perdida, el Domo Térmico de Costa Rica, el Café de los Tiburones Blancos, el Mar de Sargazo y el Bajo de Atlantis.

El Domo fue considerado como sitio prioritario en AFJN por ser un oasis oceánico, un sistema de surgencia que resulta en un área altamente productiva y un hábitat crítico que provee sitios de desove únicos, rutas migratorias y sitios de alimentación a múltiples especies en peligro de extinción y de importancia económica (UNESCO, 2016).



Mission Blue: Sitio de Esperanza.

La ONG *Mission Blue* promueve la creación de una red mundial de Sitios de Esperanza o Hope Spots (*Mission Blue*, 2018). Los Sitios de Esperanza son aquellos lugares críticos para la salud de los océanos.

En el 2014, *Mission Blue* declaró al Domo Térmico de Costa Rica como un Sitio de Esperanza, con la finalidad de generar conciencia a nivel centroamericano e internacional sobre la importancia del Domo y así colocarlo en la agenda ambiental de la región.

Delfín nariz de botella
Tursiops truncatus

II. GENERALIDADES OCEANOGRÁFICAS

El Domo es una surgencia de gran relevancia regional. El efecto combinado de las corrientes y vientos provoca que un caudal impresionante de aguas profundas y frías suba hacia la superficie, trayendo consigo una gran cantidad de nutrientes (Wyrcki, 1964). Un promedio de 3,5 millones de metros cúbicos (m³) de agua por segundo, equivalente a dieciséis veces el caudal del Río Amazonas, llega a la superficie (Wyrcki y Kendall, 1967; McPhaden, 1996; Zhao *et al.*, 2013; Jiménez, 2016). Esta masa de agua, en su ascenso, toma forma de campana o Domo; de ahí el nombre de este fenómeno.

Comportamiento Anual

El Domo muestra un comportamiento anual, en el cual su posición y tamaño varían de acuerdo al comportamiento de fenómenos como las corrientes, vientos y el desplazamiento de la ZCIT a lo largo del año (Hofmann *et al.*, 1981; Umatani y Yamagata, 1991; Fiedler, 2002; Jiménez, 2016; Fiedler *et al.*, 2017).

El Domo inicia su formación usualmente entre enero y febrero, cuando fuertes vientos alisios atraviesan el Lago de Nicaragua, con dirección hacia San Juan del Sur, y el Golfo de Papagayo. Estos vientos (llamados el chorro de Papagayo) ocurren al mismo tiempo que ocurren otros chorros en Tehuantepec y Panamá. (Fig. 3). En esta época, el Domo se ubica más cerca de la costa, presentando diámetros de entre 200 y 300 kilómetros (km).

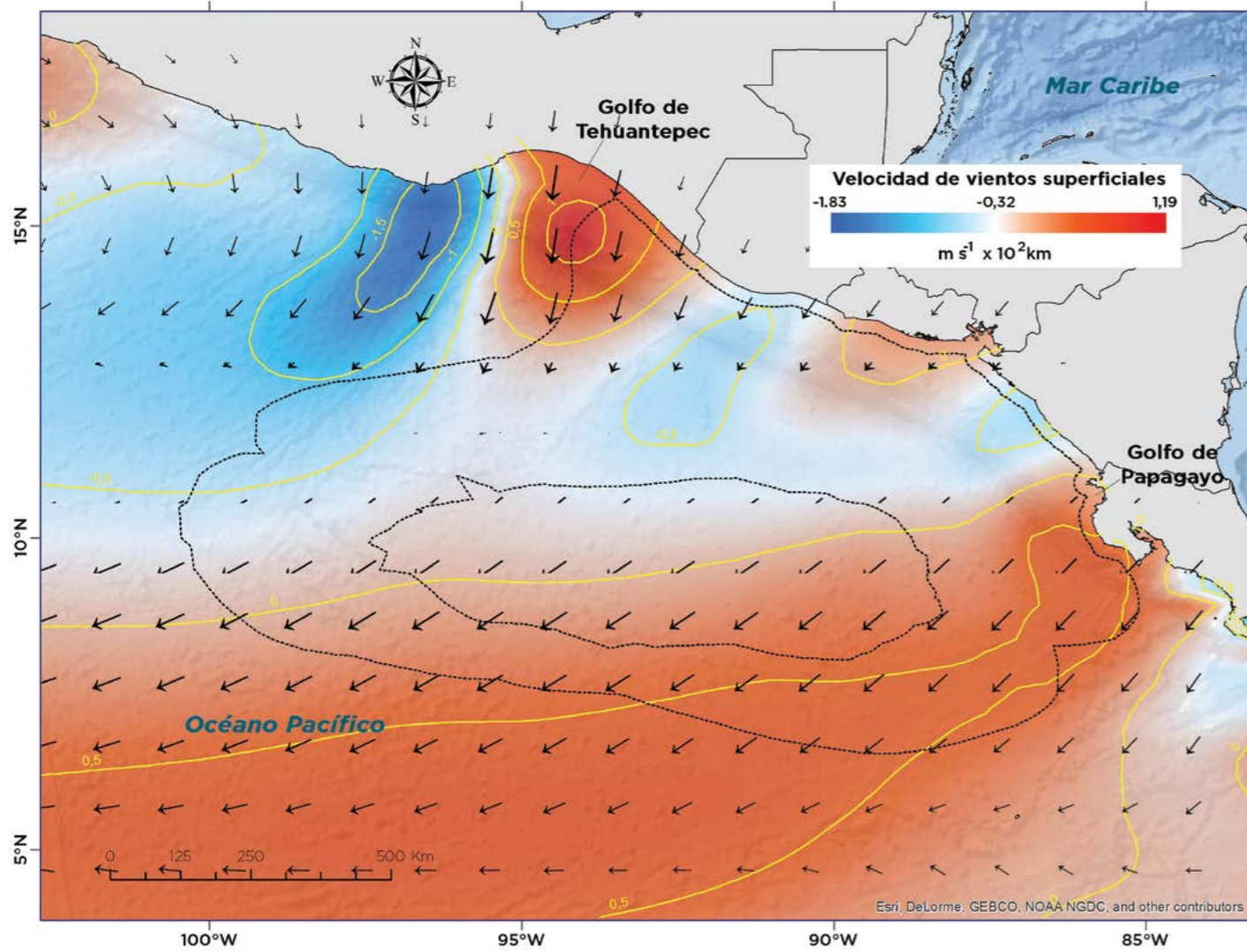


Figura 3. Climatología de los vientos superficiales entre febrero y abril para el periodo 1999-2009 (adaptado de Fiedler *et al.*, 2017).

Las temperaturas superficiales del agua son más frías en regiones costeras donde estos chorros alcanzan el océano Pacífico (Fig. 4). La termoclina, consecuentemente, se encuentra más somera en estas regiones costeras (Fig. 5).

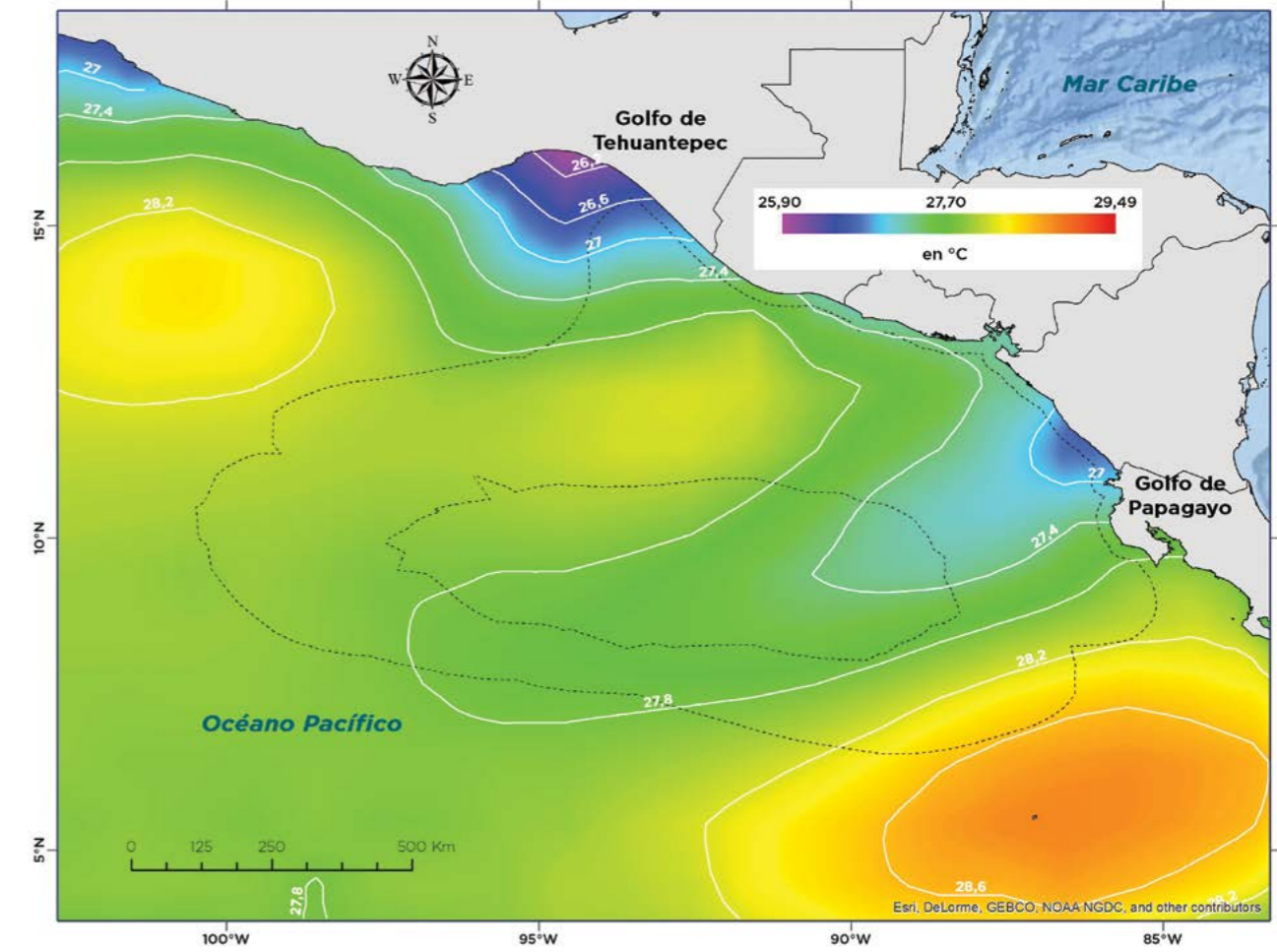


Figura 4. Promedio de la temperatura superficial del mar entre febrero y abril (adaptado de Fiedler *et al.*, 2017).

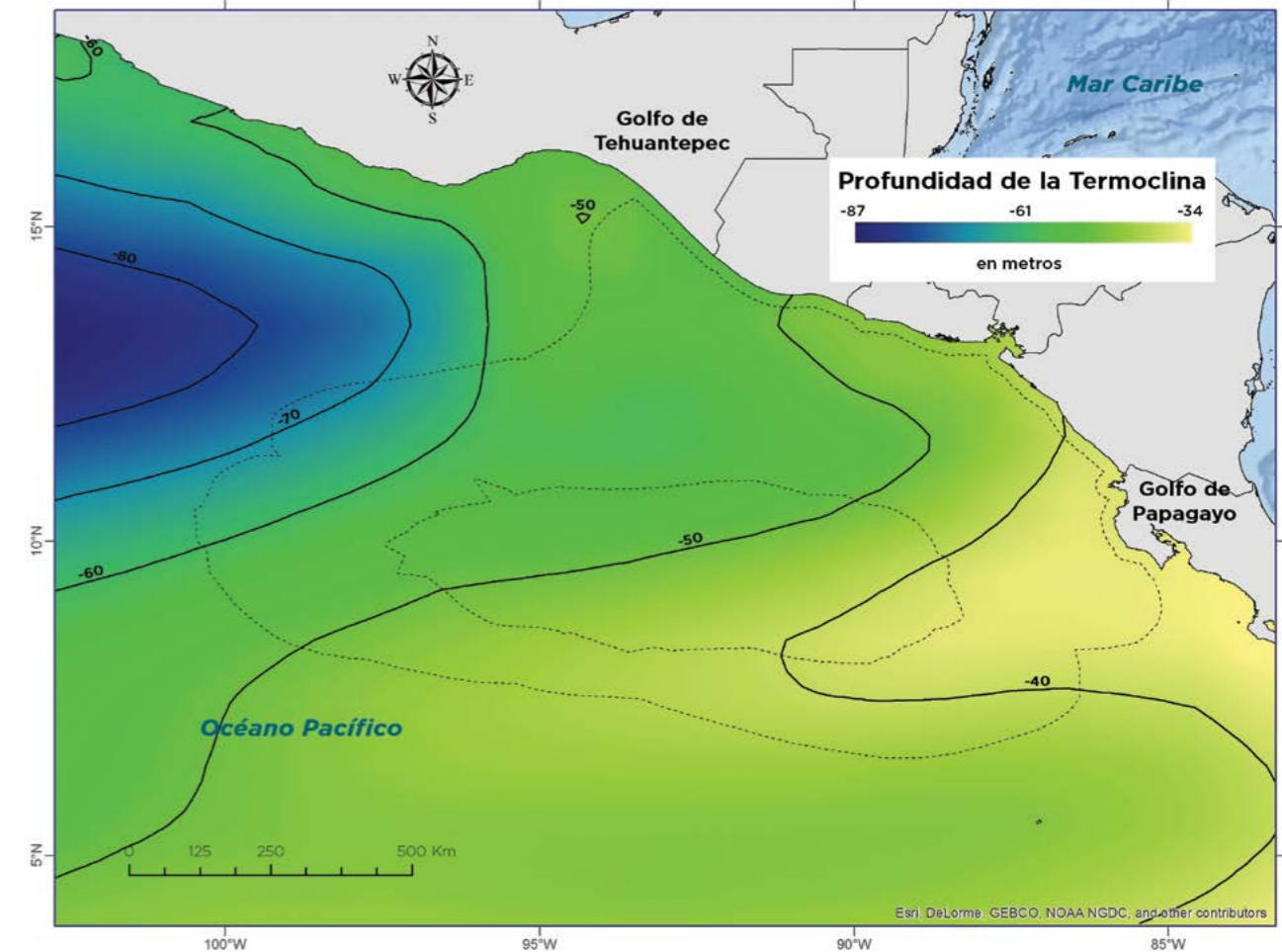


Figura 5. Promedio de la profundidad de la termoclina entre febrero y abril (adaptado de Fiedler *et al.*, 2017).

A diferencia de otros procesos en la región, durante mayo y junio, conforme los vientos pierden fuerza, el Domo se separa de la costa, migrando hacia el norte y ubicándose en aguas más profundas y lejanas, sobre el lomo de la CCEN, cuya somera posición mantiene el proceso de surgencia. En esta época su diámetro se extiende entre 300 y 500 km.

Entre agosto y noviembre los vientos se van debilitando en la región del norte, conforme se desplaza sobre la región la ZCIT (Fig. 6).

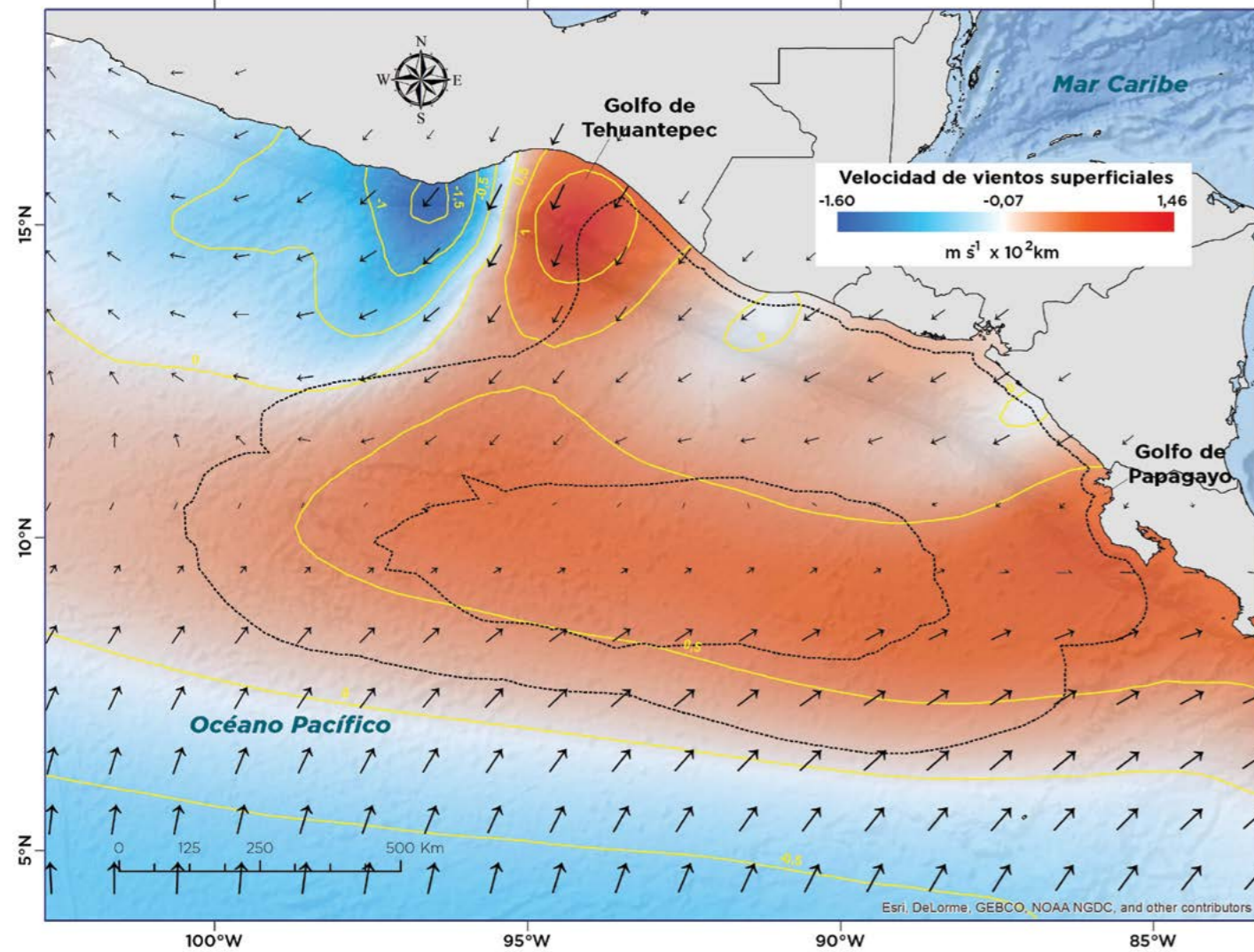


Figura 6. Promedio de la velocidad y dirección de los vientos entre agosto y noviembre en la región del Domo (adaptado de Fiedler *et al.*, 2017).

Para esta época, el núcleo del Domo se ubica claramente en aguas internacionales, mantenido por la CCEN que se acerca a la superficie. Las aguas superficiales alrededor del núcleo son frías ya que la termoclina se ubica a menos de 30 m de profundidad (Fig. 7). El Domo, en esta fase de máxima extensión, alcanza un diámetro de hasta 1.000 km.

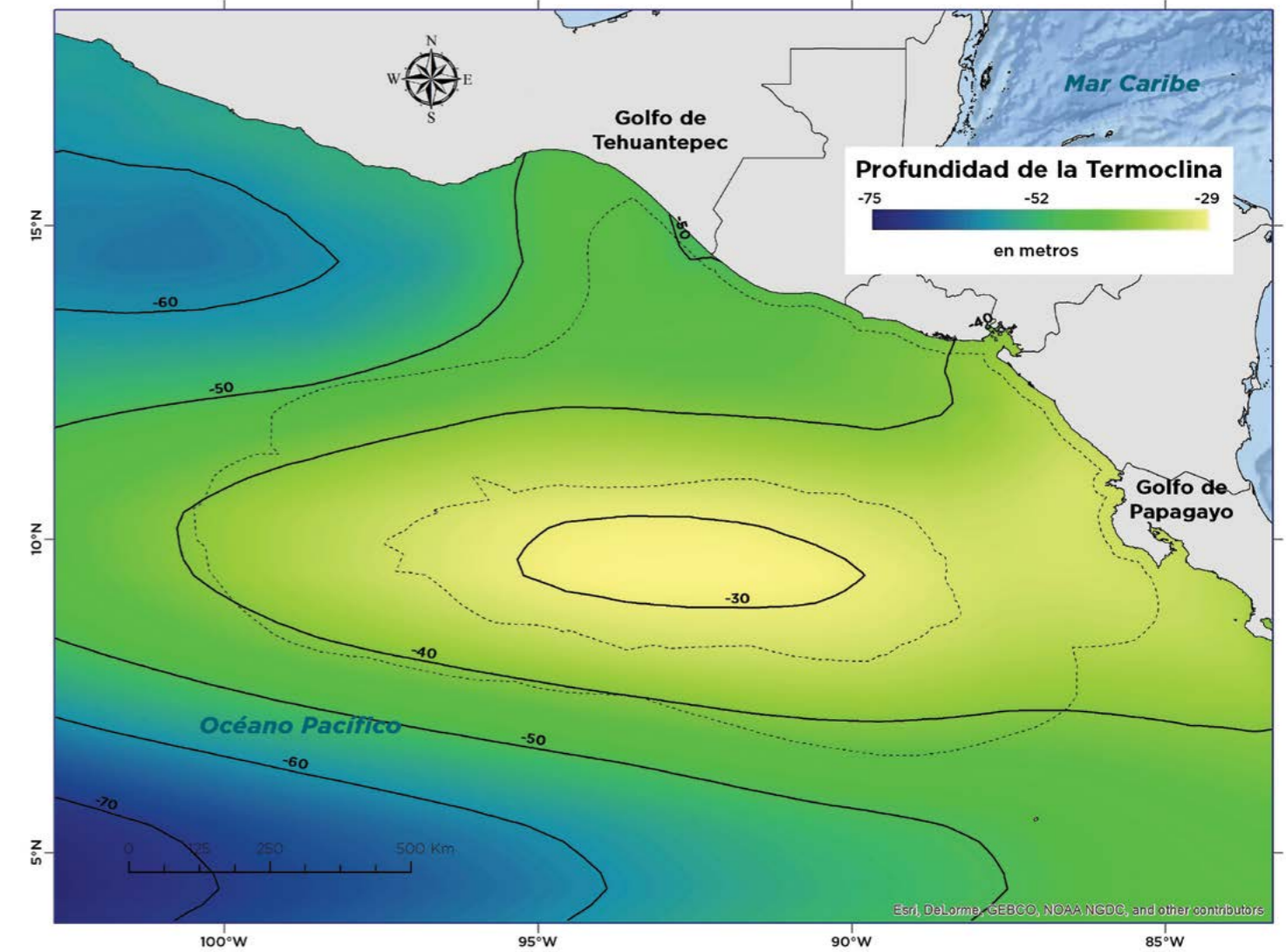


Figura 7. Promedio de la profundidad de la termoclina de agosto a noviembre (adaptado de Fiedler *et al.*, 2017).

Entre noviembre e inicios de enero, el Domo se reduce notoriamente, ya que los remolinos cálidos asociados con la migración hacia el sur de la ZCIT, desplaza agua cálida sobre la región del Domo, “hundiendo” la termoclina por debajo de la zona fótica y reduciendo consecuentemente la productividad primaria en la región (Wyrтки, 1964; Umatani y Yamagata, 1991; Muller-Karger y Fuentes-Yaco, 2000; Fiedler, 2002; McClain *et al.*, 2002; Brenes *et al.*, 2008; Jiménez, 2016).

La extensión del Domo también, fluctúa de año a año. Un análisis con diferentes sistemas predictivos (Fiedler *et al.*, 2017), estableció la ubicación y los límites máximos del Domo para el periodo 1980-2009, basándose en

la isoterma de 20°C a 35 m de profundidad (Fig. 8). Una superposición de estos mapas mensuales permitió identificar las zonas de mayor persistencia del Domo durante el periodo analizado (Fig. 8). Este análisis permite alcanzar dos conclusiones de particular importancia para los países de la región: 1) por más de 20 de los 30 años analizados el núcleo del Domo se ubicó en altamar de junio a febrero, fuera de las Zona Económica Exclusiva (ZEE) de los países centroamericanos y 2) en al menos 6 de los 30 años analizados, el Domo cubrió parte de las aguas jurisdiccionales de todos los países de la región, con la excepción de Panamá (Jiménez, 2016).

