

Protección y Ordenamiento del Domo de Centroamérica

Un oasis oceánico para la conservación marina y la pesca sostenible



Resumen del caso científico y evidencia de respaldo



Índice

I.	Resumen Ejecutivo	4
II.	Introducción	5
III.	Delimitación del Domo de Centroamérica	6
IV.	La ciencia y la evidencia para la protección y el ordenamiento	8
1.	El Domo de Centroamérica es un medio ambiente productivo de gran valor ecológico	8
2.	El Domo de Centroamérica es de importancia mundial como hábitat crítico para la ballena azul amenazada	13
3.	El Domo de Centroamérica es de importancia mundial como hábitat para la tortuga baula en peligro crítico	15
4.	El Domo de Centroamérica es un área que proporciona bienes y beneficios tangibles tanto a nivel regional como a nivel mundial	19
5.	El Domo de Centroamérica está amenazado y requiere de ordenamiento	25
V.	Conclusiones	31
VII.	Referencias	32

Protección y Ordenamiento del Domo de Centroamérica

Un oasis oceánico para la conservación marina y la pesca sostenible



Resumen del caso científico y evidencia de respaldo



Resumen Ejecutivo

El Domo de Centroamérica es un hábitat biológico bien diferenciado y altamente productivo en el noreste del Pacífico tropical, creado mediante una interacción entre el viento y las corrientes. Aquí, la biomasa de plancton es mayor que en las aguas tropicales circundantes, proporcionando una fuente de alimento para los calamares y atunes de importancia comercial, así como para otros mamíferos marinos, como los delfines y las ballenas. Las ballenas azules amenazadas migran hacia el sur desde Baja California hacia el área del Domo durante el invierno para alimentarse, aparearse, parir y cuidar a sus crías, y algunas se encuentran en la zona durante todo el año. Las tortugas baula en peligro crítico dejan sus playas de anidación en Centroamérica y México y migran a través de la zona del Domo, mientras que las crías son transportadas al Domo por los remolinos costeros. No es sorprendente que el Domo de Centroamérica sea considerado por los científicos como un hábitat crítico para la supervivencia de al menos dos especies amenazadas: la ballena azul y la tortuga baula.

El Domo de Centroamérica también proporciona bienes y servicios a los países de la región, así como a nivel mundial. Está considerado como un importante sumidero de dióxido de carbono atmosférico y es importante para el mantenimiento del clima de la Tierra. La región del Domo es una importante área pesquera en la cual los barcos de pesca comercial capturan miles de toneladas de calamar y de atún que proporcionan ingresos y alimentos para los países tanto a nivel regional como internacional. Los ingresos por turismo en las zonas costeras cercanas se vinculan a las poblaciones de tortugas y ballenas que dependen de la productividad del Domo.

La región, si bien es remota, se ve amenazada por muchos factores. La intensificación de la navegación comercial aumenta el riesgo de colisión con ballenas y tortugas. La perturbación por ruido debido al tráfico marítimo también puede afectar la audición y la comunicación de las especies marinas, provocando cambios en el comportamiento y en el desplazamiento del hábitat. Aumentos en el esfuerzo de pesca en la zona pondrán en peligro las pesquerías mismas, erosionando la base económica de un sector altamente productivo y poniendo en peligro a las especies en situación crítica como las tortugas baula que son atrapadas como captura incidental. Por último, el cambio climático puede amenazar al Domo ya sea directamente, a través de cambios en las características oceanográficas y la productividad, o por el impacto en los rangos de distribución y las migraciones de las especies que utilizan el área.

Para abordar estas amenazas se requerirá tanto de la cooperación regional como del consenso internacional y de acciones dirigidas directamente hacia las amenazas particulares. Este documento es una contribución al proceso conducente al reconocimiento internacional, al ordenamiento y la conservación del Domo de Centroamérica.

Introducción

Los puntos de alta biodiversidad en el océano se han creado por procesos físicos y distintos rasgos oceanográficos. Los depredadores marinos, incluyendo a los grandes peces pelágicos, a los mamíferos y aves marinas, se agregan junto con organismos depredadores en los frentes oceánicos, en los remolinos y en áreas con otras características físicas (Palacios et al., 2006). Estas áreas también son frecuentadas por barcos de pesca comercial y recreativa. Uno de estos puntos biológicos de alta diversidad se encuentra en el noreste del Pacífico tropical, en el Domo de Centroamérica.