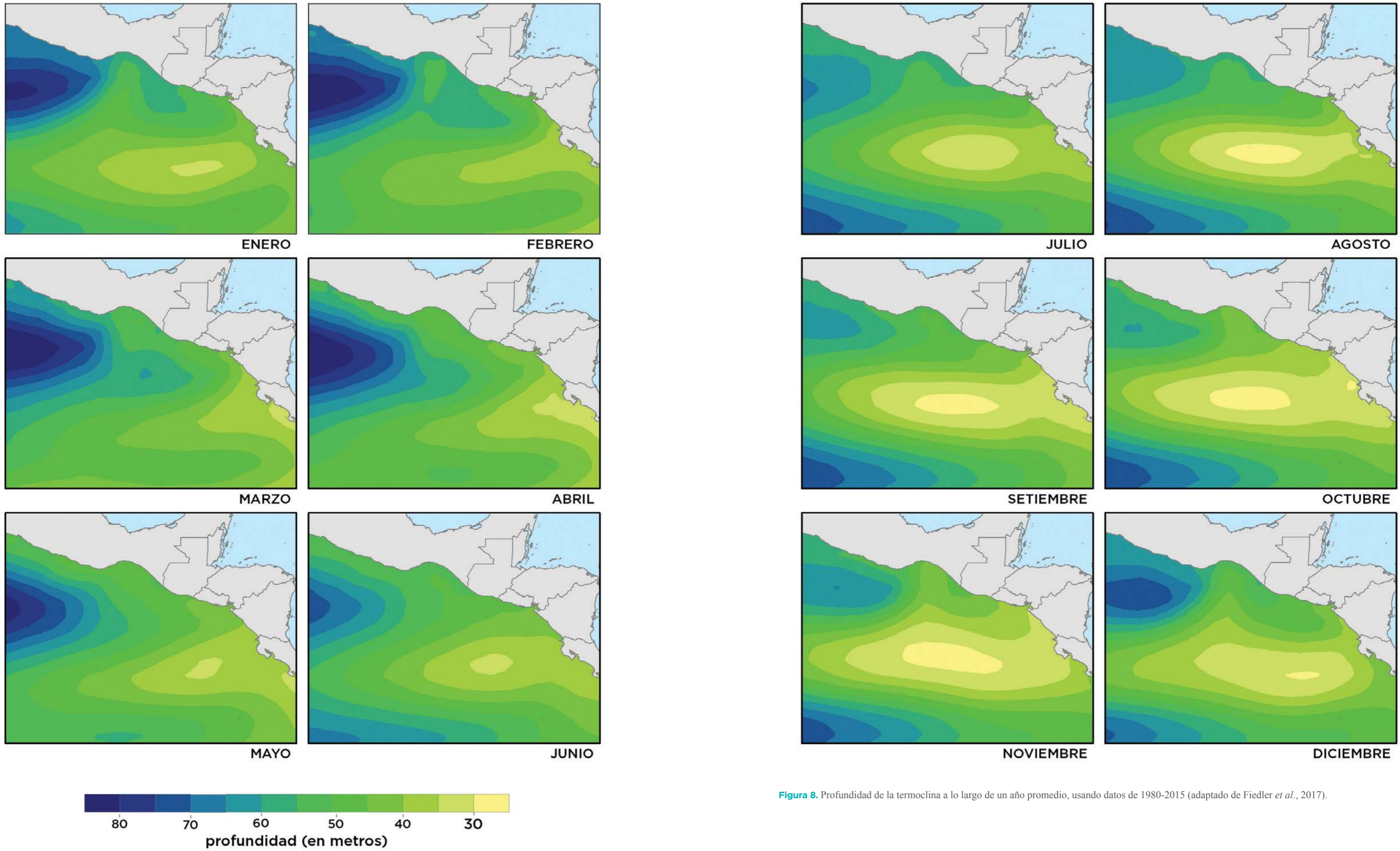


Figura 8. Profundidad de la termoclina a lo largo de un año promedio, usando datos de 1980-2015 (adaptado de Fiedler *et al.*, 2017).

III. PRODUCTIVIDAD PRIMARIA



La productividad primaria neta es la fijación de carbono y nutrientes en las células de los organismos fitoplanctónicos, que estará disponible para los consumidores (Fiedler *et al.*, 2017).

Esta productividad incrementa en aquellas zonas donde aumenta el suministro de nutrientes a la capa de agua donde penetra la luz (zona fótica). La surgencia del Domo acarrea altas concentraciones de nutrientes hacia la zona fótica, las cuales se reducen conforme las aguas se acercan a la superficie, indicando su consumo por el fitoplancton en la columna de agua (Fig. 9) (Broenkow, 1965; Jiménez, 2016).

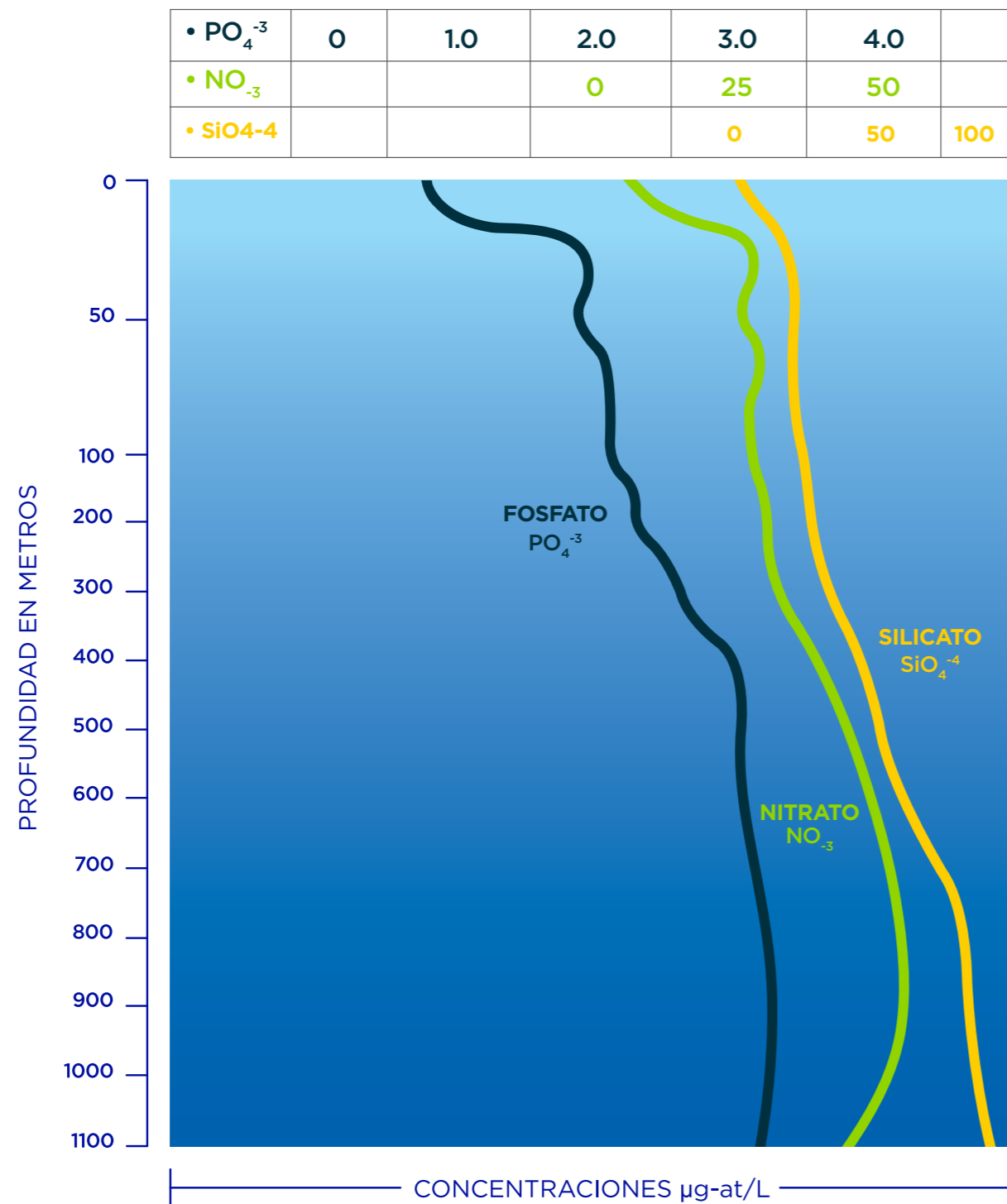


Figura 9. Concentración promedio de nutrientes en la región del DTCR a lo largo de la columna de agua (adaptado de Jiménez, 2016).

A diferencia de otras surgencias oceánicas, la productividad primaria en el Domo está principalmente asociada al picoplancton autotrófico [minúsculos organismos, menores a 2 micrones (μm)], que se concentran cerca de los 20 m de profundidad (Li *et al.*, 1983; Saito *et al.*, 2005; Ahlgren *et al.*, 2014; Gutiérrez-Rodríguez *et al.*, 2014). La presencia de fitoplancton eucariótico (organismos de mayor tamaño con núcleo definido), pareciera estar limitada en el Domo por las bajas concentraciones de hierro y zinc (Franck *et al.*, 2003; Landry *et al.*, 2015).

El Domo presenta densidades inusualmente altas de picoplancton formado por cianobacterias de los géneros *Synechococcus* y *Prochlorococcus* (Fig. 10; Li *et al.*, 1983; Saito *et al.*, 2005). Las densidades reportadas de estos organismos [3.7×10^6 y 7×10^5 células por mililitro (ml), respectivamente], son las más altas en el mundo y parecen estar asociadas a las altas concentraciones de cobalto en la región (Saito *et al.*, 2005; Ahlgren *et al.*, 2014). Las cianobacterias, conocidas como algas verde-azuladas, son capaces de obtener energía a través de la fotosíntesis y son los únicos organismos procariontes fotosintéticos capaces de producir oxígeno (Burkholder, 2002).

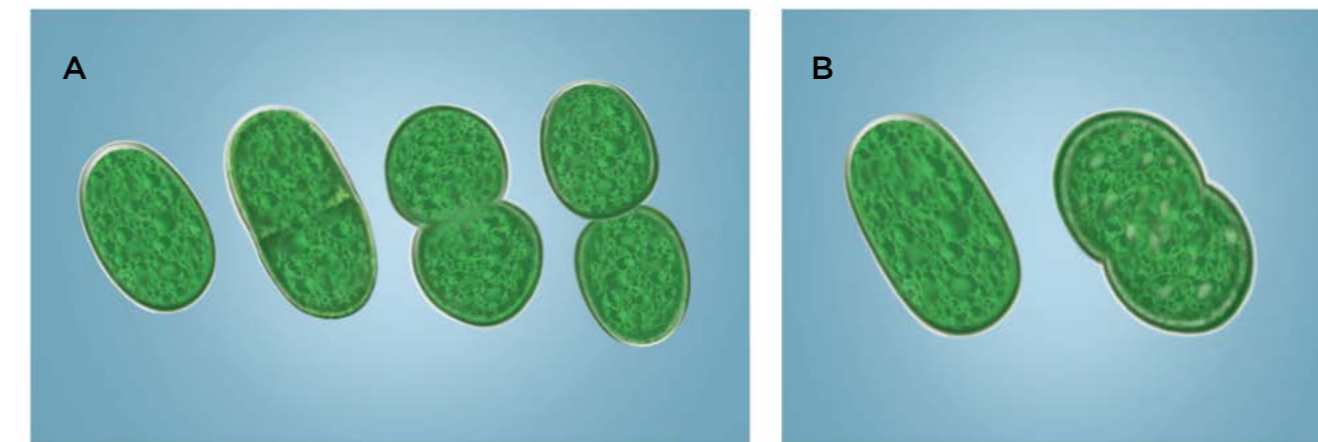


Figura 10. Las cianobacterias *Synechococcus* (A) y *Prochlorococcus* (B) son responsables de la mayor parte de la productividad primaria en el DTCR (tomado de Jiménez, 2016).

La productividad primaria de la región sigue el ciclo anual del Domo. Entre febrero y abril la productividad primaria es alta en las aguas costeras, como respuesta a la mezcla causada por los vientos que arrastran aguas profundas hacia la superficie. De agosto a noviembre la productividad primaria es mayor en Alta Mar, debido a la surgencia de aguas profundas provocada por la CCEN, que se acerca a sólo 25 m de profundidad a los 90° de longitud oeste (Fig. 11; Fiedler, 2002; Vilchis *et al.*, 2009; Fiedler *et al.*, 2017).

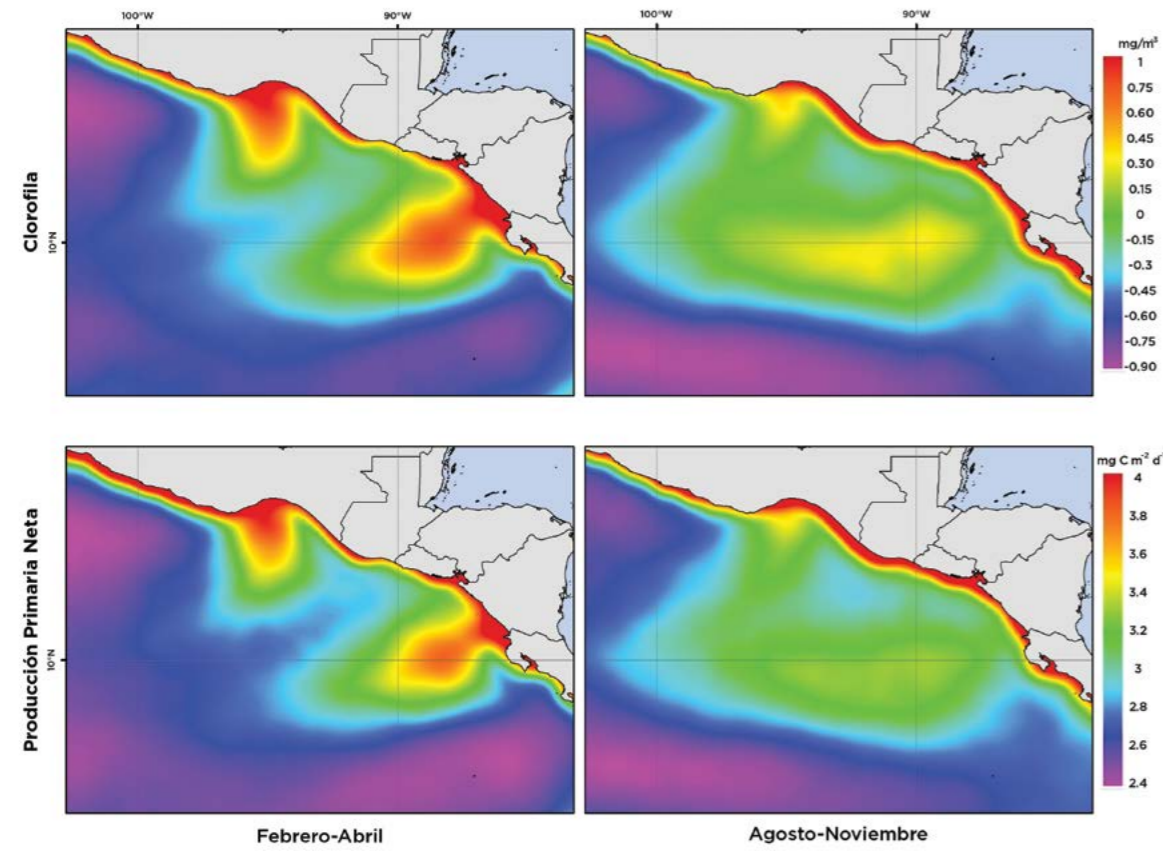
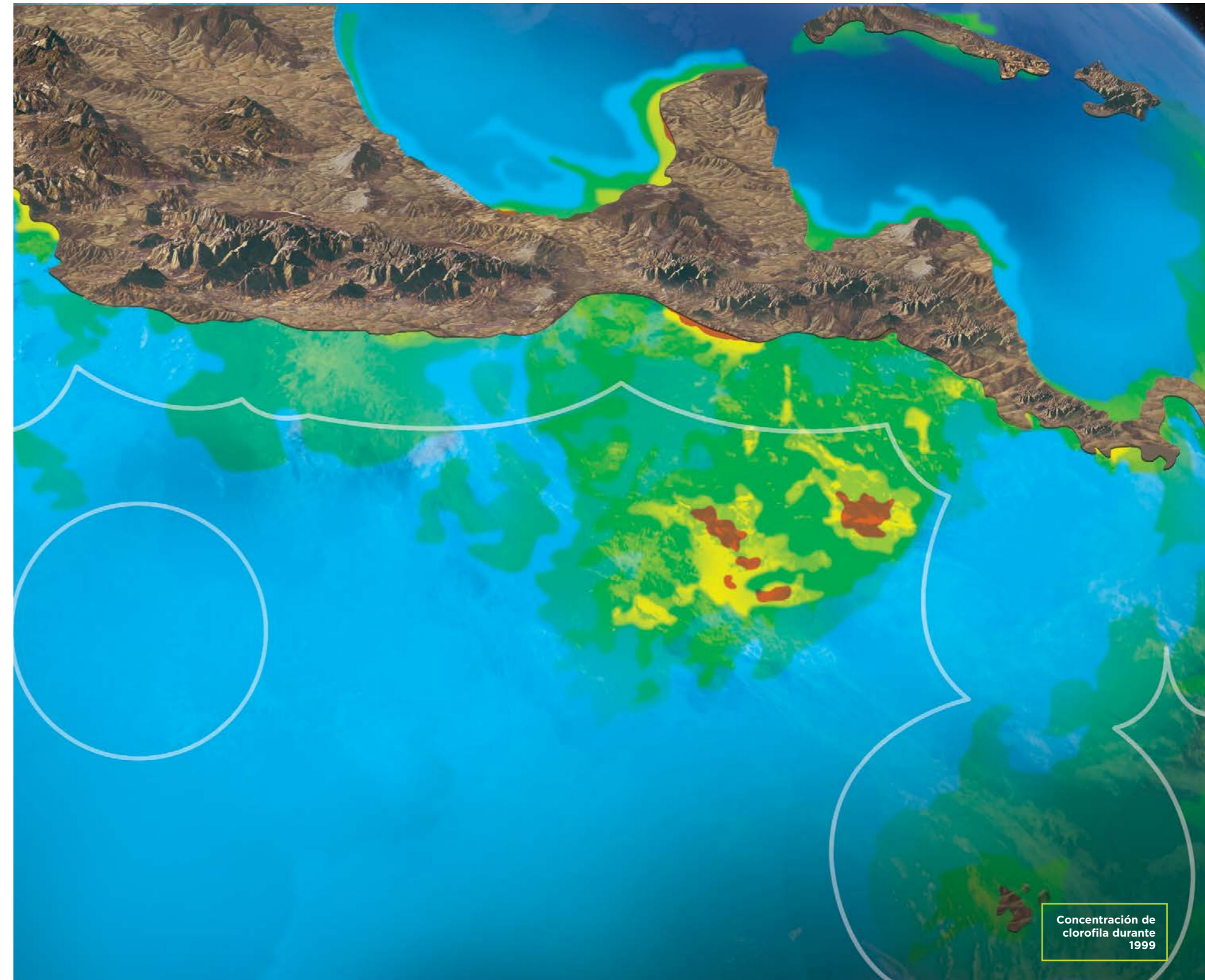


Figura 11. Productividad primaria y concentración de clorofila promedios en la región del DTCR para el periodo 1999-2016 (tomado de Fiedler et al., 2017).

Durante periodos de El Niño, grandes ondas de aguas cálidas son desplazadas por los vientos desde el Pacífico Occidental hacia el este (Alfaro y Lizano, 2001; Alexander *et al.*, 2012). Estos traslados provocan que las aguas frías se hundan y se ubiquen fuera de la zona fótica o de influencia de la luz solar (Alexander *et al.*, 2012). Esto a su vez causa que la abundancia y diversidad de especies de fitoplancton disminuya, lo cual reduce la productividad primaria de la región (Jiménez, 2016).



IV. ZOOPLANCTON

El zooplancton es la comunidad de animales que vive a la deriva en el agua, con una limitada capacidad de contrarrestar el movimiento de las corrientes del agua por medio del nado. Esta clasificación abarca desde los organismos celulares más primitivos (los protistas), hasta vertebrados como las larvas de peces (Alcaraz y Calbet, 2009)

En el Domo se han reportado 24 especies de cnidarios e hidromedusas, distribuidas en 19 géneros; 48 especies de sifonóforos pertenecientes a 24 géneros distintos; 23 especies de poliquetos anélidos distribuidos en 11 géneros; 30 especies y 11 formas de moluscos en 14 géneros de gasterópodos y una especie de pelecípoda; paralarvas de 15 especies de cefalópodos; 41 especies pertenecientes a 26 géneros de copépodos (Fig. 12A); 18 especies de anfipodos distribuidos en 18 géneros (Fig. 12B); 13 especies de quetognatos en 3 géneros; 25 especies de decápodos en 21 géneros; 14 especies de estomatópodos en 4 géneros y 40 especies de tintínidos en 27 géneros (Jiménez, 2016).

A pesar de su limitada capacidad natatoria, el zooplancton realiza migraciones verticales rítmicas (día-noche) de cientos de metros, la mayoría para alimentarse en aguas superficiales durante la noche (Alcaraz y Calbet, 2009).

12A



12B



Figura 12. 12A. *Subeucalanus subtenius*. 12B. Eufausiáceo (crustáceo malacostráceo).

La distribución de la biomasa de zooplancton y micronecton (pequeños organismos con capacidad natatoria), entre la superficie y profundidades de hasta 1.000 m, se ve influenciada por factores como la distribución de la productividad primaria, la salinidad y la concentración de oxígeno. Sin embargo, la profundidad de la termoclina y la distribución del oxígeno en la columna de agua, parecen tener la mayor influencia de todos los factores físicos sobre la distribución de especies en la columna de agua (Sameoto, 1986).

En el Domo, la biomasa de meroplancton y el número de copépodos es alrededor de dos veces más alta y de tres a cuatro veces más alto, respectivamente, que en otros sitios cercanos, lo cual parece estar influenciado por la alta productividad primaria de la región (Sameoto, 1986; Suárez y Gasca, 1989). Al mismo tiempo, hay poca riqueza de especies, ya que las zonas de afloramiento tienden a estar dominadas por organismos herbívoros (Suárez y Gasca, 1989).

La biomasa de eupásidos en el Domo es considerada la mayor registrada para el PTO y se encuentra asociada al afloramiento. Los eupásidos adultos se concentran durante el día entre los 300 y 350 m de profundidad, mientras los juveniles se localizan entre los 80 y 170 m. Durante la noche, la concentración de eupásidos migra hacia la superficie, entre 20 y 30 m (Sameoto *et al.*, 1987; Fernández-Álamo y Färber-Lorda, 2006).



Tiburón ballena
Rhincodon typus

¿Son los microplásticos una amenaza para la biodiversidad del Domo?

David Edward Johnson
GOBI

Los microplásticos son pequeñas piezas [<5 milímetros (mm) en diámetro], que fueron producidos con un fin específico (abrasivo o cosmético) o generados a partir de piezas de mayor tamaño que fueron fragmentados por la radiación ultravioleta (UV) o la abrasión física. La transferencia de químicos y contaminantes desde plásticos ingeridos hacia los tejidos animales son el foco de investigaciones. Sin embargo, se cree que los microplásticos de tamaños muy pequeños (nanopartículas), pueden cruzar las membranas celulares y presentar un riesgo ecotoxicológico (GESAMP, 2015).

El chorro de viento de Papagayo y sus remolinos asociados, probablemente impulsen la basura marina lejos de la costa, dónde circulará y se descompondrá en microplásticos en el Domo. La basura ingerida, incluidos los microplásticos, puede afectar la fisiología de ballenas, delfines, tortugas marinas, aves, peces, invertebrados y otros organismos filtradores. Aunque son pocas las investigaciones para evaluar el riesgo de contaminación plástica en el PTO, los microplásticos, ciertamente están presentes, por lo que es necesario mejorar las evaluaciones y la concientización del impacto de los plásticos y microplásticos.

En una expedición a la zona del Domo (Johnson *et al.*, 2018), se analizaron 13 muestras de zooplancton, en las que se encontraron 206 partículas plásticas fibrosas, probablemente de origen terrígeno. Esto muestra no sólo la conectividad entre el Domo y las zonas costeras, sino también el extenso impacto de los plásticos en los océanos.

A nivel nacional y regional, se pueden llevar a cabo acciones importantes para concientizar y educar a la población, así como trabajar en la promoción de cambios de conducta que promuevan la reducción, la reutilización y el reciclaje. Se debe modificar el diseño de productos para convertir a los plásticos en

un recurso valioso al final de su ciclo de vida y generar cambios en las respectivas legislaciones nacionales.

Es clave el trabajar con los diferentes sectores, para transformar los patrones de consumo y contar con un marco regulatorio que permita el manejo integral de los residuos, extendiendo la responsabilidad al productor por el ciclo de vida de sus productos. Otras acciones incluyen reglamentos institucionales específicos de adquisición, incentivos para la sustitución de plásticos de un solo uso, publicitar compromisos voluntarios, alentar la investigación científica relevante y comunicar los resultados de las actividades.

Más del **80%** de la contaminación marina proviene de fuentes terrestres



V. MAMÍFEROS MARINOS

Al menos 30 especies de cetáceos han sido identificadas en el Domo (Au y Perryman, 1985; Ballance *et al.*, 2006; Fiedler *et al.*, 2017; Johnson *et al.*, 2018). Tres de ellas, el delfín común (*Delphinus delphis*), el delfín rayado (*Stenella coeruleoalba*) y la ballena azul (*Balaenoptera musculus*), con una distribución fuertemente ligada al Domo (Ballance *et al.*, 2006; Fiedler *et al.*, 2017). La mayoría de los mamíferos encontrados en el Domo pueden viajar de decenas a cientos de kilómetros al día, por lo que es importante considerar esta alta movilidad y vasto hábitat, a la hora de proponer medidas de conservación regionales (Ballance *et al.*, 2006). A través de estas migraciones, el Domo está estrechamente conectado a otras regiones oceánicas y a la costa centroamericana. La conservación efectiva de estas especies marinas altamente migratorias requiere de la cooperación y el manejo internacional, al igual que de mucha información científica sobre el uso que, de este hábitat, realizan las especies (Johnson *et al.*, 2018).



Ballena azul
Balaenoptera musculus

Ballena azul

La ballena azul (*Balaenoptera musculus*) es el animal más grande que ha habitado el planeta, alcanzando más de 30 m de largo y al menos 180 toneladas (t) de peso (Reeves et al., 2002).

Aunque se cataloga como una especie en peligro, sus poblaciones tienden a aumentar (UICN, 2012). En el Pacífico noreste se estima que su población consiste de cerca de 3.000 individuos; mientras que en el Océano Pacífico Sureste, en aguas de Perú y Ecuador, se calculan alrededor de 1.000 individuos (Best et al., 2003; Calambokidis y Barlow, 2004). Un estudio realizado en la zona ecuatorial del Pacífico Este durante los meses de julio y diciembre, calculó una abundancia de 1.400 ballenas azules, integrada por individuos, tanto de las poblaciones del norte como las del sur (Wade y Gerrodette, 1993).

Las ballenas azules de la costa oeste de Estados Unidos y Canadá migran hacia Baja California y el Domo, viajando miles de kilómetros cada año durante el invierno boreal (Fig.13). Las rutas migratorias generalmente se mantienen cercanas al margen continental, con visitas ocasionales a zonas alejadas de la costa (Bailey et al., 2009).

La alta productividad biológica en el Domo favorece el crecimiento de poblaciones de krill, un pequeño crustáceo del que la ballena azul se alimenta casi exclusivamente (Fiedler, 2002; Ballance et al., 2006; Bailey et al., 2009; Fiedler et al., 2017). Los individuos más grandes pueden consumir hasta 5,5 t de krill por día (Reeves et al., 2002). La presencia y abundancia de ballenas azules en el Domo ha sido asociada con las altas concentraciones de krill presentes en la región (Etnoyer et al., 2006; Matteson, 2009), las cuales alcanzan niveles de hasta 312.000 individuos por m³, con un promedio de 13.539 individuos por m³ (Matteson, 2009).

La presencia de ballenas azules recién nacidas y la abundancia de alimento, confirman que el Domo es un sitio particularmente importante para el alumbramiento y alimentación de la especie (Jiménez, 2016).

Durante el periodo 1986-2006, la NOAA realizó diez cruces oceanográficos a fin de estimar la relación entre la distribución de ballenas azules observadas y las variables ambientales modeladas para el PTO (Fig.14) (Fiedler et al., 2017). Se avistaron 143 individuos con una fuerte relación con el Domo, que podrían pertenecer a las poblaciones del Pacífico noreste, el Pacífico Sureste, o ser residentes (Sears y Perrin, 2009; Fiedler et al., 2017).

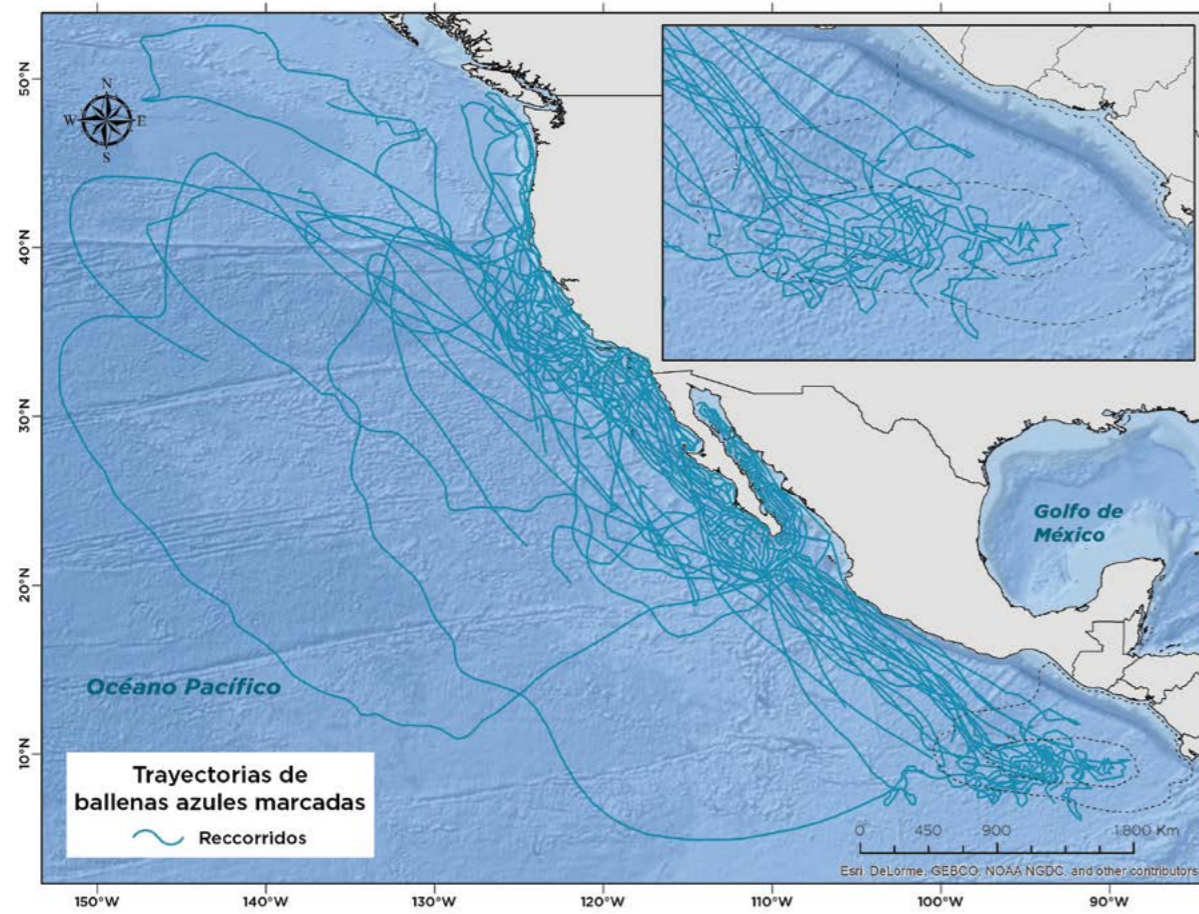


Figura 13. Trayectorias seguidas por 92 ballenas azules marcadas entre 1994 y 2007 a lo largo de la costa del Pacífico Nordeste (adaptado de Bailey et al., 2009).

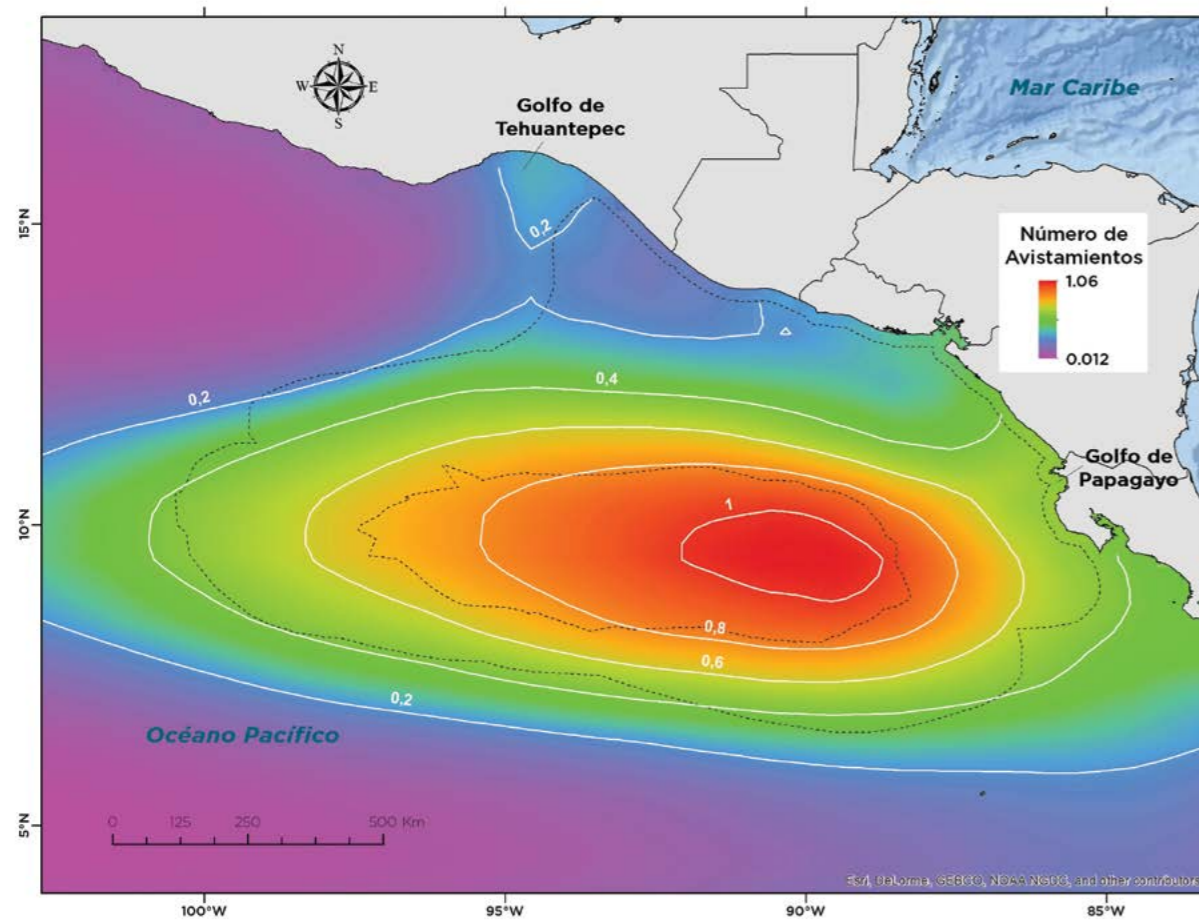


Figura 14. Número de avistamientos esperados para la ballena azul en el Domo. Las unidades reflejan un índice de abundancia de la especie, generado a partir del número de avistamientos registrados (por celda de 0.25 x 0.25 grados o 15 x 15 mn) (adaptado de Fiedler et al., 2017).

La importancia del Domo para los organismos de aguas profundas

Dr. Jorge Cortés Núñez
Centro de Investigación en Ciencias
Marinas y Limnología.

A pesar de los diversos estudios en la columna de agua, el área debajo del Domo ha sido poco estudiada. La Fosa Mesoamericana, que alcanza unos 4.600 m de profundidad, se extiende por una importante sección bajo el Domo.

Mar afuera de la Fosa, se encuentran las llanuras abisales; extensas regiones de fondos lodosos entre 3.000 y 3.500 m de profundidad, donde la oscuridad es total y la temperatura de alrededor de 2°C. En esa región también se encuentran algunos volcanes submarinos. En junio de 2017 se visitaron dos de ellos por primera vez, gracias al Vehículo Submarino Profundo (DSV) Alvin. La fauna que vive allí es sorprendente, por la composición de las especies y el gran tamaño que alcanzan algunos individuos. Se observan octocorales de varios metros de largo, como también esponjas de vidrio de un metro de alto, entre otros organismos. Es posible que la alta productividad del Domo de Costa Rica, a través de la precipitación de partículas orgánicas y organismos, esté alimentando las comunidades profundas, principalmente las que están lejos de los emisarios de metano.

De la Fosa Mesoamericana hacia la costa se encuentra el talud o margen continental. Esta es una región de pendiente pronunciada, que va desde más de 4.000 m de profundidad hasta el borde de la plataforma continental, de alrededor de 200 m de profundidad. Frente a la costa de Guanacaste, en Costa Rica, hay varios promontorios profundos, sobresaliendo el Montículo de Culebra, a 1.500 m de profundidad. Estos promontorios tienen emisarios fríos de metano, que mantienen poblaciones de bacterias, que a su vez sirven de alimento de una gran cantidad de organismos. Unos ingieren directamente las bacterias, mientras que otros las absorben en sus cuerpos desarrollando una relación simbiótica donde los nutrientes generados por las bacterias son translocados a los animales.

Ya que la cantidad de alimento disminuye, al alejarse de los emisarios fríos de metano, el suministro de materia orgánica generada en el Domo puede ser clave para la manutención de comunidades en las zonas más profundas de la región.

Delfín rayado

Esta especie, ampliamente distribuida en aguas tropicales y cálidas de mares templados alrededor del mundo, alcanza altas concentraciones en el Domo (Fig. 15) (Au y Perryman, 1985; Ballance et al., 2006; Fiedler et al., 2017). Generalmente forman densas manadas de 100 animales, pero pueden llegar a contabilizarse 500 en un solo grupo (Reeves et al., 2002).

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) la coloca en la categoría de Preocupación Menor en su Lista Roja de Especies Amenazadas, con una tendencia poblacional en aumento (UICN, 2012). La Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) la incluye en su Apéndice II (CITES, 2009).

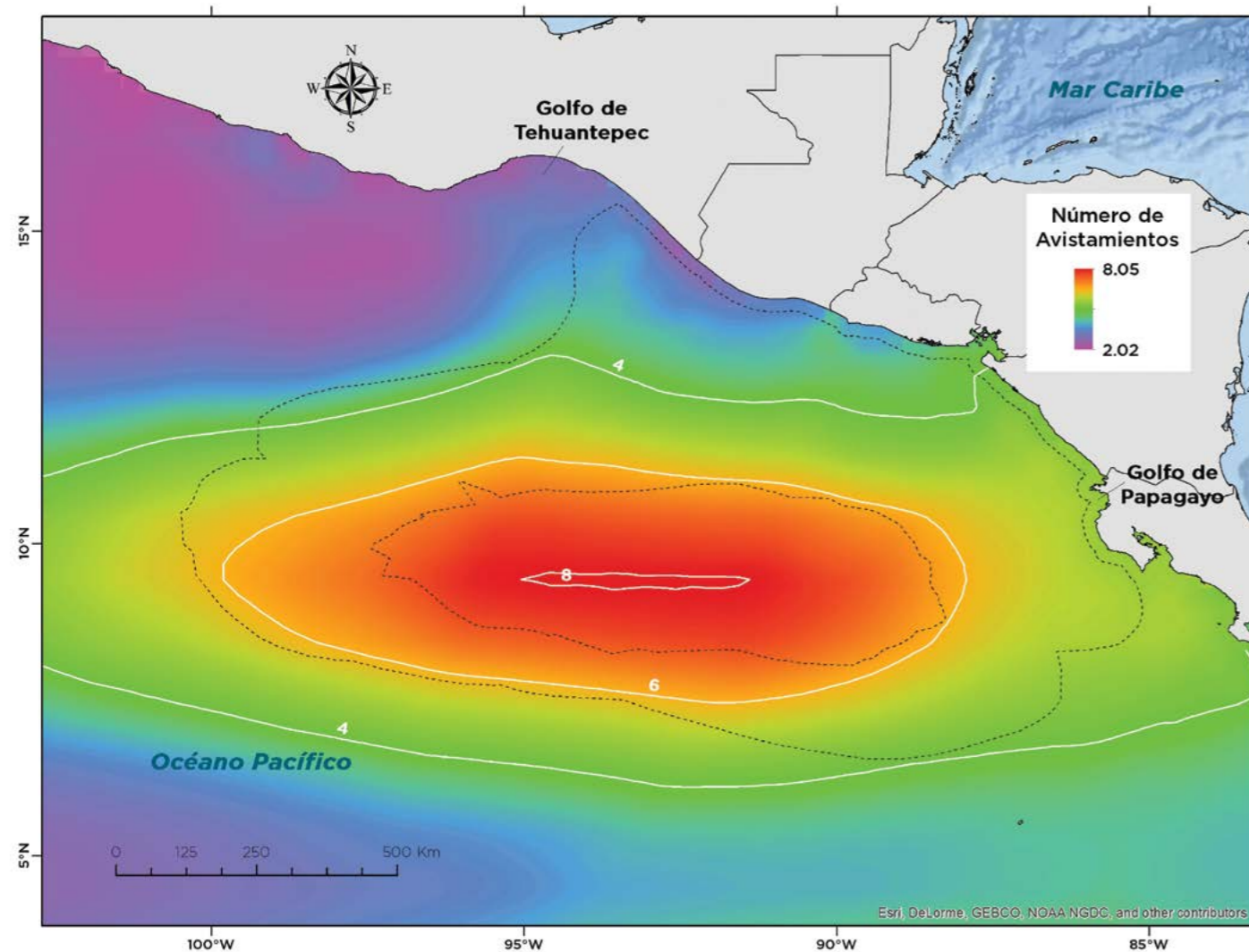


Figura 15. Número de avistamientos esperados para el delfín rayado en el Domo. Las unidades reflejan un índice de abundancia de la especie, generado a partir del número de avistamientos registrados (por celda de 0.25 x 0.25 grados o 15 x 15 mn) (adaptado de Fiedler et al., 2017).

Delfín común

Esta especie se encuentra en el PTO, desde el sur de California hasta Chile, con altas abundancias en el Domo (Fig. 16) (Au y Perryman, 1985; Ballance et al., 2006; Fiedler et al., 2017).

La UICN coloca esta especie en la categoría de Preocupación Menor en su Lista Roja de Especies Amenazadas, con una tendencia poblacional en aumento (UICN, 2012). La CITES la incluye en su Apéndice II (CITES, 2009).

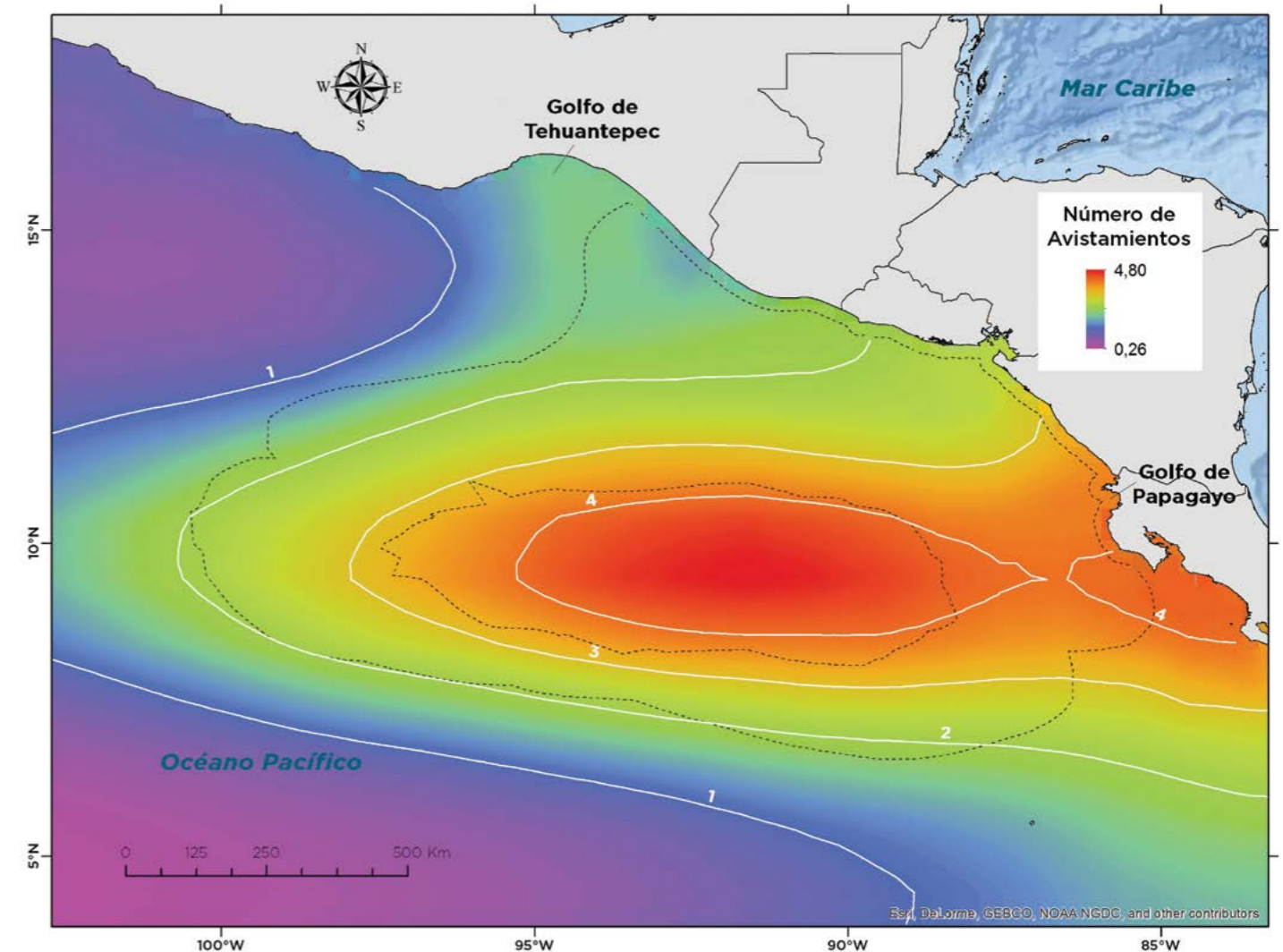


Figura 16. Número de avistamientos esperados para el delfín común en el Domo. Las unidades reflejan un índice de abundancia de la especie, generado a partir del número de avistamientos registrados (por celda de 0.25 x 0.25 grados o 15 x 15 m.n). (Adaptado de Fiedler et al., 2017).



Delfin tornillo
Stenella longirostris

Importancia económica de los cetáceos

La industria de avistamiento de cetáceos contribuye significativamente al desarrollo socioeconómico de las comunidades costeras (Hoyt e Iñiguez, 2008; Cisneros-Sotomayor *et al.*, 2010).

En América Latina, el avistamiento de cetáceos genera US\$79,4 millones anuales en venta de tiquetes y US\$278,1 millones en gastos totales por parte de los más de 880.000 turistas que realizan la actividad (Hoyt e Iñiguez, 2008).

A nivel centroamericano (Guatemala, Belice, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá), en el año 2008 se calculó que había 145 operadores turísticos dedicados al avistamiento de cetáceos, con un total de 188 embarcaciones, distribuidos en 20 comunidades diferentes (Fig. 17; Hoyt e Iñiguez, 2008). Una actualización de esta información seguro mostraría un aumento en la actividad y el impacto económico para las comunidades costeras.