Con una posición media de cerca de 9°N, 90°O, el Domo es una zona altamente productiva que varía en tamaño y posición a lo largo del año. La zona es muy explotada por los depredadores marinos altamente migratorios como el atún, los delfines y los cetáceos, y en particular las ballenas azules amenazadas (Fiedler, 2002, Palacios, et al., 2006). También es parte del corredor migratorio de una población de tortugas baula que anida en Costa Rica (Shillinger et al., 2008, Shillinger et al., 2011).

Debido a su alta productividad, a la importancia para las especies migratorias y amenazadas, así como a su singularidad en los océanos del mundo, se adoptó el Domo de Centroamérica como una zona que cumple con los criterios del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) para las Áreas Ecológica o Biológicamente Significativas (EBSAs) en el Taller Regional del Pacífico Oriental Tropical y Templado para Facilitar la Descripción de las EBSAs (Islas Galápagos, Ecuador, 28 al 31 de agosto del 2012). Para obtener el estatus oficial de EBSA, el Domo de Centroamérica tendrá que ser examinado y aprobado por todas las Partes del Convenio sobre la Diversidad Biológica durante sus reuniones en los próximos años.

La denominación EBSA del CBD puede ser vista como un primer paso en un largo proceso para obtener el reconocimiento internacional sobre la importancia y la relevancia ecológica del Domo de Centroamérica y para mejorar su ordenamiento y protección. Los gobiernos centroamericanos, MarViva, el Instituto de Conservación Marina, la UICN, la Whale and Dolphin Conservation Society, Mission Blue, el Comité Internacional sobre Áreas Protegidas para los Mamíferos Marinos y la Fuerza de Trabajo del Área Protegida para Mamíferos Marinos de la UICN han unido esfuerzos para asegurar que esta importante área del océano siga funcionando como hábitat de especies amenazadas y de importancia económica y proporcionando bienes y servicios ecosistémicos a las generaciones futuras.

Con el fin de cumplir con estas aspiraciones, hay una necesidad de establecer un argumento científico sólido, que demuestre la importancia ecológica y valor del Domo de Centroamérica y proporcione la justificación del por qué mejorar su protección y ordenamiento es urgente.

Este resumen del caso científico y de la evidencia existente proporciona la información necesaria para continuar con el proceso político y para conseguir apoyo para la mejor protección y ordenamiento del Domo.

Delimitación del Domo de Centroamérica

El Domo de Centroamérica (también conocido como el Domo de Costa Rica¹) es una zona altamente productiva ubicada en altamar, situada en el noreste del Pacífico Tropical. El Domo fue observado por primera vez en 1948 (Wyrski, 1964) y fue descrito por primera vez por Cromwell (1958). Se ha observado y estudiado en varias ocasiones desde la década de 1950, tras el desarrollo de una productiva pesquería de atún en la región (Fiedler, 2002). Desde entonces el Domo se ha convertido en un foco de investigación científica para examinar su significado como un importante hábitat para delfines y otros cetáceos, en particular, las ballenas azules amenazadas y las tortugas marinas (Fiedler, 2002, Palacios y col 2006, Shillinger y col, 2012). Recientemente también ha sido objeto de atención por su alta productividad única y su papel en el ciclo del carbono (Fiedler, 2002; Westberry y col, 2008). El Domo de Centroamérica puede ser definido como un banco de la generalmente fuerte y poco profunda termoclina con afloramiento frío rico en nutrientes (Fiedler, 2002). El afloramiento de aguas profundas en el Domo de Centroamérica da como resultado un área de alta productividad primaria detectada por sensores remotos, que puede considerarse un hábitat biológico distinto.

El Domo de Centroamérica varía en tamaño y posición a lo largo del año, pero la posición media es cerca de 9°N 90°O, al final de una cresta termoclina que disminuye de profundidad de oeste a este a través del Pacífico, entre la Corriente Ecuatorial del

Norte y la Contracorriente Ecuatorial del Norte hacia el Este. Esta cresta y el Domo se extienden por debajo de la termoclina, a una profundidad de más de 300 m. El Domo de Centroamérica se encuentra principalmente en altamar y también se extiende a las aguas jurisdiccionales de Costa Rica, Nicaragua, El Salvador, Guatemala y México. Es un hábitat biológico bien definido y altamente productivo en el que la biomasa de fitoplancton y de zooplancton es mayor que en las aguas tropicales circundantes (Fiedler 2002). El Domo se forma cerca de la costa en febrero-marzo forzado por el viento costero, antes de fortalecerse en altamar entre julio y noviembre y, finalmente, disminuye en diciembre-enero (Saito et al., 2005; Hofmann et al. 1981).