La visita para realizar este tipo de turismo conlleva un aporte socioeconómico significativo a las comunidades costeras. En Centroamérica, varias de las especies buscadas por los turistas se relacionan con el Domo, como lo son el delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*), el delfín común, el delfín manchado pantropical (*Stenella attenuata*), el delfín tornillo (*Stenella longirostris*) y la ballena piloto de aleta corta (*Globicephala macrorhynchus*)

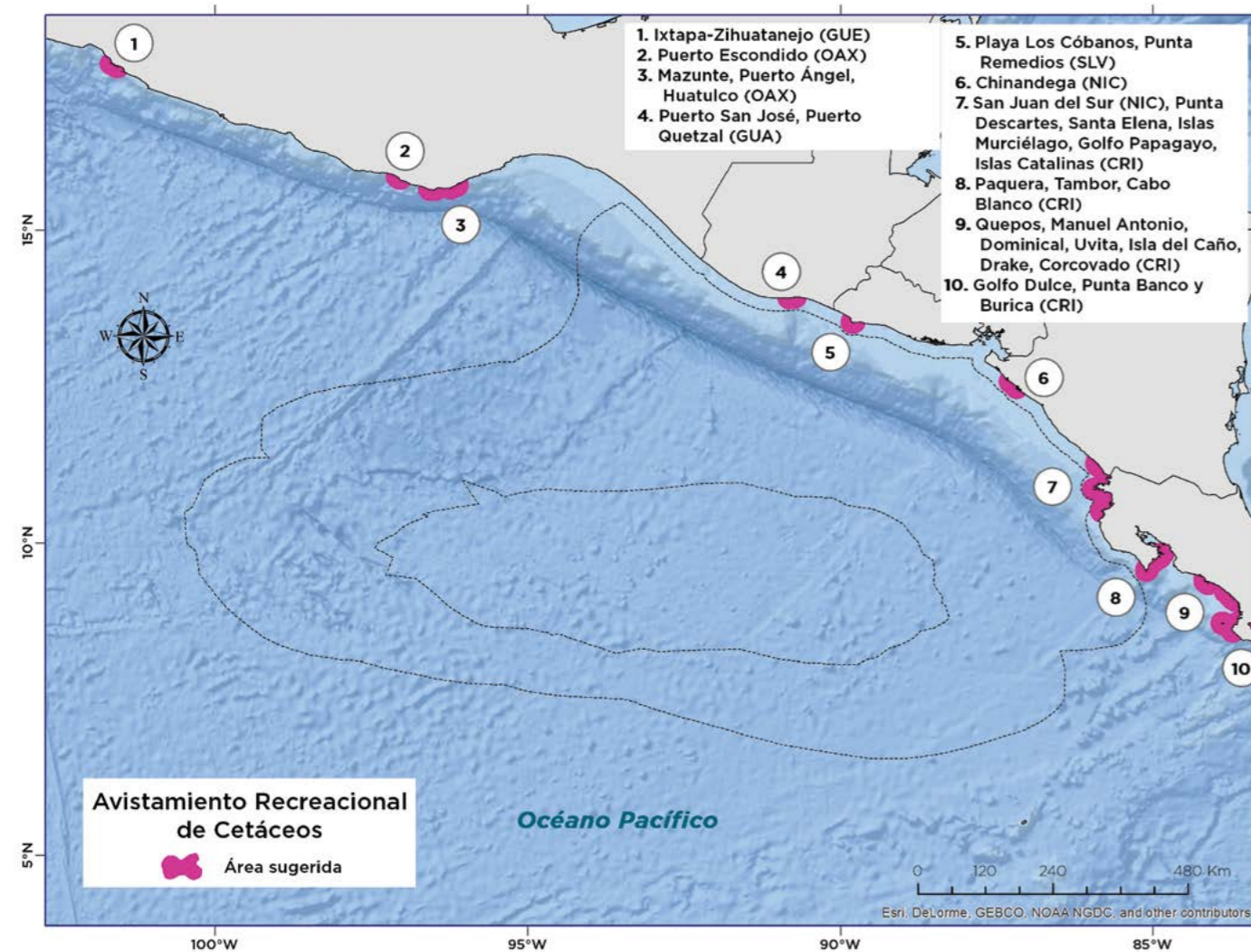
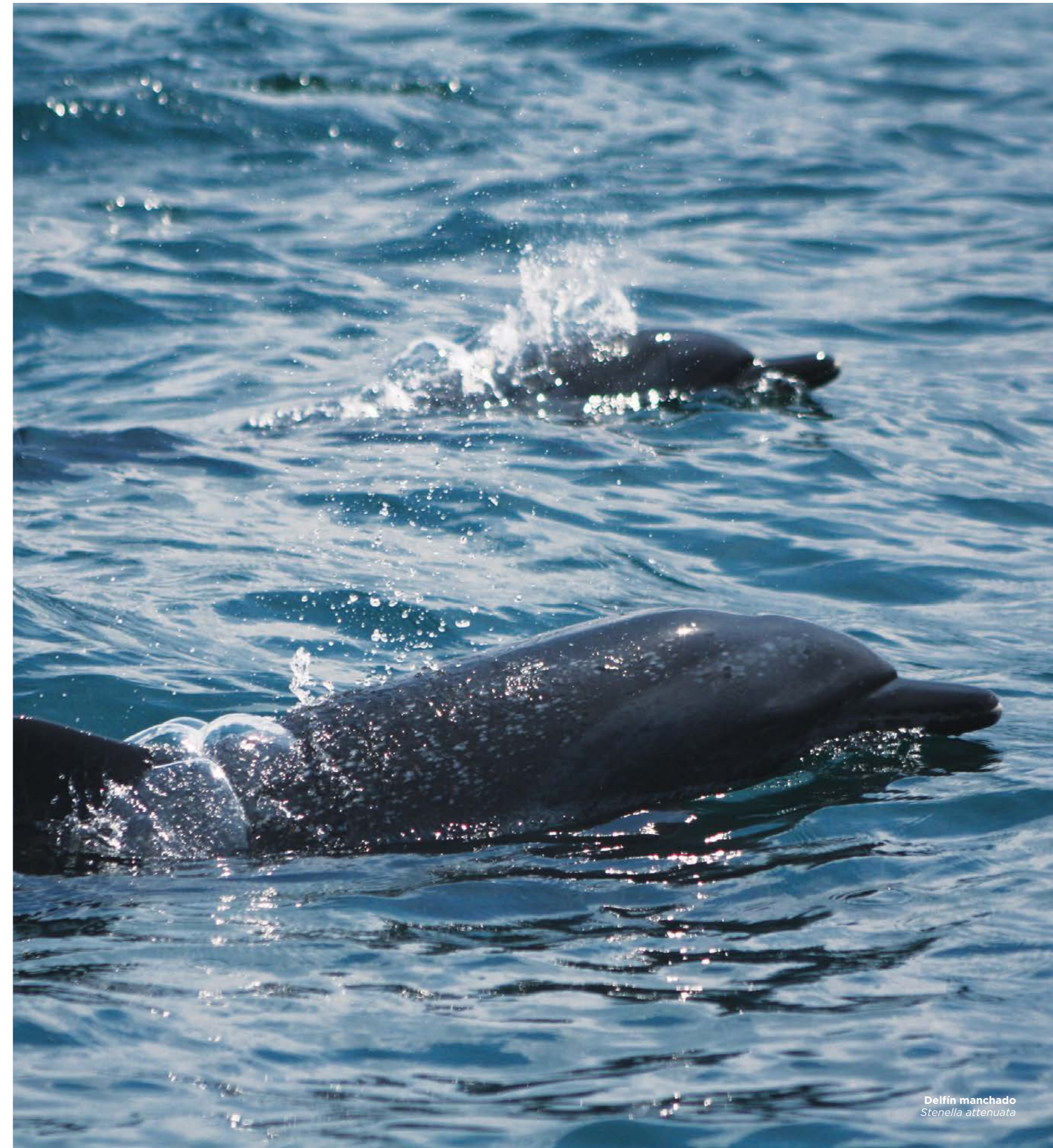


Figura 17. Principales sitios de avistamiento de cetáceos (turismo) cerca del Domo.



Delfín manchado
Stenella attenuata

Marlin azul
Makaira nigricans

VI. PECES DE PICO O PICUDOS

El pez vela (*Istiophorus platypterus*), el pez espada (*Xiphias gladius*) y los marlin azul (*Makaira nigricans*), negro (*Istiompax indica*) y rayado (*Kajikia audax*) son miembros del grupo conocido como los peces de pico o picudos (Allen y Robertson, 1998). El pez vela y el marlin son particularmente importantes para la pesca deportiva, mientras todas las especies son objeto de la pesca comercial. Un factor importante observado en la región del Domo es la compresión del hábitat de las especies pelágicas. La escasa cantidad de oxígeno en la columna de agua hace que estas especies se concentren en los primeros 100 m de profundidad, donde se encuentran concentraciones mayores a 1 mililitro por litro (ml/l) de oxígeno disuelto. Esto hace más fácil su captura por parte de especies mayores, que a su vez sustentan la pesca comercial y deportiva de la región (CABA, 2015).



Pez vela
Istiophorus platypterus

Pez vela

El pez vela en el Océano Pacífico es una especie altamente migratoria, más abundante en aguas cercanas a los continentes, y que rara vez incursiona en altamar (Allen y Robertson, 1998; CIAT, 2017; Ross Salazar *et al.*, 2017). Sus migraciones a lo largo del continente americano responden a los cambios estacionales en la temperatura del agua, encontrándose con frecuencia en aguas con temperaturas mayores a los 28°C. La especie desova frente al litoral mexicano durante el verano y otoño, y frente a Costa Rica en el invierno (CIAT, 2017).

El pez vela prefiere zonas con fuertes gradientes de temperatura, salinidad, oxígeno y nutrientes, como las que ocurren en la periferia del Domo, donde hay mayores oportunidades de alimentación, tanto para adultos como para larvas (Vinogradov *et al.*, 1991; Franks, 1992; Evseenko y Shtaut, 2005; Woodson y McManus, 2007; Braun *et al.*, 2015). Esta especie evita las regiones con una termoclina somera y baja concentración de oxígeno disuelto, por lo que se mantiene alejada del centro del Domo. Aquellos peces vela que cruzan el Domo lo hacen a alta velocidad y sin cambiar de dirección (Fig. 19; CABA, 2015).

Seguimientos satelitales en peces vela marcados en Costa Rica mostraron que, en diciembre, estos se dirigen ligeramente al sur-sureste, mientras aquellos marcados en marzo permanecieron en la zona y luego migraron al nor-noroeste (Fig. 18; CABA, 2015; Ehrhardt, 2017)

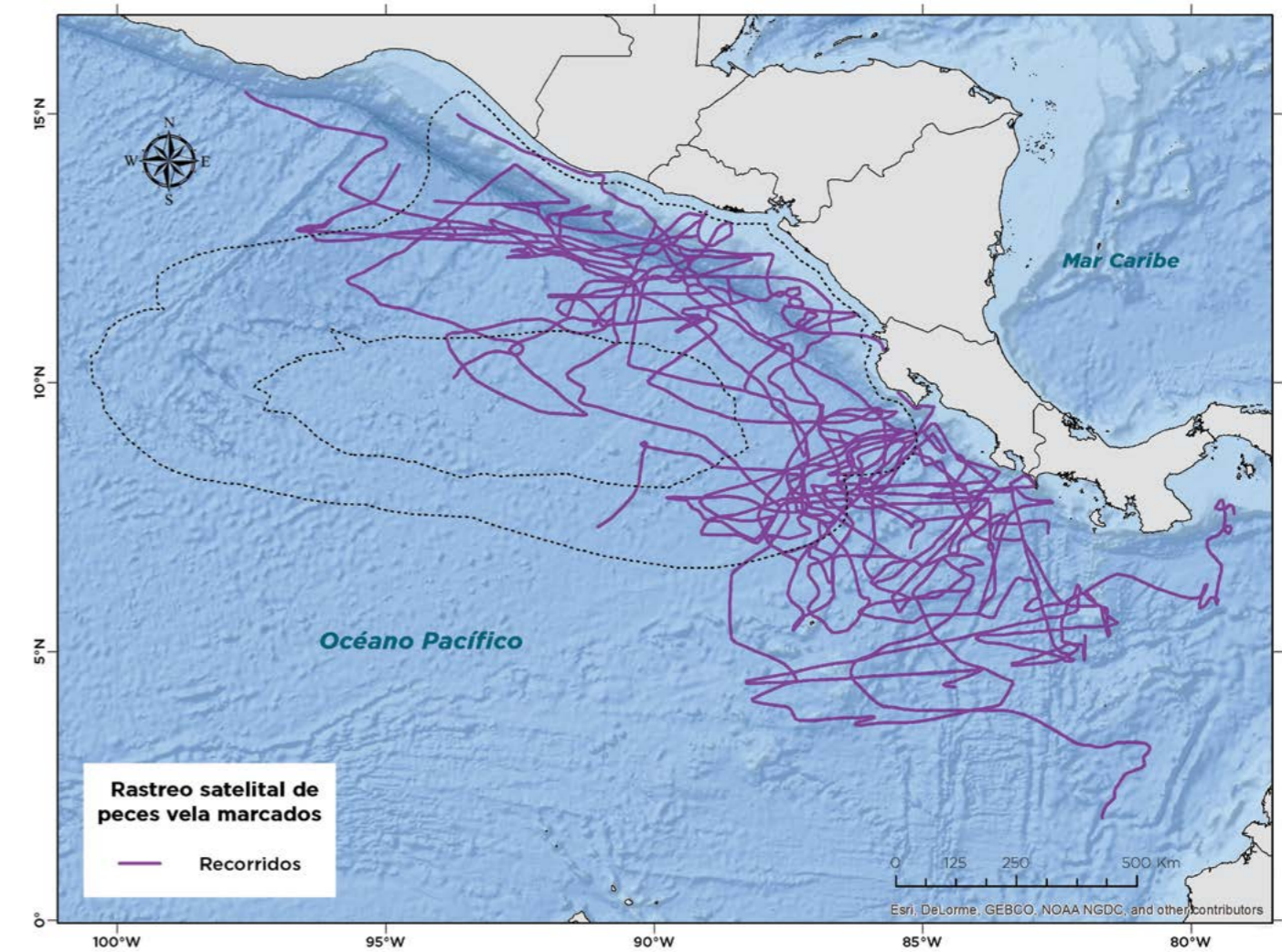


Figura 18. Seguimiento satelital a peces vela marcados en la costa Pacífica de Centroamérica (adaptado de CABA, 2015; Ehrhardt, 2017).

Pesca comercial del pez vela

Las principales flotas que capturan al pez vela en el PTO son palangreros, principalmente de Taiwán, Japón, China y Corea. También lo capturan flotas palangreras con buques más pequeños, particularmente las que operan en las aguas costeras centroamericanas; y las pesquerías artesanales y recreativas de Centro y Sur América; ocasionalmente son capturados en pesquerías de cerco (CIAT, 2017).

Las capturas del pez vela mostraron una tendencia decreciente durante el periodo 1994-2009; desde entonces se ha mantenido constante en este nivel o ligeramente descendiente. Anualmente se reportan capturas de 500 t para la región, considerablemente menos que el promedio de 1993-2007 de 2,100 t. Debido a esta tendencia decreciente, la CIAT recomendó un enfoque precautorio en el manejo pesquero de la especie (CIAT, 2017).

El declive también se observa en las capturas de pez vela en las pesquerías deportivas, lo que afecta las economías locales. Este declive se atribuye a: i) un exceso de capturas incidentales en el palangre dedicado a la pesca de dorado, atún y tiburón de las flotas de Costa Rica, Ecuador, Panamá, Perú y Taiwán; ii) un desarrollo significativo de pesquerías artesanales costeras en Costa Rica y, en menor grado, en Nicaragua, Guatemala y Panamá, que capturan pez vela y iii) Las migraciones hacia mar abierto durante algunas épocas del año, que realiza la especie. El declive de esta población refleja la ausencia de visión en el uso de este valioso recurso que representa oportunidades de desarrollo pesquero sostenible en las costas (Ehrhardt y Fitchett, 2008).



Pez vela
Istiophorus platypterus

Pesca deportiva de peces pico o picudos

La pesca deportiva es una industria creciente en la región, proveyendo opciones de trabajo a comunidades costeras (Fig. 19). Los marlin y el pez vela son el principal atractivo de los practicantes de esta actividad (Ditton y Grimes, 1995; Holland et al., 1998). En Guatemala se calcula que la pesca deportiva genera ingresos por US\$25 millones anuales (Villagrán, 2015). En Costa Rica, la Universidad de Costa Rica calculó el aporte de la pesca deportiva a la economía nacional en US\$599 millones

por año (Yong-Chacón et al., 2010). Mientras que en Panamá, los pescadores deportivos aportan US\$170,4 millones anuales a la economía local (Southwick et al., 2013).

En Costa Rica, los US\$599 millones generados por la pesca deportiva en el 2008 representaron el 2,13% del Producto Interno Bruto (PIB), con US\$279 millones en el rubro de inversión y US\$77,8 millones ingresados

por cargas fiscales. La industria contribuyó con 63.000 empleos, la mayoría en zonas costeras. Del total de 438 hoteles y empresas dedicados al turismo en zonas costeras, 239 ofrecían algún tipo de servicio de pesca deportiva. Se estimó que, en el 2009, el 22% de los visitantes a Costa Rica lo hizo para practicar pesca deportiva, totalizando 283.790 turistas (Yong-Chacón et al., 2010).

En Panamá, en el 2011, se reportaron 86.000 turistas que realizaron pesca deportiva en el país, de los cuales 22.000 llegaron exclusivamente para practicar esta actividad.

Para ese año, la pesca deportiva generó 9.503 empleos, representó US\$3,1 millones en impuestos y un aumento de US\$48,4 millones al PIB (Southwick et al., 2013).

Centroamérica se ha convertido en un destino mundial para la pesca deportiva, debido a dos factores principales: i) las altas tasas de captura de picudos debido a las densidades poblacionales de este grupo en la región y ii) la alta disponibilidad de tallas de trofeo (Ehrhardt y Fitchett, 2008). Sin embargo, se reporta un declive en la abundancia del pez vela del 82%, después de haberse establecido el régimen de pesca de los palangreros industriales de altura en la región. Para el 2008, los palangreros de altura colocaron 150 millones de anzuelos en el PTO (Ehrhardt y Fitchett, 2008). Bajo esta presión de pesca, el tamaño de especímenes trofeo de pez vela se ha reducido en un 46% de los niveles originales (Ehrhardt y Fitchett, 2008).

Centroamérica ha intentado manejar el desarrollo de la pesca deportiva como una opción de crecimiento para las zonas costeras de la región. En el 2009 se promovió un Plan de Acción Regional para Unificar Criterios de Manejo Sostenible de los Picudos y la Pesca Deportiva (OSPESCA y TBF, 2009). Lamentablemente, la mayoría de las acciones propuestas no se han implementado.

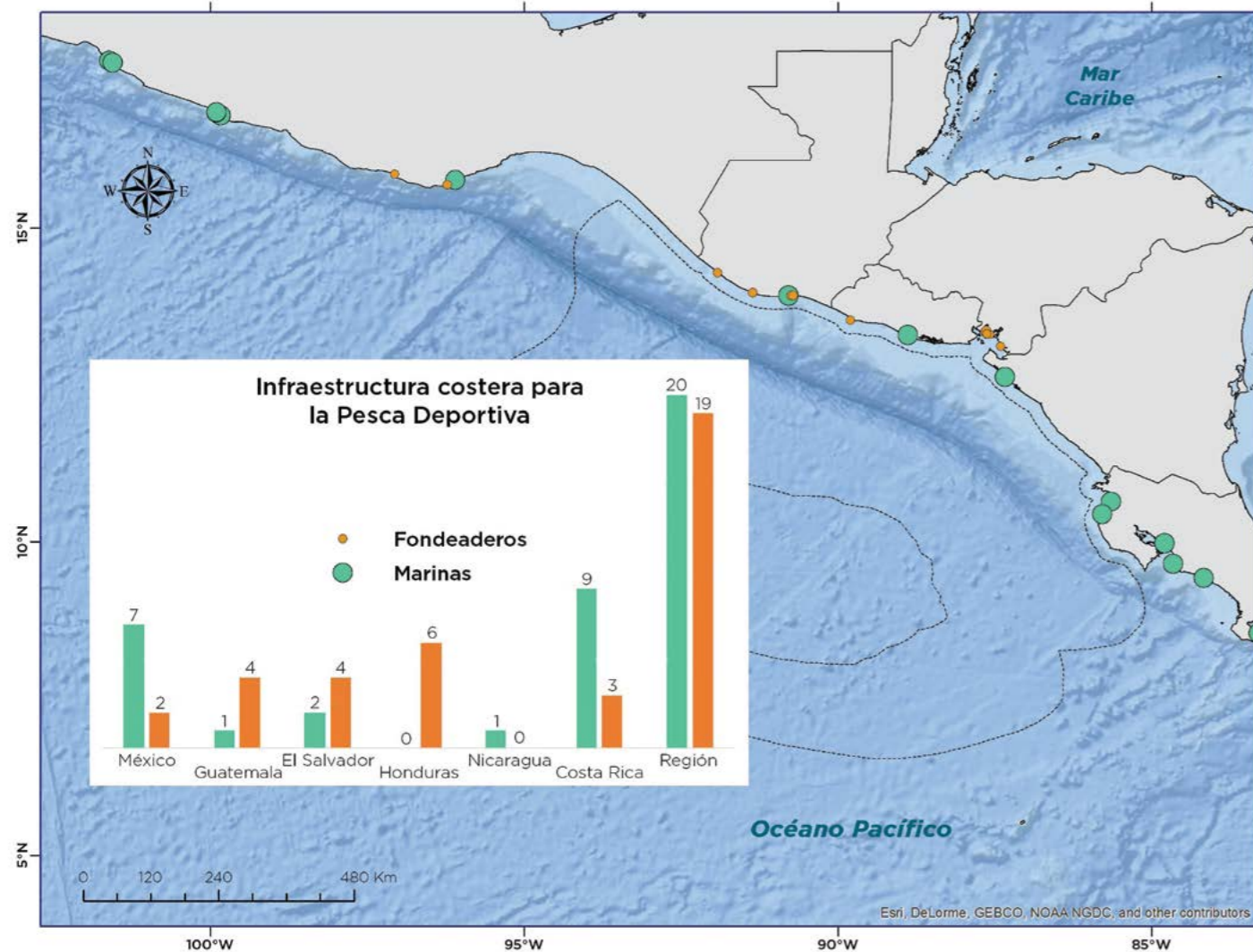


Figura 19. Principales marinas de pesca deportiva cerca del Domo.



VII. TIBURONES Y RAYAS

Los tiburones y las rayas son otro grupo de especies de relevancia comercial asociadas al Domo. Las características biológicas de estas especies las hacen especialmente susceptibles a la sobrepesca; estas crecen lentamente, tienen madurez sexual tardía y tienen pocas crías (Clarke *et al.*, 2006; Kohin *et al.*, 2006; Clarke *et al.*, 2007; Morgan, 2010; White *et al.*, 2012).



Los tiburones se capturan principalmente por sus aletas y su carne (Morgan, 2010). Se calcula que hasta 73 millones de tiburones son capturados anualmente para satisfacer la demanda de aleta de tiburón (Clarke et al., 2006). Esta explotación ha generado reportes de declives del 70-80% en las poblaciones de tiburones alrededor del mundo (Morgan, 2010).

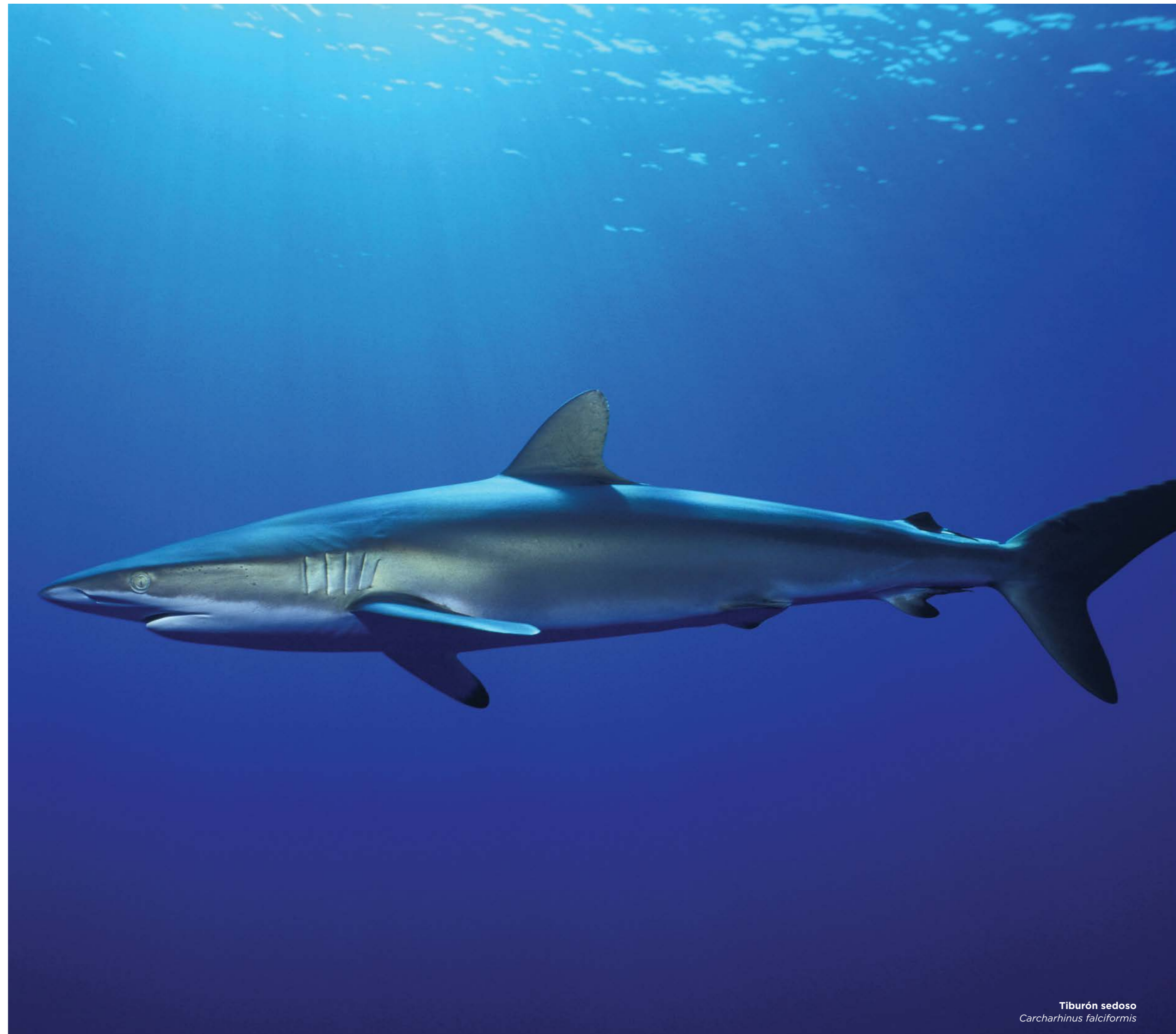
Las especies de tiburón más comúnmente capturadas en pesquerías de palangre en la zona del Domo son el tiburón zorro (*Alopias vulpinus*), el tiburón azul (*Prionace glauca*), el tiburón sedoso (*Carcharhinus falciformis*) y el tiburón martillo común (*Sphyrna lewini*) (Brenes et al., 2000). Esto concuerda con estudios científicos en la zona que evidenciaron una presencia importante de tiburón sedoso y tiburón zorro (Kohin et al., 2006; Johnson et al., 2018). Estas especies se encuentran distribuidas sobre la termoclina de 15°C (Brenes et al., 2000).

El seguimiento satelital a tiburones ha permitido confirmar que estos se desplazan a lo largo de la costa centroamericana y mexicana, así como entre las áreas costeras y el Domo, estableciendo una conectividad ecológica en la región. Un tiburón sedoso marcado se desplazó 2.500 km hasta la entrada del Golfo de California y luego se devolvió a la zona del Domo durante un periodo de 10 meses (Fig. 20; Kohin et al., 2006).

Tiburón sedoso

El tiburón sedoso puede llegar a medir hasta 3,5 m y pesar 346 kilogramos (kg). Habita aguas tropicales alrededor del mundo, donde es una especie dominante en las capturas pesqueras, sea como especie objetivo o como pesca incidental (Froese y Pauly, 2012; Ross Salazar et al., 2017). Es importante considerar que esta es la especie de tiburón capturada con mayor frecuencia en la región (Arauz et al., 2007; Arauz et al., 2008; CIAT, 2017), probablemente debido a que habita el 99% de su tiempo en aguas superficiales (Arauz et al., 2008). Su talla de madurez sexual ha sido estimada en 2,28 m (Froese y Pauly, 2012). Sin embargo, la mayoría de los tiburones sedosos capturados son juveniles (Arauz et al., 2008).

El tiburón sedoso, debido al declive de sus poblaciones, está considerado como vulnerable en la Lista Roja de la UICN (IUCN, 2018). Esta especie de tiburón es una de las principalmente capturadas en el PTO razón por la cual registra una reducción del 32% entre 1994 y 2015 en la región (Lennert-Cody et al., 2016). Este declive la



Tiburón sedoso
Carcharhinus falciformis

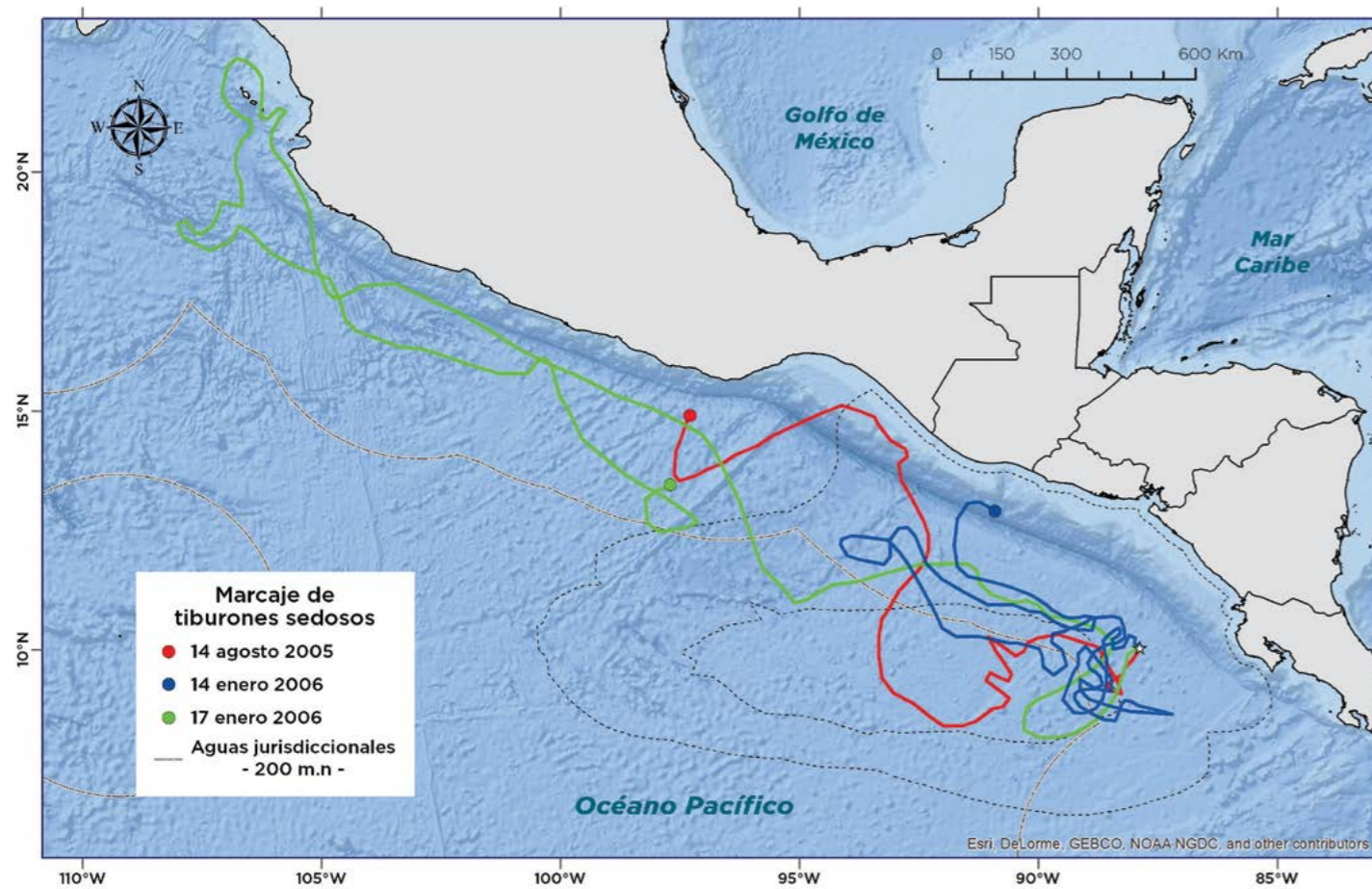


Figura 20. Movimientos de tiburones marcados en la región del Domo (adaptado de Kohin et al., 2006).

llevó a ser incluida en el Apéndice II de la Convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres (CMS) en el 2014 y el Apéndice II de la CITES en el 2016.

Turismo con tiburones

Globalmente, el impacto económico del turismo ecológico enfocado en la observación de tiburones representa una industria mayor a los US\$314 millones/año, aportados por 590.000 turistas, generando 10.000 empleos (Cisneros-Montemayor et al., 2013). Se estima que el número de personas observando tiburones podría duplicarse dentro de los próximos 20 años, generando más de US\$780 millones anualmente (Cisneros-Montemayor et al., 2013).

Esto contrasta con el valor estimado de US\$630 millones por año de las pesquerías de tiburón, las cuales están en declive desde hace más de una década (Cisneros-Montemayor et al., 2013).

En 2011, Honduras convirtió sus mares en el primer santuario de tiburones en el continente americano, al declarar su ZEE de 240.000 km² en Santuario Bioceánico de Tiburones. Esta iniciativa busca proteger especies como los tiburones martillo, toro, nodriza, tigre y gris, al igual que promover el manejo de sitios como el Golfo de Fonseca, considerada una zona de crianza del tiburón martillo (La Razón, 2012).

En Costa Rica, las pesquerías de tiburón y rayas se tradujeron para el año 2006 en un ingreso de US\$236.000 para la economía local, mientras que un tiburón martillo común vinculado a las actividades turísticas de un país representa un valor de más de US\$82.000 anuales. Así, un tiburón martillo común que visite la Isla del Coco cada año, durante veinte años, podría generar US\$1,6 millones durante su vida (Friedlander et al., 2012).

La pesca de tiburones y rayas en la región del Domo Térmico de Costa Rica

Randall Arauz,
Fins Attached

El afloramiento de aguas profundas en la zona del Domo Térmico atrae importantes poblaciones de peces de interés comercial, entre ellas el atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*), el dorado (*Coryphaena hippurus*), los picudos (*Istiophoridae*) y los tiburones (*Sphyrnidae*, *Carcharhinidae*, *Alopiidae*), los cuales son capturados por pesquerías de cerco y palangre.

Entre 1999 y 2008 se realizaron observaciones a bordo de la flota palangrera de Playas del Coco, Guanacaste, Costa Rica. Se analizaron 217 lances comerciales, cada lance de una longitud promedio de 20 km (con 600 a 800 anzuelos circulares, #14). El dorado fue la especie más capturada ($53,14 \pm 72,58$ individuos por 1.000 anzuelos). También se capturaron varias especies de tortugas marinas y tiburones incluidas en las listas de especies amenazadas de la UICN, como la tortuga lora (*Lepidochelys olivacea*; vulnerable; $9,05 \pm 10,11$ individuos por 1.000 anzuelos), el tiburón sedoso (*Carcharhinus falciformis*; vulnerable; $2,96 \pm 5,56$ individuos por 1.000 anzuelos), la tortuga verde (*Chelonia mydas*; en peligro; $0,35 \pm 0,81$ individuos por 1.000 anzuelos), pequeñas cantidades de tiburón martillo común (*Sphyrna lewini*; en peligro; $0,041 \pm 0,279$ individuos por 1.000 anzuelos), el tiburón punta blanca oceánico (*Carcharhinus longimanus*; vulnerable; $0,037 \pm 0,247$ individuos por 1.000 anzuelos) y el tiburón martillo (*Sphyrna zygaena*; vulnerable; $0,025 \pm 0,217$ individuos por 1.000 anzuelos). Además, fue muy común la captura de la raya pelágica (*Pteroplatytrygon violacea*; $4,77 \pm 6,10$ individuos por 1.000 anzuelos), siendo el elasmobranquio más común reportado en las capturas.

El dorado es un recurso altamente estacional, cuya abundancia varía entre 3 individuos por 1.000 anzuelos hasta 122 individuos por 1.000 anzuelos. Su mayor captura ocurre entre octubre y febrero, con un pico entre diciembre y enero. La captura de tiburón sedoso también es estacional, variando entre 0,86 individuos por 1.000 anzuelos y 2,6 individuos por 1.000 anzuelos. En contraste con el dorado, su mayor captura ocurre entre julio y noviembre, con un pico entre septiembre y octubre. La captura de la tortuga lora también es estacional variando entre 3 individuos por 1.000 anzuelos y 22 individuos por 1.000 anzuelos, coincidiendo con el patrón estacional exhibido por la captura del tiburón sedoso.

Modelos Lineales Generalizados (MLG) desarrollados a partir de las tasas de captura mostraron una reducción en estas durante los 10 años de este estudio. La captura de dorado pasó de 50 individuos por 1.000 anzuelos en 1999 a 16 individuos por 1.000 anzuelos en 2008; y la captura del tiburón sedoso pasó de 4,7 individuos por 1.000 anzuelos en 1999 a 0,9 individuos por 1.000 anzuelos en 2008. En contraste, se observó un aumento en la captura de tortuga lora, de 2 individuos por 1.000 anzuelos en 1999 a 39 individuos por 1.000 anzuelos en 2008. La talla promedio del dorado también se ha visto reducida, con un 95% de los individuos capturados en 2008 que no habían alcanzado su talla mínima de madurez.



Tiburón sedoso
Carcharhinus falciformis

Un cierre de la pesquería de palangre entre julio y setiembre (cuando ocurre la menor captura de dorado y la mayor captura de tiburones y tortugas) podría mitigar el impacto de la pesca incidental sobre estas especies amenazadas, mientras se mantiene la productividad de la pesquería.

Estudios utilizando carnadas modificadas y anzuelos circulares mostraron que estos no logran reducir la captura de tortugas, aunque si reportan mayor captura de tiburones. Lo que enfrentamos aquí es un problema de sobrepesca con implicaciones ecosistémicas. Las soluciones monoespecíficas no darán resultado.

Más tiburones engrosan año con año las listas de especies amenazadas y gozan de mayor protección en foros internacionales. A pesar de ello, el esfuerzo pesquero continúa sobre ellos de manera ininterrumpida. Para brindar la protección que necesitan, es necesaria una seria reducción del esfuerzo pesquero mediante cierres estacionales a la pesca con palangre a escala regional, o por medio de cierres estacionales en corredores biológicos identificados y sitios de agregación de adultos.

Rayas

Las mantas y rayas comparten las mismas características biológicas de los tiburones, lo que les hace especialmente susceptibles a la sobrepesca (White *et al.*, 2012; Dulvy *et al.*, 2014). De las especies de elasmobranquios pelágicos, las mantas y las mobulas están entre las más vulnerables (Croll *et al.*, 2016).

Tanto las mobulas como las mantas gigantes se observan frecuentemente en el Domo, evidenciado por sus capturas incidentales en redes de cerco para la captura de atún aleta amarilla. Las especies más comúnmente capturadas en esta región en redes de cerco son la manta gigante (*Mobula birostris*) y posiblemente la manta de arrecife (*Mobula alfredi*), la mobula diablo o de Munk (*Mobula munkiana*), la mobula arpón (*Mobula japonica*), la mobula cornuda (*Mobula tarapacana*) y la mobula enana (*Mobula thurstoni*) (Hall y Roman, 2013). La raya látigo pelágica (*Pteroplatytrygon violacea*) también es capturada frecuentemente en el Domo (Hall y Roman, 2013). Esta especie generalmente realiza migraciones estacionales hacia aguas cálidas para reproducirse, regresando a mayores latitudes para tener sus crías (Hall y Roman, 2013).

Turismo con rayas

El turismo para el avistamiento de mantarrayas es significativo. Globalmente, este turismo tiene un impacto directo anual de US\$73 millones y de US\$140 millones anuales, si se incluyen los gastos indirectos (O'Malley *et al.*, 2013).

En Costa Rica, los tour operadores locales promueven dos puntos de buceo específicamente para el avistamiento de mantarrayas, con un total de 2.184 buceos al año para observarlas, gastando US\$109.200 (O'Malley *et al.*, 2013).

Esta es una actividad con alto potencial de crecimiento en caso de promoverse adecuadamente en Centroamérica. Las mantarrayas son especies altamente migratorias que visitan las ZEE de los países centroamericanos y tienen una relación importante entre la costa y el Domo.

Cardumen de manta doblada
Mobula thurstoni

VIII. ATUNES

El Domo se ubica dentro de una de las zonas de captura atunera más grandes del mundo (Jiménez, 2016). Las embarcaciones de pesca capturan especies de atún como el barrilete (*Katsuwonus pelamis*), patudo (*Thunnus obesus*) y el barrilete negro (*Euthynnus lineatus*); sin embargo, sus volúmenes de captura son considerablemente menores a los de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*), la principal especie de túnido capturado en la región (CIAT, 2017). Esta pesquería, provee beneficios económicos, y sociales a países cercanos de la región como México, Ecuador y Estados Unidos, así como a países lejanos que explotan esos recursos como Venezuela, Taiwán, Japón y China.

Atún aleta amarilla

Las características oceanográficas del Domo y sus zonas aledañas lo convierten en una de las cuatro áreas con mayor potencial para encontrar atún aleta amarilla en el PTO (Fig. 21). En un radio de 300 millas alrededor del Domo las capturas de atún aleta amarilla fluctuaron de 26 t/día a 2.5 t/día entre 1976-1988. Durante años donde ocurre El Niño, las capturas bajan (2.5 t/día), aunque las pesquerías se recuperan rápidamente en pocos meses (a 13.5 t/día; De Anda- Montañez et al., 2004).

La pesquería de atún aleta amarilla generó, desde hace décadas, la instalación de importantes empresas de enlatado de atún en México, El Salvador y Costa Rica.

Los países centroamericanos y México tienen importantes capturas de atún aleta amarilla en el PTO. En el 2015, México capturó el mayor volumen con 106.188 t (43% del total capturado en redes de cerco en el PTO), seguido por Panamá con 26.574 t (11% del total capturado en redes de cerco en el PET) y Nicaragua con 6.878 t (3% del total capturado en redes de cerco en el PET) (CIAT, 2017; Bayliff, W. H y J. Majkowski, 2007).

En cuanto a las capturas de atún aleta amarilla por embarcaciones de palangre de los países centroamericanos y México, las capturas estuvieron lideradas por Costa Rica con 1.415 t (14% de las capturas de palangre en el PTO). Las capturas en el resto de los países resultó mínima (CIAT, 2017).

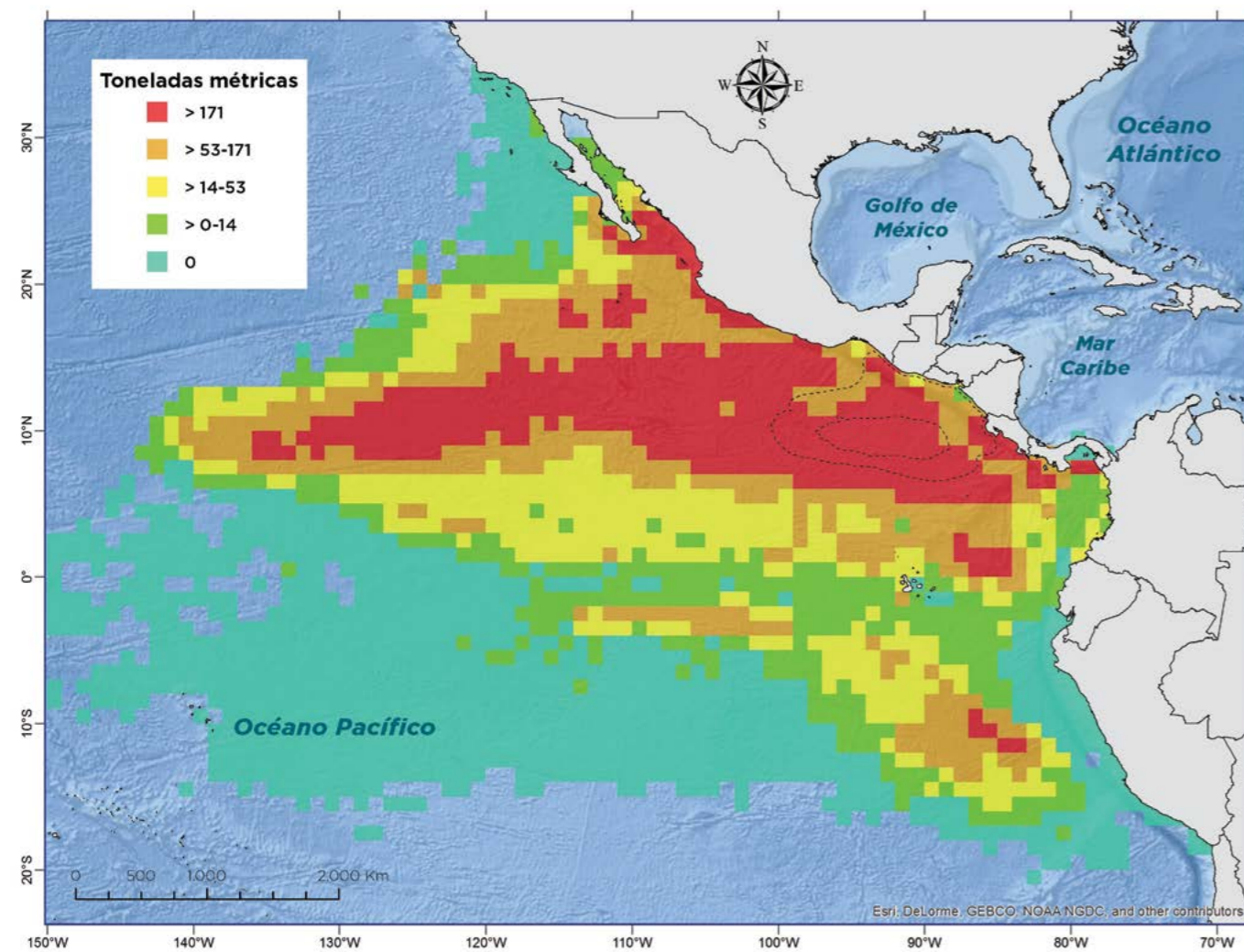


Figura 21. Captura promedio de atún aleta amarilla para el periodo 1985-1999 (adaptado de la base de datos de la CIAT).



IX. TORTUGAS MARINAS

Las tortugas marinas son especies migratorias que realizan extensos desplazamientos entre sus hábitats de alimentación, áreas de reproducción y playas de anidamiento. Este grupo ejemplifica la conectividad entre las zonas costeras y zonas oceánicas.

El Domo es de particular interés para las especies de tortugas marinas en la región. Algunas especies, como la tortuga lora (*Lepidochelys olivacea*), muestran una alta permanencia en la zona (Swimmer *et al.*, 2009; Johnson *et al.*, 2018). Y la tortuga baula (*Dermochelys coriacea*), usa el Domo como sitio de paso en su ruta hacia zonas de alimentación y como zona de crecimiento de neonatos (Shillinger *et al.*, 2008; Shillinger *et al.*, 2012). A pesar de su relevancia económica (especialmente en el turismo), la captura incidental de tortugas marinas en líneas de pesca es preocupante (Swimmer *et al.*, 2006). En el PTO se calcula que se capturan 19,3 tortugas por cada 1.000 anzuelos en las pesquerías de palangre (Wallace *et al.*, 2010a; Wallace *et al.*, 2010b).



Tortuga baula

La tortuga baula o laúd está catalogada como Vulnerable a nivel mundial (UICN, 2012). Sin embargo, durante las últimas tres generaciones, la población del Pacífico Este se ha reducido en más de un 97%, pasando de más de 35.000 nidos por año a menos de 1.000 nidos por año en la región (Eckert, 1993; Santidrián Tomillo *et al.*, 2007; Sarti Martínez *et al.*, 2007). Estas reducciones significativas se atribuyen a la colecta extensiva de huevos para consumo humano y a la mortalidad incidental en artes de pesca (Eckert, 1993; Shillinger *et al.*, 2008; Wallace y Saba, 2009; Tapilatu *et al.*, 2013).

A pesar de los continuos esfuerzos de investigación y conservación de la tortuga baula en playas de anidación, se conoce poco sobre su uso de hábitat oceánico y rutas migratorias (Shillinger *et al.*, 2008; Shillinger *et al.*, 2012). El marcaje satelital de 46 hembras en Playa Grande, Costa Rica, durante el periodo 2004-2007, permitió analizar 12,095 días acumulativos de seguimiento satelital e identificar su patrón migratorio (Fig. 22) (Shillinger *et al.*, 2008).

Después de desovar en la costa Pacífica de Mesoamérica, las hembras de tortuga baula se dirigen hacia el Hemisferio Sur, atravesando el Domo, utilizando movimientos rápidos y dirigidos (Shillinger *et al.*, 2008).