La Figura 1A muestra la extensión de los límites del Domo en el mapa según la altura media de la superficie del mar, con una línea de contorno de -0.5m. El área se ajusta dentro de un cuadrante definido por las coordenadas 11° 24'N - 6° 22'N y 85° 52'O - 100° 30'O. El centro del Domo tiene una altura promedio de la superficie del mar de -1,5 m, y el mapa representa la mejor estimación actual de la extensión de esta área oceanográfica.

El Área de Importancia Ecológica o Biológicamente Significativa (EBSA) del Domo de Centroamérica fue adoptada por el Convenio sobre la Diversidad Biológica en el Taller Regional del Pacífico Oriental Tropical y Templado en agosto del 2012, incluyendo una mayor zona costera en el EBSA. Debido a la naturaleza dinámica del Domo de Centroamérica que se forma cerca de la costa en febrero-abril y posteriormente se desplaza lejos de la costa, la EBSA se considera que incluye el área central del Domo y el área de impacto biológico (como lo demuestra el importante hábitat de la ballena azul y de las tortugas baula). La EBSA incorpora en altamar las aguas oceánicas y se extiende para abarcar la región de afloramiento costero de Papagayo, como se muestra en la figura IB.

¹ Aunque este elemento oceanográfico es ampliamente conocido como el Domo de Costa Rica en la literatura científica y de otro tipo, el Área de Importancia Ecológica o Biológicamente Significativa (EBSA, por sus siglas en inglés) según fue aprobado en el Taller Regional del Pacífico Oriental de la Convención sobre la Diversidad Biológica fue nombrada el "Domo de Centroamérica", en reconocimiento al hecho de que varios países comparten responsabilidades para el seguimiento y el ordenamiento de la región del Domo.

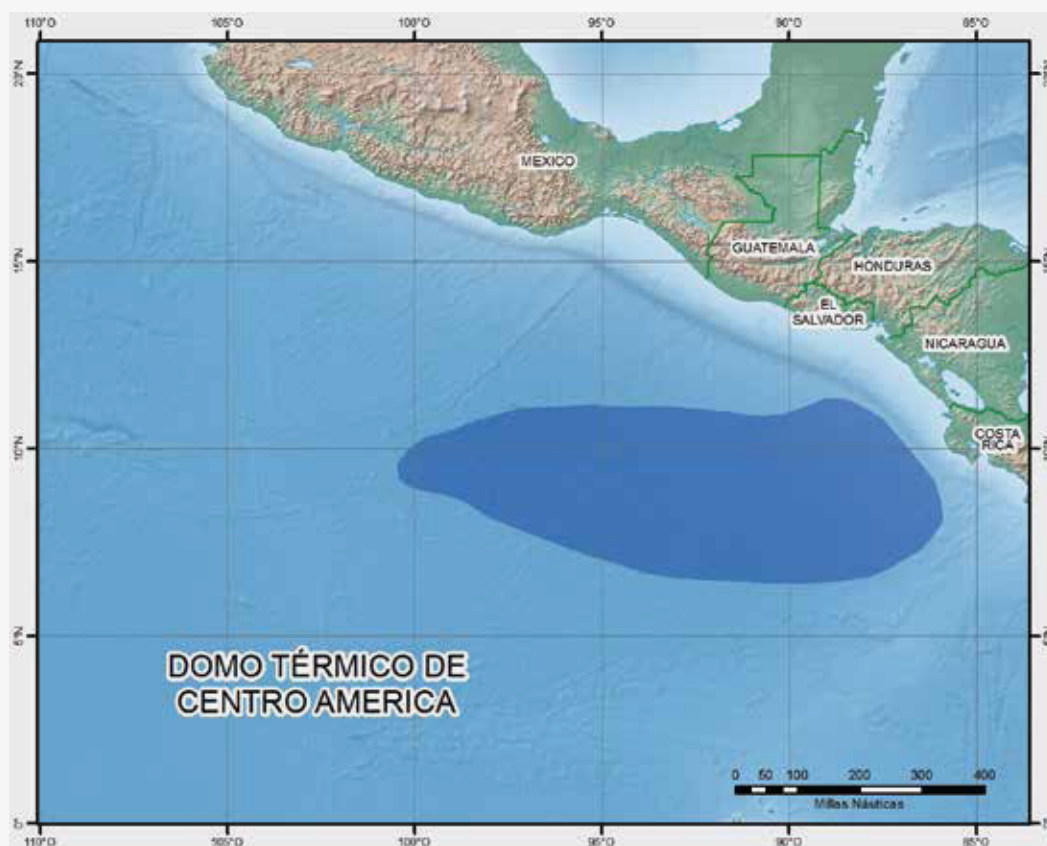


Figura 1A: Extensión de los límites del Domo de Centroamérica en el mapa según la altura media de la superficie del mar, con una línea de contorno de -0.5m. El área se ajusta dentro de un cuadrante definido por las coordenadas 11° 24'N - 6° 22'N y 85° 52'O - 100° 30'O. Esto representa la mejor estimación actual de la extensión del Domo como área oceanográfica.