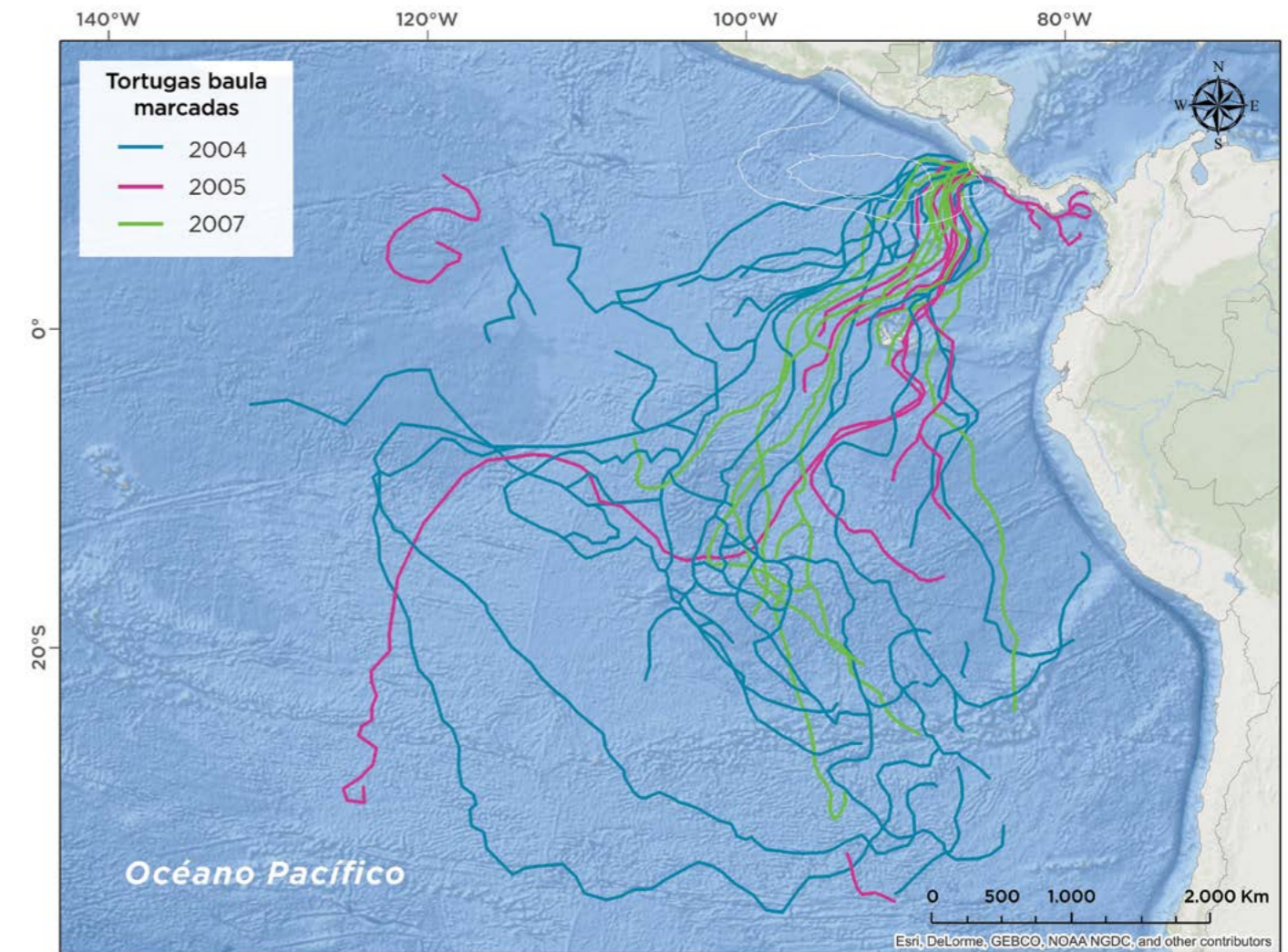


Figura 22. Movimientos de 46 tortugas baula marcadas en Playa Grande, Costa Rica (adaptado de Shillinger *et al.*, 2008).

En el caso de los neonatos, estudios en cuatro playas mesoamericanas (Barra de la Cruz, México; Playa Chacocente, Nicaragua; y Playa Grande y Playa Carate, Costa Rica) han identificado que estos se dispersan bajo una influencia importante de las corrientes costeras y remolinos oceánicos, manteniéndolos frente a las costas centroamericanas en la zona del Domo (Shillinger *et al.*, 2012).

Tortuga lora

Los adultos de la tortuga lora o caguama se observan más cerca de la costa, que en mar abierto. Y prefieren anidar más en playas continentales, que en islas oceánicas o continentales (Rueda Almonacid *et al.*, 2005). La especie es catalogada como Vulnerable con una tendencia poblacional decreciente, ya que entre la década de los setenta e inicios del presente siglo, la reducción de sus poblaciones se estimó entre el 31 y 36% (UICN, 2012).

El Domo es un área de agregación de esta especie, usándola intensamente (Fig. 23). En el 2017, dos tortugas lora que fueron recolectadas y marcadas en el Domo, mostraron una alta correlación con la zona durante los cuatro meses siguientes, manteniéndose dentro y en aguas cercanas al Domo (Johnson *et al.*, 2018). Mientras que 14 tortugas lora marcadas cerca en el Golfo de Papagayo, entre noviembre del 2001 y junio del 2003, también mostraron alta persistencia en el Domo (Swimmer *et al.*, 2009).



Tortuga baula
Dermochelys coriacea

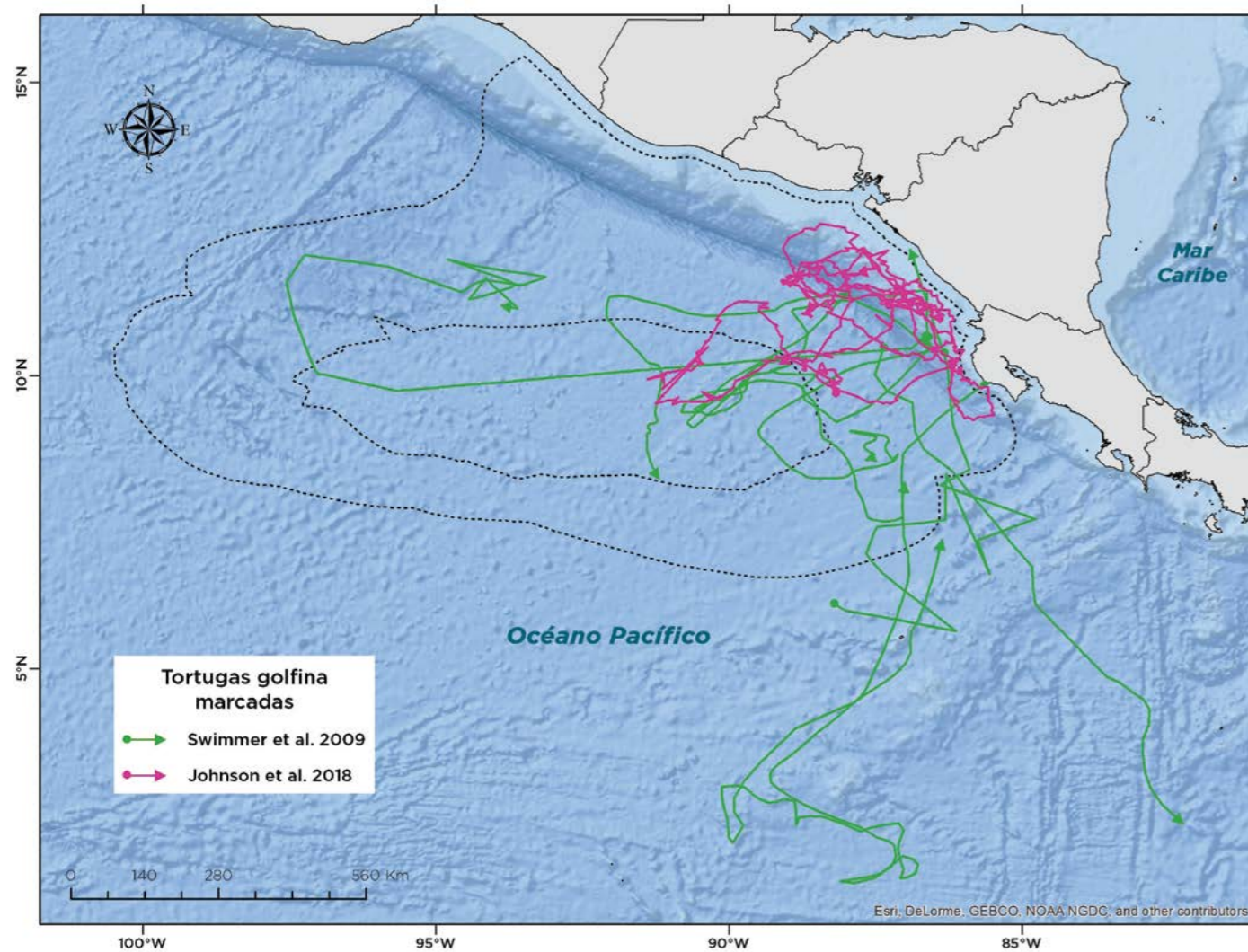


Figura 23. Movimientos de tortugas lora marcadas en el Domo (Swimmer et al., 2009; Johnson et al., 2018).



Tortuga lora
Lepidochelys olivacea

La importancia ambiental, económica y social de las playas de anidación en las comunidades locales

M.Sc. Rodney Piedra Chacón.
Sistema Nacional de Áreas
de Conservación, Costa Rica

En el Pacífico centroamericano se reportan no menos de 213 importantes playas de anidación de tortugas marinas (FFI y MARENA, 2007; MARN, 2014; Muccio y Pérez, 2015; MiAMBIENTE, 2017; SINAC, 2017). En la mayoría de estos lugares se desarrollan actividades de protección, conservación, educación ambiental, investigación científica, monitoreo ecológico y turismo.

El ingreso bruto anual proveniente del turismo relacionado con la observación del desove de la tortuga Baula en el Parque Nacional Marino Las Baulas (PNMB), Costa Rica, fluctúa, para el período 1993-2002, entre US\$900.460 y US\$1.121.05 por año (Gutic, 1994; Troëng y Drews, 2004). El bajo número de hembras anidantes en los últimos años ha disminuido la visitación al Parque, afectando el ingreso económico de 31 guías de la comunidad que laboran actualmente en el Parque (BIOMARCC et al., 2013).

En años recientes, playas como Nombre de Jesús y Zapotillal, ubicadas 12 km al norte del PNMB, han experimentado un incremento en la visitación para observar la anidación de tortugas negras (*Chelonia mydas agassizii*). Entre el 2012 y el 2016, no menos de 21.365 personas visitaron estas playas en compañía de guías locales, pagando un promedio de US\$45 por persona y generando a los operadores un ingreso bruto aproximado de US\$860.600.

Las anidaciones masivas sincronizadas (arribadas) de tortuga lora en el Refugio Nacional de Vida Silvestre Ostional, Costa Rica, aportan al desarrollo económico y la calidad de vida de la comunidad. Entre el 2013 y 2015, los ingresos brutos de la Asociación de Desarrollo Integral de Ostional fueron de US\$1.367.697. El 70% fue distribuido en miembros de la comunidad y un 30% quedó para la asociación, invirtiendo un 14% en obra comunal y ayuda a estudiantes (ADIO et al., 2016). La experiencia de Ostional es un ejemplo de organización comunal, gestión participativa y colaboración interinstitucional.

En Panamá, el interés de insertar como atractivo turístico el avistamiento responsable de tortugas marinas ha ido en aumento y se ha avanzado en la formación de guías ecoturísticos. En Playa Malena, desde el año 2002, se ejecuta un proyecto comunitario que ha aprovechado de manera exitosa la anidación de tortugas marinas, que genera beneficios económicos a través de actividades de turismo responsable (Spotila, 2004).



X. CALAMAR DE HUMBOLDT

El calamar de Humboldt (*Dosidicus gigas*) es la principal especie de calamar capturada en el PTO, representando un recurso pesquero importante, debido a su abundancia y gran tamaño (Jiménez, 2016). Su longitud total llega a ser mayor a los 2 m y pesa hasta 50 kg (Zeidberg y Robison, 2007).

Este calamar es un depredador altamente migratorio, que se ha adaptado a las condiciones hipóxicas (baja concentración de oxígeno) encontradas en el Domo y que podrían ser perjudiciales a sus competidores y depredadores (Stewart *et al.*, 2014; Fiedler *et al.*, 2017).

El calamar gigante se congrega en el borde oeste del Domo, por encima de los 100 m de profundidad, en masas de agua con altas concentraciones de clorofila y temperaturas de 17-22°C (Ichii *et al.*, 2002; Waluda y Rodhouse, 2006). El Domo es considerado como una potencial zona de desove para la especie, debido a la presencia de altas proporciones de calamares adultos, paralarvas y la alta productividad de la zona de surgencia (Chen *et al.*, 2013; Liu *et al.*, 2013; Jiménez, 2016). Para 1980 las capturas en el PTO eran de unas 19,000 t y se incrementaron a 121,00 t en 1996, fluctuando desde entonces entre los 82,000 y 166,000 t/año (Jiménez, 2016).



Calamar de Humboldt
Dosidicus gigas

XI. TRANSPORTE MARÍTIMO

El tráfico marítimo ha aumentado a nivel mundial (Allen *et al.*, 2012), coincidiendo con un aumento en los reportes de colisión entre embarcaciones y cetáceos (Laist *et al.*, 2001; Panigada *et al.*, 2006; Carrillo y Ritter, 2010; Allen *et al.*, 2012). La ocurrencia de ballenas y tráfico marítimo en el mismo espacio y tiempo eleva el riesgo de colisiones y por ende, la mortalidad de las ballenas. La alta densidad de tráfico marítimo también expone a los mamíferos marinos a ruido crónico submarino de motores y propelas; la exposición a este ruido submarino puede impactar la habilidad de comunicación entre los individuos, su navegación y forrajeo (Papanicolopulu, 2008; Abramson, 2012; Allen, 2014).



La región centroamericana es una zona de particular importancia para el tráfico marítimo, debido a la influencia del Canal de Panamá. Se calcula que el 5% del comercio mundial atraviesa el canal, con 40 embarcaciones por día y un promedio de 14.000 barcos anuales (Logística, 2012).

Importantes rutas marítimas atraviesan la región del Domo, embarcaciones navegando de la costa este del continente americano con la costa oeste, entre Norte y Sur América, entre el este del continente americano y Asia y entre Europa y Asia (Fig. 24).

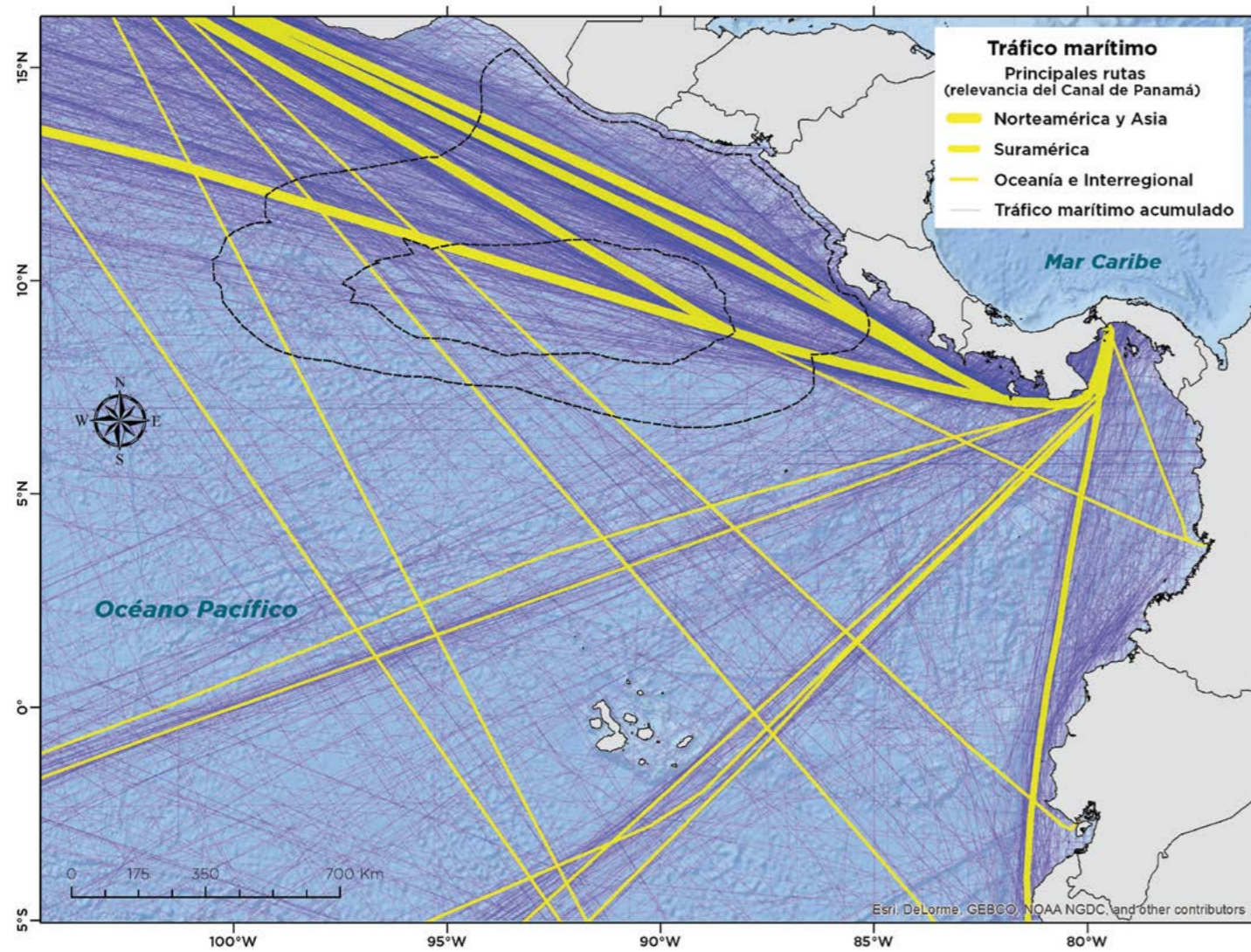


Figura 24. Principales rutas navieras a través del Domo.

Para reducir este tipo de interacciones negativas es importante considerar rutas que eviten zonas de concentración de ballenas; establecer áreas dinámicas de manejo que permitan variar las regulaciones según la distribución espacio-temporal de las ballenas, como por ejemplo la reducción de la velocidad y el uso de mecanismos para la reducción de ruido submarino (Abramson, 2012).

Los Dispositivos de Separación de Tránsito (DST) son utilizados alrededor del mundo para reducir la contaminación sónica y la probabilidad de colisiones con fauna marina al transitar zonas de agregación de ballenas (Abramson, 2012; Allen, 2014). Esta iniciativa ya se ha implementado en la región con el fin de reducir el efecto del tránsito marítimo sobre poblaciones visitantes de ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*) en el Golfo de Panamá (Fig. 25) (Guzman *et al.*, 2013) y zonas de agregación de delfines y ballenas jorobadas en el Pacífico sur de Costa Rica (Decreto Ejecutivo 41003 MOPT-SP-MINAE).

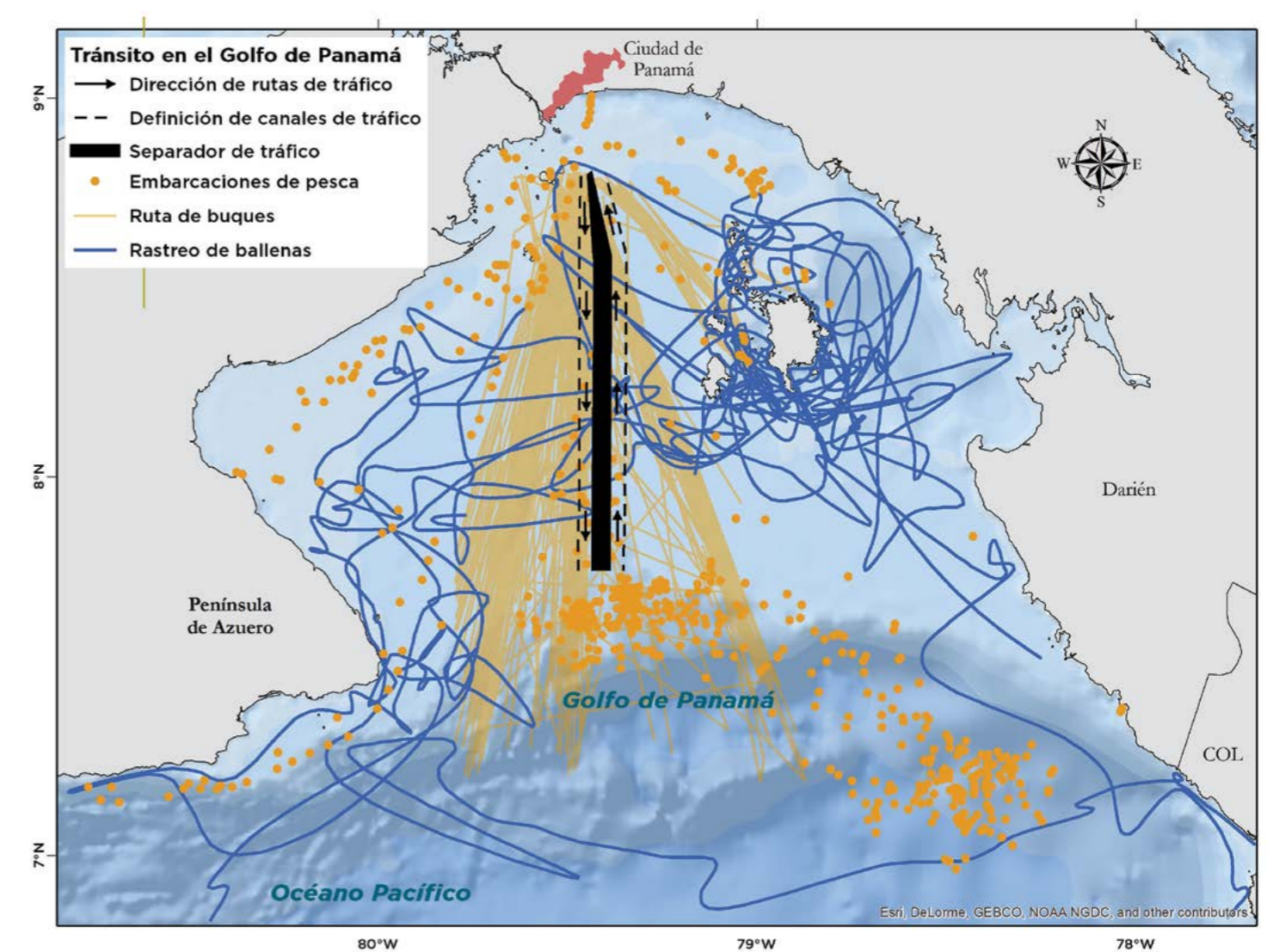


Figura 25. Rutas de tránsito de 892 embarcaciones saliendo del Canal de Panamá superpuestas sobre las rutas de 12 ballenas jorobadas en el mismo periodo con el DST para el Canal de Panamá (adaptado de Guzmán *et al.*, 2013).

Ordenar el tráfico marítimo para la protección de grandes cetáceos en el Pacífico Oriental

Héctor M. Guzmán.

*Smithsonian Tropical Research
Institute, Panamá*

La colisión con buques mercantes a lo largo de sus rutas migratorias es una amenaza para muchas especies de ballenas del Pacífico Oriental. Este riesgo ha aumentado con la expansión del tráfico marítimo cercano a la zona costera. En particular, destacan las ballenas jorobadas, azul y gris. Todas estas especies están protegidas a nivel internacional y, aparentemente, sus poblaciones se recuperan dentro de la región.

La ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) y la ballena gris (*Eschrichtius robustus*) presentan posiblemente el registro más alto de accidentes y muertes en el Pacífico Oriental. No existen estadísticas claras, debido a que la mayor parte de las colisiones pasan desapercibidas. Sin embargo, este podría no ser el caso de la ballena azul (*Balaenoptera musculus*), debido a su gran tamaño.

Estas tres especies realizan impresionantes migraciones de miles de kilómetros, desde las áreas de alimentación en los hemisferios Norte y Sur, hasta las áreas de cría en aguas tropicales y sub-tropicales del Pacífico Oriental. En particular, las aguas de Centroamérica son anualmente visitadas por cientos de ballenas, algunas con rutas marcadamente costeras, mientras que otras con rutas más oceánicas, hacia áreas de alta productividad como el Domo Térmico de Costa Rica. Esto crea un reto a una escala

sin precedente para la protección de las grandes ballenas de la región. Ello no será una tarea fácil, porque existen intereses económicos que deben de sopesarse y, en algunos casos, no existe la información científica adecuada.

Varios países de la región (ej., Chile, Perú, Ecuador) han implementado sistemas de enrutamiento conocidos como Dispositivos Separadores de Tráfico (DST), que funcionan como avenidas virtuales con carriles exclusivos de navegación. También se han implementado las Zonas a Evitar (ZAE), que son áreas extensas donde se limita el acceso a los grandes buques. Estos sistemas han sido justificados principalmente para mejorar la seguridad en la navegación, la aproximación ordenada a puertos y para evitar accidentes que podrían afectar los ecosistemas marinos sensibles.

Países como Canadá, Estados Unidos, Costa Rica y Panamá han aprovechado y justificado estos sistemas para reducir las colisiones con cetáceos. No obstante, Panamá y Costa Rica son los únicos países que han basado la justificación en mapas de uso de hábitats costeros, desarrollados con datos provenientes de ballenas jorobadas marcadas y seguidas con transmisores satelitales, logrando la adopción por la Organización Marítima Internacional (OMI) de tres DST en 2014 y una ZAE en 2017, respectivamente. Estudios realizados en Panamá, donde se modeló la posibilidad de colisiones entre buques y ballenas, ambos seguidos por satélites, demostraron que los movimientos de ballenas (adultos y crías) en el Golfo de Panamá, coinciden con las principales rutas marítimas comerciales y que, al implementar estos sistemas de enrutamiento, el área de posibles colisiones con ballenas podría reducirse en un 93%.

Estos resultados allanan, en parte, el camino para considerar sistemas de rutas marítimas adoptadas por la OMI en algunos sitios claves de la región, como las costas de Perú, Ecuador y México, además del área oceánica del Domo Térmico de Costa Rica.



Ruido submarino como una amenaza a la biodiversidad marina

Lindy Weilgart y Silvia Frey.
OceanCare.

Los animales marinos, en particular las ballenas y delfines, pero también los peces, calamares y otros invertebrados, dependen del sonido para todas sus funciones esenciales como búsqueda de alimento, evasión de depredadores, apareamiento, coordinación grupal, navegación y percepción de su entorno. Estos animales “ven” con sus oídos, debido a la poca luz que hay bajo el agua. El sonido, en contraste, viaja muy rápido y muy lejos bajo el agua en comparación con el aire, casi cinco veces más rápido. Teóricamente, las ballenas azules se comunican a lo largo de todo un océano. Los humanos suman ruido al océano, degradan el hábitat de muchas especies, hasta cierto grado “cegándolos” a información importante, sea porque dañan su audición o porque “ahogan” sonidos valiosos, enmascarándolos, haciendo su supervivencia más difícil.

El ruido causado por el ser humano viene, principalmente, del tráfico comercial, la exploración sísmica por petróleo y gas, sonares navales y de mapeo, embarcaciones pequeñas, construcción y extracción petrolera. En general, el ruido marino ha aumentado 100 veces en algunas áreas desde la era industrial, duplicando su intensidad cada década durante las últimas décadas. La exploración sísmica puede escucharse a distancias de 4.000 km en algunas áreas. El Sonar Activo de Baja Frecuencia de la Marina de los EE.UU. puede cubrir un área de 3,9 millones de km², a niveles que se conoce perturban a las ballenas.

Los impactos en la vida marina incluyen encallamientos fatales o muertes en el mar, daño auditivo, evasión a largo plazo de zonas ruidosas, estrés (que puede afectar la reproducción, la habilidad de luchar contra enfermedades e infecciones y causar envejecimiento prematuro), reducción en la capacidad de alimentación y reproducción, cambios migratorios y mayores costos energéticos.

Muchos delfines que encallan o se ven enredados en artes de pesca muestran pérdida auditiva profunda, sugiriendo que el daño auditivo podría haber contribuido al encallamiento o enredamiento. Incluso el bienestar de

las poblaciones (tasa de nacimiento, tasa de mortalidad, tasa de crecimiento) puede verse afectado. Estudios en peces y ballenas muestran un aumento en hormonas del estrés, disrupción en el comportamiento de agregación, desarrollo deteriorado y aumento en la mortalidad de embrional de peces, al estar sujetos a ruido de tráfico marítimo.

Las diferentes fuentes de ruidos requieren diferentes soluciones. Para el tráfico marítimo, el sonido producido no es intencional y sus causas probablemente reducen la eficiencia en el uso de combustible. Mejores

tecnológicas son posibles y son el foco de estudios en la actualidad. La OMI está, lentamente, abordando el tema del ruido en el tráfico marítimo y se están desarrollando lineamientos voluntarios.

Para abordar el ruido producido por la prospección sísmica, existen alternativas a las pistolas de aire como la Marine Vibroseis, que podría generar un menor impacto en la vida marina. Para los animales marinos que migran estacionalmente, la programación estacional de las actividades que generan ruido evitaría la superposición con la presencia de animales marinos. Áreas y temporadas vitales para la reproducción y alimentación deberían evitarse cuando sea posible. Los pocos sitios que todavía son relativamente silenciosos deberían preservarse como refugios acústicos. Para preservar la biodiversidad del impacto del ruido, el manejo precautorio debe utilizarse antes de esperar evidencia biológica irrefutable del impacto.



Expedición científica
al Domo Térmico de
Costa Rica

XII. PRINCIPALES RETOS EN EL MANEJO DEL DOMO.



Naturaleza jurídica mixta.

El Domo se ubica mayormente en AFJN, más allá de las 200 millas náuticas establecidas por la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (CONVEMAR) como mares territoriales y zonas económicas exclusivas de los Estados (Fig. 26).



PLATAFORMA CONTINENTAL SUBMARINA



Figura 26. La zonificación de las aguas marinas de acuerdo a la CONVEMAR.

Al ser parte de las AFJN, el Domo enfrenta la ausencia de un marco regulatorio que permita el control y planificación de las actividades que en él se ejercen. El manejo y uso de la biodiversidad en alta mar no están regulados por ningún instrumento internacional específico.

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) se encuentra en el proceso de establecer un instrumento internacional jurídicamente vinculante para la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica marina en AFJN (compromiso adquirido durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible, El Futuro que Queremos, 2012). De alcanzarse, este sería el tercer acuerdo de implementación en el marco de la CONVEMAR (AIC III). Entre los temas a abordar en este acuerdo se encuentran: i) los recursos genéticos marinos, incluidas las cuestiones relativas a la distribución de los beneficios, ii) los mecanismos de gestión basados en zonas geográficas, incluidas las áreas marinas protegidas, iii) las evaluaciones del impacto ambiental y iv) la creación de capacidad y transferencia de tecnología marina.

La naturaleza cambiante del Domo, que durante períodos de máxima extensión cubre parte de las aguas jurisdiccionales de todos los países centroamericanos (Jiménez, 2016), hace que confluyan dos tipos diferentes de sistemas jurídicos para su manejo.

Por un lado, cada una de las jurisdicciones de los Estados, en las que el Domo se extiende temporalmente, cuenta con regulaciones específicas diferentes y distintas autoridades para su aplicación. Por el otro, las AFJN, al ser consideradas un bien común (*res communis*), no se encuentran bajo la jurisdicción de ningún Estado. La ausencia de un mecanismo que proteja la biodiversidad marina en el Alta Mar, ha generado interrogantes sobre si la actual estructura de gobernanza podrá asegurar la conservación de los recursos biológicos asociados a este magno espacio, a la luz del creciente tráfico marítimo, la explotación pesquera y los efectos del cambio climático.

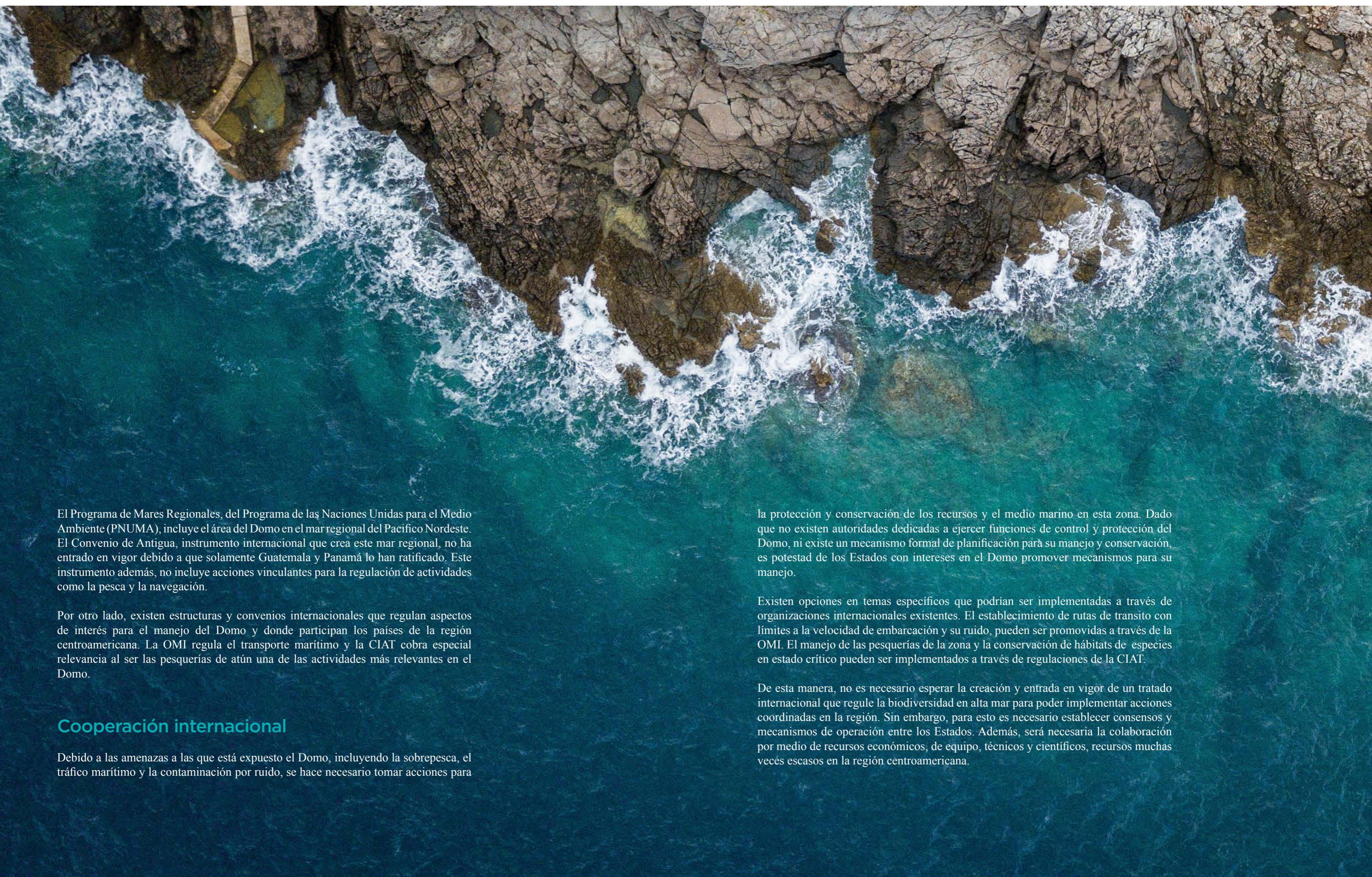


Tiburón zorro
Alopias superciliosus

Manejo fragmentado

La región centroamericana cuenta con diferentes organismos y mecanismos regionales e internacionales para el manejo y protección de los recursos marinos. Sin embargo, se trata de entidades especializadas en temas específicos que se han organizado por medio de estructuras que no necesariamente toman en cuenta las particularidades de las AFJN. Adicionalmente, no existe una estructura o programa específico para el manejo de Domo.

A nivel regional, dentro del Sistema de la Integración Centroamericana (SICA), existen diferentes órganos relacionados con los recursos marinos. La Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD) tiene dentro de sus objetivos la conservación y manejo ambiental, incluyendo los temas marinos en aguas jurisdiccionales de los países miembros. Por su parte, la Organización del Sector Pesquero y Acuícola del Istmo Centroamericano (OSPESCA) se dedica al desarrollo sostenible de las actividades de la pesca y la acuicultura y la Comisión Centroamericana de Transporte Marítimo (COCATRAM) atiende los asuntos relativos al desarrollo marítimo y portuario de Centroamérica.



El Programa de Mares Regionales, del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), incluye el área del Domo en el mar regional del Pacífico Nordeste. El Convenio de Antigua, instrumento internacional que crea este mar regional, no ha entrado en vigor debido a que solamente Guatemala y Panamá lo han ratificado. Este instrumento además, no incluye acciones vinculantes para la regulación de actividades como la pesca y la navegación.

Por otro lado, existen estructuras y convenios internacionales que regulan aspectos de interés para el manejo del Domo y donde participan los países de la región centroamericana. La OMI regula el transporte marítimo y la CIAT cobra especial relevancia al ser las pesquerías de atún una de las actividades más relevantes en el Domo.

Cooperación internacional

Debido a las amenazas a las que está expuesto el Domo, incluyendo la sobrepesca, el tráfico marítimo y la contaminación por ruido, se hace necesario tomar acciones para

la protección y conservación de los recursos y el medio marino en esta zona. Dado que no existen autoridades dedicadas a ejercer funciones de control y protección del Domo, ni existe un mecanismo formal de planificación para su manejo y conservación, es potestad de los Estados con intereses en el Domo promover mecanismos para su manejo.

Existen opciones en temas específicos que podrían ser implementadas a través de organizaciones internacionales existentes. El establecimiento de rutas de tránsito con límites a la velocidad de embarcación y su ruido, pueden ser promovidas a través de la OMI. El manejo de las pesquerías de la zona y la conservación de hábitats de especies en estado crítico pueden ser implementados a través de regulaciones de la CIAT.

De esta manera, no es necesario esperar la creación y entrada en vigor de un tratado internacional que regule la biodiversidad en alta mar para poder implementar acciones coordinadas en la región. Sin embargo, para esto es necesario establecer consensos y mecanismos de operación entre los Estados. Además, será necesaria la colaboración por medio de recursos económicos, de equipo, técnicos y científicos, recursos muchas veces escasos en la región centroamericana.

Gobernanza

Las distintas amenazas a la biodiversidad y ecosistemas dependientes del Domo, han hecho necesaria la discusión sobre nuevos modelos de gobernanza, donde se establezcan los mejores mecanismos y prácticas para la protección del Domo tanto en las diferentes jurisdicciones de los países, como en la zona de alta mar.

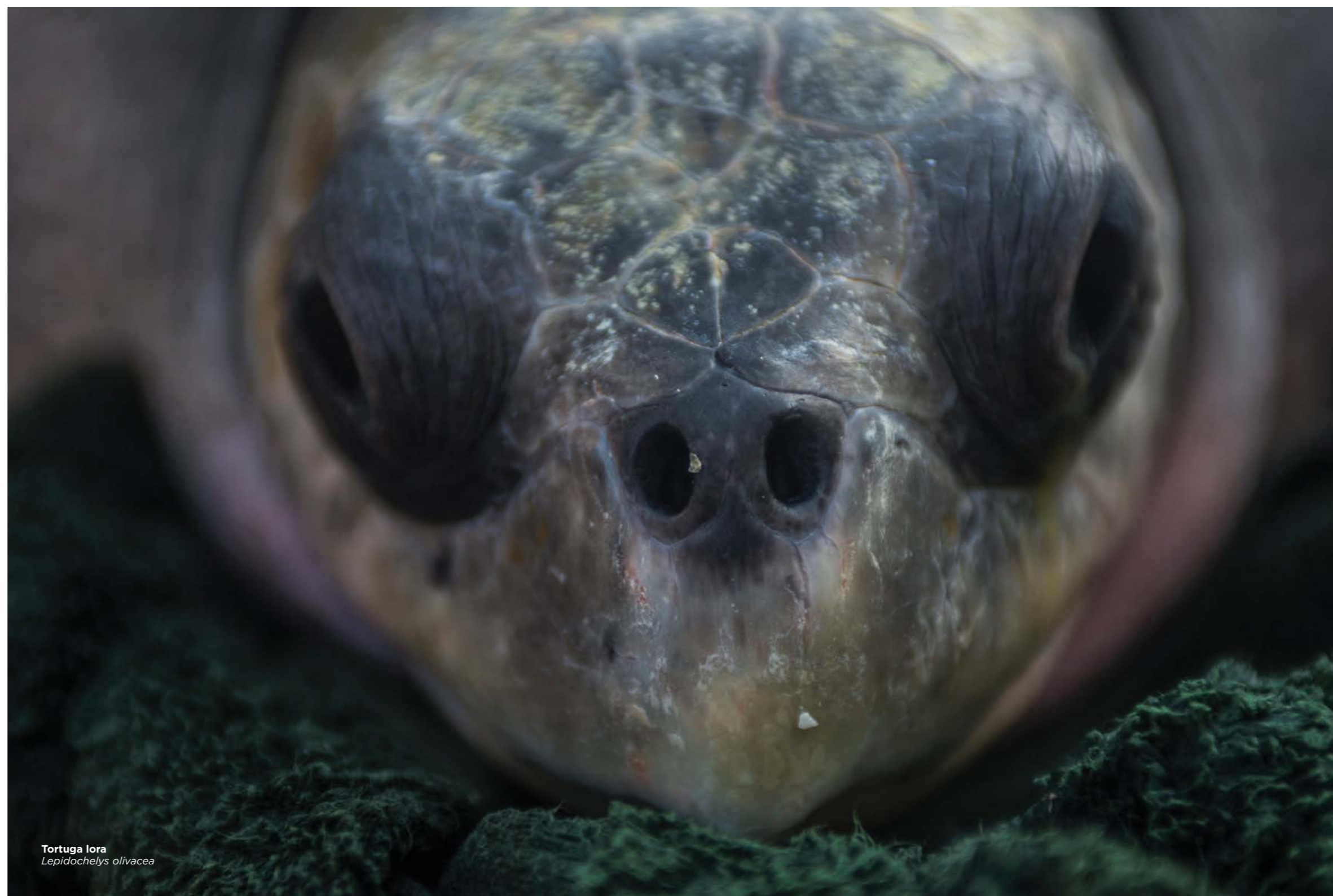
La coordinación efectiva entre los diferentes actores públicos y privados, así como la cooperación internacional son elementos fundamentales para asegurar la sostenibilidad de los recursos marinos que se benefician del Domo y, por ende, de los servicios ambientales y actividades productivas que sostienen. La relevancia del Domo para la región, demanda la urgente creación e implementación de medidas de conservación y manejo tanto desde los Estados centroamericanos, como desde los organismos regionales e internacionales competentes.

Las experiencias de gobernanza en otras regiones marinas, han demostrado que se necesita tomar en cuenta el establecimiento de algún tipo de instrumento legal internacional que aclare quienes son los responsables del manejo y el aseguramiento del uso sostenible de sus recursos.

Al tratarse de temas de Derecho Internacional Público, los estados se obligan internacionalmente en la medida que hayan prestado su consentimiento para ello (Tomuschat, 1976). De esta manera, cualquier decisión que se establezca para el manejo de un recurso común, como es el Domo, deberá contar con el consenso de los países involucrados.

Resulta además necesario establecer procesos de cooperación internacional que tomen ventaja de la institucionalidad y marcos regulatorios internacionales ya existentes, impulsando una activa cooperación entre los Estados, a fin de posibilitar la efectividad de su manejo (Jiménez, 2016). Debe tomarse en cuenta, además, a actores tan diversos como el sector científico o las comunidades costeras y las Organizaciones Regionales de Ordenación Pesquera (OROP), que puedan aportar en la construcción de un mecanismo de gobernanza.

Por otro lado, es fundamental considerar cuál será el órgano de administración del modelo de gobernanza. Las convenciones o convenios han sido las figuras hasta ahora más usadas para administrar las AFJN. Estas generalmente están conformadas por una Secretaría que se encarga de las cuestiones operativas del convenio y una conferencia que reúne a las Partes periódicamente para realizar decisiones de tipo político. En la mayor parte de estas figuras existe una Comisión Científica, que aporta insumos técnicos para la toma de decisiones.



Tortuga lora
Lepidochelys olivacea

Bajo esta idea, existen 3 opciones: administrar el Domo en forma coordinada entre todos los Estados interesados, crear una nueva estructura u órgano regional de gobernanza o incluir la administración del Domo dentro de un órgano regional o internacional ya existente.

De todas formas, un modelo de gobernanza para el Domo, necesitará de la designación de una forma de financiamiento. El financiamiento de las estructuras de gobernanza marina está compuesto generalmente de un presupuesto núcleo, alimentado por contribuciones de los países miembros y de fondos programáticos generados por las Secretarías o a través de convenios colaborativos con organizaciones existentes que permiten el redireccionamiento de recursos hacia las necesidades específicas del AFJN a manejar.

Referencias

Abramson, L. (2012). Vessel strikes and acoustic impacts. Gulf of the Farallones and Cordell Bank National Marine Sanctuaries. Report of a Joint Working Group of the Gulf of the Farallones and Cordell Bank National Marine Sanctuaries Advisory Councils: 43p.

Asociación de Desarrollo Integral de Ostional, Universidad de Costa Rica, Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura y Sistema Nacional de Áreas de Conservación (2016). Plan quinquenal de Manejo y Conservación de Tortugas Marinas Lora. 2016-2021. Nicoya, Guanacaste, Costa Rica.

Ahlgren, N. A.; A. Noble; A. P. Patton; K. Roache-Johnson; L. Jackson; D. Robinson; C. McKay; L. R. Moore; M. A. Saito & G. Rocap (2014). The unique trace metal and mixed layer conditions of the Costa Rica upwelling dome support a distinct and dense community of *Synechococcus*. *Limnology and Oceanography* Vol. 59(6): 2166-2184.

Alcaraz, M. & A. Calbet (2009). Zooplankton ecology. *Marine Ecology*: 295.

Alexander, M. A.; H. Seo; S. P. Xie & J. D. Scott (2012). ENSO's impact on the gap wind regions of the Eastern Tropical Pacific Ocean. *Journal of Climate* Vol. 25(10): 3549-3565.

Alfaro, E. J. & O. G. Lizano (2001). Algunas relaciones entre las zonas de surgencia del Pacífico Centroamericano y los océanos Pacífico y Atlántico tropicales. *Revista de Biología Tropical* Vol. 49 (Supl. 2): 185-193.

Allen, A. S. (2014). The development of ships-routeing measures in the Bering Strait: Lessons learned from the North Atlantic right whale to protect local whale populations. *Marine Policy* Vol. 50: 215-226.

Allen, G. R. & D. R. Robertson (1998). Peces del Pacífico Oriental Tropical. CONABIO, Agrupación Sierra Madre. México.

Allen, J. K.; M. L. Peterson; G. V. Sharrard; D. L. Wright & S. K. Todd (2012). Radiated noise from commercial ships in the Gulf of Maine: implications for whale/vessel collisions. *J Acoust Soc Am* Vol. 132(3): EL229-35.

Arauz, R.; A. López & I. Zanella (2007). Informe Final: análisis de la descarga anual de tiburones y rayas en la pesquería pelágica y costera del Pacífico de Costa Rica (Playas del Coco, Tárcoles y Golfito). Programa Restauración de Tortugas Marinas; presentado a Conservación Internacional. San José: 60p.

Arauz, R.; A. López; I. Zanella; R. Suárez & A. Bolaños (2008). Análisis de las capturas y descargas de tiburones en las pesquerías del Pacífico de Costa Rica (Playas del Coco y Golfito). Programa Restauración de Tortugas Marinas; presentado a Conservación Internacional. Conservación Internacional. San José: 56p.

Au, D. & W. L. Perryman (1985). Dolphin habitats in the Eastern Tropical Pacific. *Fishery Bulletin* Vol. 83(4): 623-643.

Bailey, H.; B. R. Mate; D. M. Palacios; L. Irvine; S. J. Bograd & D. P. Costa (2009). Behavioural estimation of blue whale movements in the Northeast Pacific from state-space model analysis of satellite tracks. *Endangered Species Research* Vol. 10: 93-106.

Ballance, L. T.; R. L. Pitman & P. C. Fiedler (2006). Oceanographic influences on seabirds and cetaceans of the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography* Vol. 69(2-4): 360-390.

Bayliff, W. H. & J. Majkowski (Ed.). (2007). Methodological workshop on the management of tuna fishing capacity: stock status, data envelopment analysis, industry surveys and management options. La Jolla, California, United States of America, 8-12 May 2006. *FAO Fisheries Proceedings*. FAO. Rome. Vol. No. 8: 218p.

Best, P. B.; R. A. Rademeyer; C. Burton; D. Ljungblad; K. Sekiguchi; H. Shimada; D. Thiele; D. Reeb & D. S. Butterworth (2003). The abundance of blue whales on the Madagascar Plateau, December 1996. *Journal of Cetacean Research and Management* Vol. 5(3): 253-260.

Biodiversidad Marino Costera y Adaptación al Cambio Climático, Sistema Nacional de Áreas de Conservación y Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (2013). Mecanismos financieros para la adaptación de las áreas marinos costeras protegidas. Proyecto Biodiversidad Marino Costera en Costa Rica, Desarrollo de Capacidades y Adaptación al Cambio Climático. San José, Costa Rica: 56p.

Bjorndal, K. A. (1997). Foraging ecology and nutrition of sea turtles. En: *The biology of sea turtles*. Lutz, P. L.;J. A. Musick & J. Wyneken (Ed.). CRC Press. 199-231p.

Braun, C. D.; M. B. Kaplan; A. Z. Horodysky & J. K. Llopiz (2015). Satellite telemetry reveals physical processes driving billfish behavior. *Animal Biotelemetry* Vol. 3(1): 2.

Brenes, C.; A. Hernández & J. Campos (2000). Distribución espacial de capturas de tiburón en el pacífico nicaragüense y su relación con algunas variables oceanográficas. *Revista de Biología Tropical* Vol. 48(2-3): 399-411.

Brenes, C. L.; M. F. Lavín & A. S. Mascarenhas (2008). Geostrophic circulation between the Costa Rica Dome and Central America. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers* Vol. 55(5): 608-629.

Broenkow, W. W. (1965). The distribution of nutrients in the Costa Rica Dome in the Eastern Tropical Pacific. *Limnology and Oceanography* Vol. 10(1): 40-52.

Burkholder, J. M. (2002). Cyanobacteria. *Encyclopedia of Environmental Microbiology*.

Central American Billfish Association (2015). Report on the 2015 CABA Billfish Forum Puerto Jiménez, Costa Rica, 18 July 2015. Cental American Billfsh Association. Costa Rica: 17p.

Calambokidis, J. & J. Barlow (2004). Abundance of blue and humpback whales in the Eastern North Pacific estimated by capture-recapture and line-transect methods. *Marine Mammal Science* Vol. 20(1): 63-85.

Carrillo, M. & F. Ritter (2010). Increasing numbers of ship strikes in the Canary Islands: proposals for immediate action to reduce risk of vessel-whale collisions. *Journal of Cetacean Research and Management* Vol. 11(2): 131-138.

Comisión Interamericana del Atún Tropical (2017). Tunas and Billfishes in the Eastern Pacific Ocean in 2016. *Fishery Status Report*. Inter-American Tropical Tuna Commission. Vol. 6: 1-191p.

Cisneros-Montemayor, A. M.; M. Barnes-Mauthe; D. Al-Abdulrazzak; E. Navarro-Holm & U. R. Sumaila (2013). Global economic value of shark ecotourism: implications for conservation. *Oryx* Vol. 47(03): 381-388.

Cisneros-Montemayor, A. M.; U. R. Sumaila; K. Kaschner & D. Pauly (2010). The global potential for whale watching. *Marine Policy* Vol. 34(6): 1273-1278.

Convención sobre el Comercio internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (2009). "Apéndices I, II y III – en vigor desde el 22 de mayo de 2009." Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Consultada en disponible en <https://www.cites.org/eng/app/appendices.php>.

Clarke, S.; E. J. Milner-Gulland & T. Bjørndal (2007). Social, economic and regulatory drivers of the shark fin trade. *Marine Resource Economics* Vol. 22: 305–327.

Clarke, S. C.; M. K. McAllister; E. J. Milner Gulland; G. P. Kirkwood; C. G. J. Michielsens; D. J. Agnew; E. K. Pikitch; H. Nakano & M. S. Shivji (2006). Global estimates of shark catches using trade records from commercial markets. *Ecology Letters* Vol. 9(10): 1115-1126.

Croll, D. A.; H. Dewar; N. K. Dulvy; D. Fernando; M. P. Francis; F. Galván-Magaña; M. Hall; S. Heinrichs; A. Marshall & D. Mccauley (2016). Vulnerabilities and fisheries impacts: the uncertain future of manta and devil rays. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* Vol. 26(3): 562-575.

Cromwell, T. (1958). Thermocline topography, horizontal currents and "ridging" in the eastern tropical Pacific. *Inter-American Tropical Tuna Commission Bulletin* Vol. 3(3): 133-164.

Chen, X.; J. Li; Y. Chen; G. Li; Z. Fang & S. Tian (2013). Age, growth and population structure jumbo flying squid, *Dosidicus gigas*, off the Costa Rica Dome. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom Vol. 93(02): 567-573.

De Anda-Montañez, J. A.; A. Amador-Buenrostro; S. Martínez-Aguilar & A. Muhlia-Almazán (2004). Spatial analysis of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) catch rate and its relation to El Niño and La Niña events in the eastern tropical Pacific. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography Vol. 51(6-9): 575-586.

Ditton, R. B. & S. R. Grimes (1995). A Social and Economic Study of the Costa Rica Recreational Billfish Fishery. The Billfish Foundation. Ft. Lauderdale, Florida, USA: 38p.

Dulvy, N. K.; S. L. Fowler; J. A. Musick; R. D. Cavanagh; P. M. Kyne; L. R. Harrison; J. K. Carlson; L. N. K. Davidson; S. V. Fordham & M. P. Francis (2014). Extinction risk and conservation of the world's sharks and rays. eLife Vol. 3: e00590.

Eckert, K. L. (1993). The biology and population status of marine turtles in the North Pacific Ocean. NOAA Technical Memorandum NMFS. National Oceanic and Atmospheric Administration. Honolulu, Hawaii. Vol. NMFS-SWFSC-186.

Ehrhardt, N. M. (2017). Billfish Research Center Report. Rosenstiel School of Marine & Atmospheric Science. Miami, Florida: 6p.

Ehrhardt, N. M. & M. Fitchett (2008). Evaluación de las tendencias de los rendimientos de la pesca deportiva de picudos en Costa Rica como consecuencia de la marcada sobre explotación de los recursos en los cuales se basa la importante industria de la pesca. División de Biología Marina y Pesquerías, Centro Rosenstiel de Ciencias Marinas y Atmosféricas, Universidad de Miami. Miami, Florida: 31p.

Etnoyer, P.; D. Canny; B. R. Mate; L. E. Morgan; J. G. Ortega-Ortiz & W. J. Nichols (2006). Sea-surface temperature gradients across blue whale and sea turtle foraging trajectories off the Baja California Peninsula, Mexico. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography Vol. 53(3-4): 340-358.

Evseenko, S. & M. Shtaut (2005). On the species composition and distribution of ichthyoplankton and micronekton in the Costa Rica Dome and adjacent areas of the tropical Eastern Pacific. Journal of Ichthyology Vol. 45(7): 513-525.

Fernández-Álamo, M. A. & J. Färber-Lorda (2006). Zooplankton and the oceanography of the eastern tropical Pacific: A review. Progress in Oceanography Vol. 69(2-4): 318-359.

Flora y Fauna Internacional y Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. (2007). Estrategia para la Conservación de las Tortugas Marinas en el Pacífico de Nicaragua. Flora & Fauna Internacional; Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. Nicaragua: 94p.

Fiedler, P. C. (2002). The annual cycle and biological effects of the Costa Rica Dome. Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers Vol. 49(2): 321-338.

Fiedler, P. C. & M. F. Lavín (2006). Introduction: a review of eastern tropical Pacific oceanography. Progress in Oceanography Vol. 69(2-4): 94-100.

Fiedler, P. C. & V. Philbrick (1991). Oceanic upwelling and productivity in the eastern tropical Pacific. Limnology and Oceanography Vol. 36(8): 1834-1850.

Fiedler, P. C.; J. V. Redfern & L. T. Ballance (2017). Oceanography and cetaceans of the Costa Rica Dome Region. NOAA Technical Memorandum NMFS. National Oceanographic and Atmospheric Administration. Vol. NOAA-TM-NMFS-SWFSC-590: 35p.

Franck, V. M.; K. W. Bruland; D. A. Hutchins & M. A. Brzezinski (2003). Iron and zinc effects on silicic acid and nitrate uptake kinetics in three high-nutrient, low-chlorophyll (HNLC) regions. Marine Ecology Progress Series Vol. 252: 15-33.

Franks, P. J. (1992). Sink or swim: accumulation of biomass at fronts. Marine Ecology Progress Series: 1-12.

Friedlander, A. M.; B. J. Zgliczynski; E. Ballesteros; O. Aburto-Oropeza; A. Bolaños & E. Sala (2012). The shallow-water fish assemblage of Isla del Coco National Park, Costa Rica: structure and patterns in an isolated, predator-dominated ecosystem. Revista de Biología Tropical Vol. 60(3): 321-338.

Froese, R. & D. Pauly (Ed.). (2012). FishBase. World Wide Web electronic publication. Disponible en <http://www.fishbase.org>. Version (07/2010).

Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (2015). Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment. Kershaw, P. J. (Ed.). IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection: 96p.

Gutic, J. (1994). Sea turtle eco-tourism brings economic benefit to community. Marine Turtle Newsletter Vol. 64: 10-12.

Gutiérrez-Rodríguez, A.; G. Slack; E. F. Daniels; K. E. Selph; B. Palenik & M. R. Landry (2014). Fine spatial structure of genetically distinct picocyanobacterial populations across environmental gradients in the Costa Rica Dome. Limnology and Oceanography Vol. 59(3): 705-723.

Guzman, H. M.; C. G. Gomez; C. A. Guevara & L. Kleivane (2013). Potential vessel collisions with Southern Hemisphere humpback whales wintering off Pacific Panama. Marine Mammal Science Vol. 29(4): 629-642.

Hall, M. & M. Roman (2013). Bycatch and non-tuna catch in the tropical tuna purse seine fisheries of the world. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. FAO. Rome: 249p.

Hofmann, E. E.; A. J. Busalacchi & J. J. Q'BRIEN (1981). Wind generation of the Costa Rica dome. Science Vol. 214(4520): 552-554.

Holland, S. M.; R. B. Ditton & A. R. Graefe (1998). An ecotourism perspective on billfish fisheries. Journal of Sustainable Tourism Vol. 6(2): 97-116.

Hoyt, E. y M. Iñiguez. 2008. Estado del avistamiento de cetáceos en América Latina. Chippenham, UK. World Dolphin Conservation Society; East Falmouth, EEUU: IFAW; y Londres: Global Ocean.

Humann, P. & N. DeLoach (2004). Reef fish Identification: Baja to Panama. New World Publications, Inc. Jacksonville, Florida, U.S.A.

Ichii, T.; K. Mahapatra; W. T.; A. Yatsu; D. Inagake & Y. Okada (2002). Occurrence of jumbo flying squid *Dosidicus gigas* aggregations associated with the countercurrent ridge off the Costa Rica Dome during 1997 El Niño and 1999 La Niña. Marine Ecology Progress Series Vol. 231: 151-166.

International Union for the Conservation of Nature (2018). "The IUCN Red List of Threatened Species." International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. Cambridge, United Kingdom. Consultada en 22/05/2018, disponible en www.iucnredlist.org.

Jiménez, J. A. (2016). El Domo Térmico de Costa Rica: Un oasis de productividad frente a las costas del Pacífico Centroamericano. Fundación MarViva. San José, Costa Rica.

Johnson, D. E.; E. Ross Salazar; A. Gallagher; A. Rees; C. Sheridan Rodriguez; S. Cabronero Solano; G. Rojas Ortega & C. Barrio Froján (2018). Preventing plastics pervading an oceanic oasis: Building the case for the Costa Rica Thermal Dome to become a World Heritage site in ABNJ. Marine Policy.

Kessler, W. S. (2006). The circulation of the eastern tropical Pacific: A review. Progress in Oceanography Vol. 69(2-4): 181-217.

Kohin, S.; R. Arauz; D. Holts & R. Vetter (2006). Preliminary results: Behavior and habitat preferences of silky sharks (*Carcharhinus falciformis*) and a big eye thresher shark (*Alopias superciliosus*) tagged in the Eastern Tropical Pacific. Seminario-taller del estado del conocimiento de la conductiofauna de Costa Rica. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica. Instituto Nacional de Biodiversidad.

La Razón (2012). Honduras celebra su santuario de tiburones. La Razón. Tegucigalpa, Honduras. Consultada en disponible en http://www.la-razon.com/sociedad/asi_va_la_vida/Honduras-celebra-santuario-tiburones_0_1630636954.html.

Laist, D. W.; A. R. Knowlton; J. G. Mead; A. S. Collet & M. Podesta (2001). Collisions between ships and whales. Marine Mammal Science Vol. 17(1): 35-75.

Landry, M. R.; A. De Verneil; J. I. Goes & J. W. Moffett (2015). Plankton dynamics and biogeochemical fluxes in the Costa Rica Dome: introduction to the CRD Flux and Zinc Experiments. *Journal of plankton research* Vol. 38(2): 167-182.

Lavín, M.; P. C. Fiedler; J. Amador; L. Ballance; J. Färber-Lorda & A. Mestas-Nuñez (2006). A review of eastern tropical Pacific oceanography: Summary. *Progress in Oceanography* Vol. 69(2): 391-398.

Lennert-Cody, C.; A. Aires-da-Silva; M. Maunder & M. H. Román (2016). Updated stock status indicators for silky sharks in the eastern Pacific Ocean (1994-2014). Inter-American Tropical Tuna Commission. Inte-American Tropical Tuna Commission. La Jolla, California. Vol. Technical Report SAR-17-8.

Li, W. K. W.; D. V. Subba Rao; W. G. Harrison; J. C. Smith; J. J. Cullen; B. Irwin & T. Platt (1983). Autotrophic picoplankton in the tropical ocean. *Science* Vol. 219(4582): 292-295.

Liu, B.; X. Chen & Q. Yi (2013). A comparison of fishery biology of jumbo flying squid, *Dosidicus gigas* outside three Exclusive Economic Zones in the Eastern Pacific Ocean. *Chinese journal of oceanology and limnology* Vol. 31(3): 523-533.

Logística (2012). "Pasa 5% del comercio mundial por el Canal de Panamá." *Revista Logística*. Consultada en disponible en <http://www.logisticamx.enfasis.com/notas/65031-pasa-5-del-comercio-mundial-el-canal-panama>.

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2014). Quinto Informe Nacional para el Convenio sobre Diversidad Biológica. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. El Salvador.

Matteson, R. S. (2009). The Costa Rica Dome: a study of physics, zooplankton and blue whales. Tesis para el grado de Master of Science, Oregon State University. Oregon, United States.

McClain, C. R.; J. R. Christian; S. R. Signorini; M. R. Lewis; M. R. Lewis; I. Asanuma; D. Turk & C. Dupouy-Douchement (2002). Satellite ocean-color observations of the tropical Pacific Ocean. *Deep-Sea Research* Vol. 49: 2533-2560.

McPhaden, M. J. (1996). Monthly period oscillations in the Pacific north equatorial countercurrent. *Journal of Geophysical Research: Oceans* Vol. 101(C3): 6337-6359.

Ministerio de Ambiente (2017). Diagnóstico de la Situación de las Tortugas Marinas y Plan de Acción Nacional para su Conservación. Aráuz, E. A.;L. Pacheco;S. Binder & R. de Ycaza (Ed.). Ministerio de Ambiente. Ciudad de Panamá, Panamá: 104p.

Mission Blue (2018). "Mission Blue/Sylvia Earle Alliance." Consultada en Enero 2018, disponible en <https://mission-blue.org/about/>.

Morgan, A. C. (2010). Sharks: the state of the science. Ocean Science Division. Pew Environment Group. Washington, DC: 12p.

Muccio, C. & J. M. Pérez (2015). Análisis Situacional de la Conservación de la Tortuga Marina en Guatemala. Guatemala: 46p.

Muller-Karger, F. E. & C. Fuentes-Yaco (2000). Characteristics of wind-generated rings in the Eastern Tropical Pacific Ocean. *Journal of Geophysical Research* Vol. 105(C1): 1271-1284.

O'Malley, M. P.; K. Lee-Brooks & H. B. Medd (2013). The global economic impact of manta ray watching tourism. *PLoS one* Vol. 8(5): e65051.

Organización del Sector Pesquero y Acuícola del Istmo Centroamericano y The Billfish Foundation BF (2009). Propuesta plan de acción regional entre OSPESCA y TBF para uniformar criterios de manejo sostenible de los picudos y la pesca deportiva: 2p.

Panigada, S.; G. Pesante; M. Zanardelli; F. Capoulade; A. Gannier & M. T. Weinrich (2006). Mediterranean fin whales at risk from fatal ship strikes. *Marine Pollution Bulletin* Vol. 52(10): 1287-1298.

Papanicolopulu, I. (2008). Underwater noise. *The International Journal of Marine and Coastal Law* Vol. 23(2): 365-376.

Reeves, R. R.; B. S. Stewart; P. J. Clapham & J. A. Powell (2002). National Audubon Society guide to marine mammals of the world. Alfred A. Knopf Inc. New York: 528p.

Ross Salazar, E.; J. M. Posada; G. Melo, ; A. M. Lobo; G. Rojas Ortega & A. E. Ventura Pozuleo (2017). Guía de identificación: peces de importancia comercial en la costa Pacífica de Costa Rica. Fundación MarViva. San José, Costa Rica.

Rueda Almonacid, J.V.; J.V. Rodriguez Mahecha; J.N. Rueda; R. B. Mast; A. Gonzalez Hernandez; D. Amorocho. 2005. Tortugas Marinas Neotropicales (Neotropical Sea Turtles). Conservation International. 88 pp.

Saito, M. A.; G. Rocap & J. W. Moffett (2005). Production of cobalt binding ligands in a *Synechococcus* feature at the Costa Rica upwelling dome. *Limnology and Oceanography* Vol. 50(1): 279-290.

Sameoto, D.; L. Guglielmo & M. Lewis (1987). Day/night vertical distribution of euphausiids in the eastern tropical Pacific. *Marine Biology* Vol. 96(2): 235-245.

Sameoto, D. D. (1986). Influence of the biological and physical environment on the vertical distribution of mesozooplankton and micronekton in the eastern tropical Pacific. *Marine Biology* Vol. 93(2): 263-279.

Santidrián Tomillo, M. P.; E. Veléz; R. D. Reina; R. Piedra; F. V. Paladino & J. R. Spotila (2007). Reassessment of the leatherback turtle (*Dermodochelys coriacea*) nesting population at Parque Nacional Marino Las Baulas, Costa Rica: Effects of conservation efforts. *Chelonian Conservation and Biology* Vol. 6: 54-62.

Sarti Martínez, L.; A. R. Barragán; D. G. Muñoz; N. García; P. Huerta & F. Vargas (2007). Conservation and biology of the leatherback turtle in the Mexican Pacific. *Chelonian Conservation and Biology* Vol. 6.

Sears, R. & W. F. Perrin (2009). Blue whale (*Balaenoptera musculus*). En: *Encyclopedia of marine mammals*, Perrin, W. F.;B. Würsig & J. G. M. Thewissen (Ed.). Academic Press. Burlington MA: 158-163p.

Shillinger, G. L.; E. Di Lorenzo; H. Luo; S. Bograd; E. L. Hazen; H. Bailey & J. R. Spotila (2012). On the dispersal of leatherback turtle hatchlings from Mesoamerican nesting beaches. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* Vol. 279(1737): 2391-2395.

Shillinger, G. L.; D. M. Palacios; H. Bailey; S. J. Bograd; A. M. Swithenbank; P. Gaspar; B. P. Wallace; J. R. Spotila; F. V. Paladino & R. Piedra (2008). Persistent leatherback turtle migrations present opportunities for conservation. *PLoS Biology* Vol. 6(7): e171.

Sistema Nacional de Áreas de Conservación (2017). Informe Nacional Costa Rica para la Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas. Sistema Nacional de Áreas de Conservación.

Southwick, R.; R. Nelson; R. Lachman & J. Dreyfus (2013). Sportfishing in Panama: size, economic impacts and market potential. The Billfish Foundation. Fort Lauderdale, Florida: 16p.

Spotila, J. R. (2004). Sea Turtles: a complete guide to their biology, behavior and conservation. The Johns Hopkins University Press and Oakwood Arts. 277p.

Stewart, J. S.; E. L. Hazen; S. J. Bograd; J. E. Byrnes; D. G. Foley; W. F. Gilly; B. H. Robison & J. C. Field (2014). Combined climate-and prey-mediated range expansion of Humboldt squid (*Dosidicus gigas*), a large marine predator in the California Current System. *Global change biology* Vol. 20(6): 1832-1843.

Suárez, E. & R. Gasca (1989). Copépodos calanoides epiplanctónicos del Domo de Costa Rica (julio-agosto, 1982). *Ciencias Marinas* Vol. 15(1): 89-102.

Swimmer, Y.; R. Arauz; M. McCracken; L. McNaughton; J. Ballestero; M. Musyl; K. Bigelow & R. Brill (2006). Diving behavior and delayed mortality of olive ridley sea turtles *Lepidochelys olivacea* after their release from longline fishing gear. *Mar Ecol Prog Ser* Vol. 323: 253-261.

Swimmer, Y.; L. McNaughton; D. Foley; L. Moxey & A. Nielsen (2009). Movements of olive ridley sea turtles *Lepidochelys olivacea* and associated oceanographic features as determined by improved light-based geolocation. *Endangered Species Research* Vol. 10: 245-254.

Tapilatu, R. F.; P. H. Dutton; M. Tiwari; T. Wibbels; H. V. Ferdinandus; W. G. Iwanggin & B. G. Nugroho (2013). Long-term decline of the western Pacific leatherback, *Dermochelys coriacea*: a globally important sea turtle population. *Ecosphere* Vol. 4: 1-15.

Tildwell, J. (2006). Sea turtles: living fossils from our primordial past. En: *Conservation Frontlines*.

Tomuschat, C. (1976). Admissibility and legal effects of reservations to multilateral treaties. *Zeitschrift für ausländisches und öffentliches Recht und Völkerrecht*.

Troëng, S. & C. Drews (2004). Money talks: economic aspects of marine turtle use and conservation. WWF-International. Gland, Switzerland: 64p.

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (2012). *Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN: Versión 3.1. Segunda edición.* Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales. Gland, Suiza & Cambridge, Reino Unido: 34p.

Umatani, S. & T. Yamagata (1991). Response of the eastern tropical Pacific to meridional migration of the ITCZ: The generation of the Costa Rica Dome. *Journal of Physical Oceanography* Vol. 21(2): 346-363.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (2016). *World Heritage in the High Seas: An idea whose time has come.* United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Paris, France: 79p.

Vilchis, I. L.; L. T. Ballance & W. Watson (2009). Temporal variability of neustonic ichthyoplankton assemblages of the eastern Pacific warm pool: Can community structure be linked to climate variability? *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers* Vol. 56(1): 125-140.

Villagrán, G. (2015). Guatemala, con el reservorio más grande de pez vela. *Diario de Centro América*. Guatemala. Consultada en disponible en <http://www.dca.gob.gt/index.php/nacional/item/25847-guatemala-con-el-reservorio-m%C3%A1s-grande-de-pezu-vela>.

Vinogradov, M. Y.; E. A. Shushkina ; A. Y. Gorbunov & N. L. Shashkov (1991). Vertical distribution of the macro- and mesoplankton in the region of the Costa Rica Dome. *Oceanology* Vol. 31(559-565).

Wade, P. R. & T. Gerrodette (1993). Estimates of cetacean abundance and distribution in the Eastern Tropical Pacific. Report to the International Whaling Commission Vol. 43: 477-494.

Waluda, C. M. & P. G. Rodhouse (2006). Remotely sensed mesoscale oceanography of the Central Eastern Pacific and recruitment variability in *Dosidicus gigas*. *Marine Ecology Progress Series* Vol. 310: 25-32.

Wallace, B.; R. Lewison; S. McDonald; R. McDonald; C. Kot; S. Kelez; R. Bjorkland & E. Finkbeiner (2010a). Global patterns of marine turtle bycatch. *Conservation Letters* Vol. 3(3): 131-142.

Wallace, B. P.; A. D. DiMatteo; B. J. Hurley; E. M. Finkbeiner; A. B. Bolten; M. Y. Chaloupka; B. J. Hutchinson; F. A. Abreu-Grobois; D. Amorochio & K. A. Bjorndal (2010b). Regional management units for marine turtles: a novel framework for prioritizing conservation and research across multiple scales. *PLoS One* Vol. 5(12): e15465.

Wallace, B. P. & V. S. Saba (2009). Environmental and anthropogenic impacts on intra-specific variation in leatherback turtles: opportunities for targeted research and conservation. *Endangered Species Research* Vol. 7: 1-11.

White, W. T.; S. J. Blaber & J. F. Craig (2012). The current status of elasmobranchs: biology, fisheries and conservation. *J Fish Biol* Vol. 80(5): 897-900.

Woodson, C. & M. McManus (2007). Foraging behavior can influence dispersal of marine

organisms. *Limnology and Oceanography* Vol. 52(6): 2701-2709.

Wyrski, K. (1964). Upwelling in the Costa Rica Dome. *Fishery Bulletin* Vol. 63(2): 355-372.

Wyrski, K. & R. Kendall (1967). Transports of the Pacific equatorial countercurrent. *Journal of Geophysical Research* Vol. 72(8): 2073-2076.

Yong-Chacón, M.; A. Gutiérrez-Li; C. Fernández-García; R. Lucke-Bolaños; F. Rojas & G. González (2010). Informe final: un análisis de la contribución económica de la pesca deportiva y comercial a la economía de Costa Rica. Instituto de Investigaciones en Ciencias Económicas de la Universidad de Costa Rica bajo el patrocinio de The Billfish Foundation. San José, Costa Rica: 166p.

Zeidberg, L. D. & B. H. Robison (2007). Invasive range expansion by the Humboldt squid, *Dosidicus gigas*, in the eastern North Pacific. *Proceedings of the National Academy of Sciences* Vol. 104(31): 12948-12950.

Zhao, J.; Y. Li & F. Wang (2013). Dynamical responses of the west Pacific North Equatorial Countercurrent (NECC) system to El Niño events. *Journal of Geophysical Research: Oceans* Vol. 118(6): 2828-2844.





Pez vela
Istiophorus platypterus

FUNDACIÓN MARVIVA, creada en el 2002, es una organización regional no gubernamental y sin fines de lucro. Nuestra misión es promover la conservación y uso sostenible de los recursos marinos y costeros en el Pacífico Tropical Oriental, con visión de mares saludables y biodiversos para el bienestar de las presentes y futuras generaciones.

NUESTRAS OFICINAS.

COSTA RICA +506 2290 - 9600
PANAMÁ +570 317 - 4350
COLOMBIA +571 743 - 5207

BÚSQUENOS TAMBIÉN EN:



Para colaborar con nuestra gestión:
donaciones@marviva.net
www.marviva.net



Supported by:



based on a decision of the German Bundestag