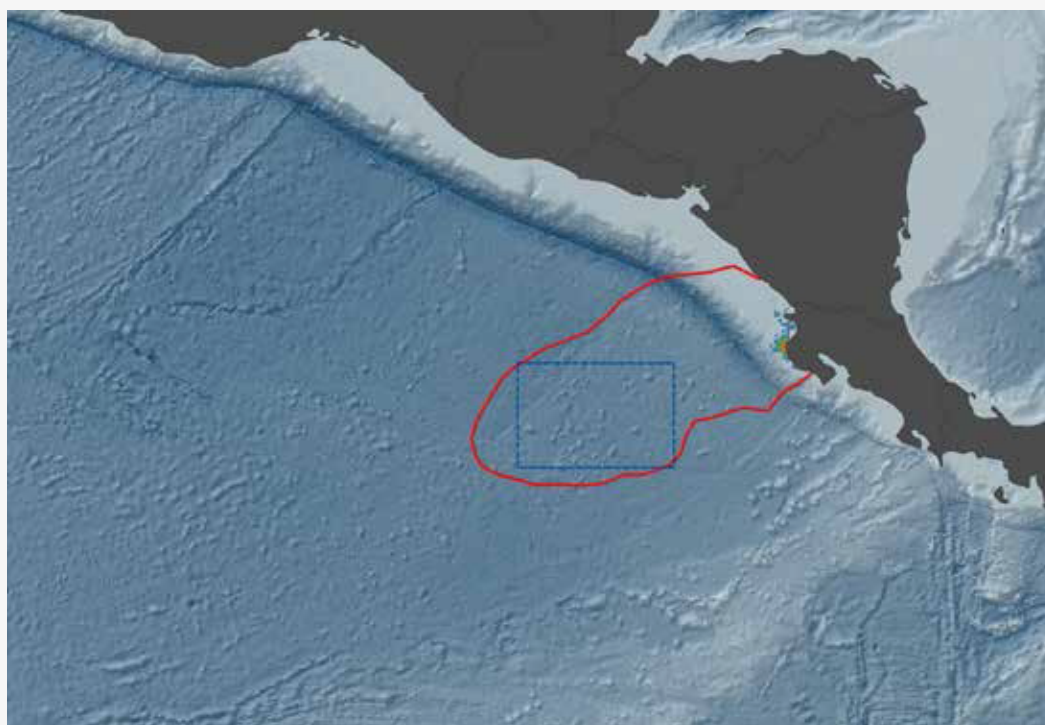


Figura 1B: El alcance del Área de Importancia Ecológica o Biológicamente Significativa (EBSA) del Domo de Centroamérica propuesto por el Taller Regional del Pacífico Oriental de la Convención sobre la Diversidad Biológica tomando en cuenta el centro del Domo (disminución de la profundidad de la termoclina) y sus efectos biológicos (extrapolados del hábitat clave de la ballena azul y de las tortugas baula).

La ciencia y la evidencia para la protección y el ordenamiento

El caso científico para la protección del Domo de Centroamérica se basa en tres elementos interdependientes: (i) el ecosistema altamente productivo creado a través de una interacción entre el viento y las corrientes, (ii) la importancia de este ecosistema para una variedad de especies, incluyendo especies amenazadas, como la ballena azul y la tortuga baula, y (iii) los bienes y servicios proporcionados por el Domo tanto a nivel regional como mundial. Además, existen amenazas al Domo y a las especies que lo utilizan como hábitat. En conjunto, estos factores se combinan para establecer cinco razones de peso para el reconocimiento, la protección y un mejor ordenamiento del Domo de Centroamérica. Estos motivos se resumen en el Cuadro 1 y cada uno se discute en más detalle en las siguientes secciones.

El Domo de Centroamérica es un medio ambiente productivo ...

1. ... de gran valor ecológico
2. ... de importancia mundial como hábitat crítico para la ballena azul amenazada
3. ... de importancia mundial como hábitat para la tortuga baula en peligro crítico
4. ... un área que proporciona bienes y beneficios tangibles tanto a nivel regional como a nivel mundial
5. ... amenazado y con necesidad de ordenamiento

▲
Tabla 1: Cinco razones clave que respaldan el caso de la protección y mejora del ordenamiento del Domo de Centroamérica

1. El Domo de Centroamérica es un medio ambiente productivo de gran valor ecológico,

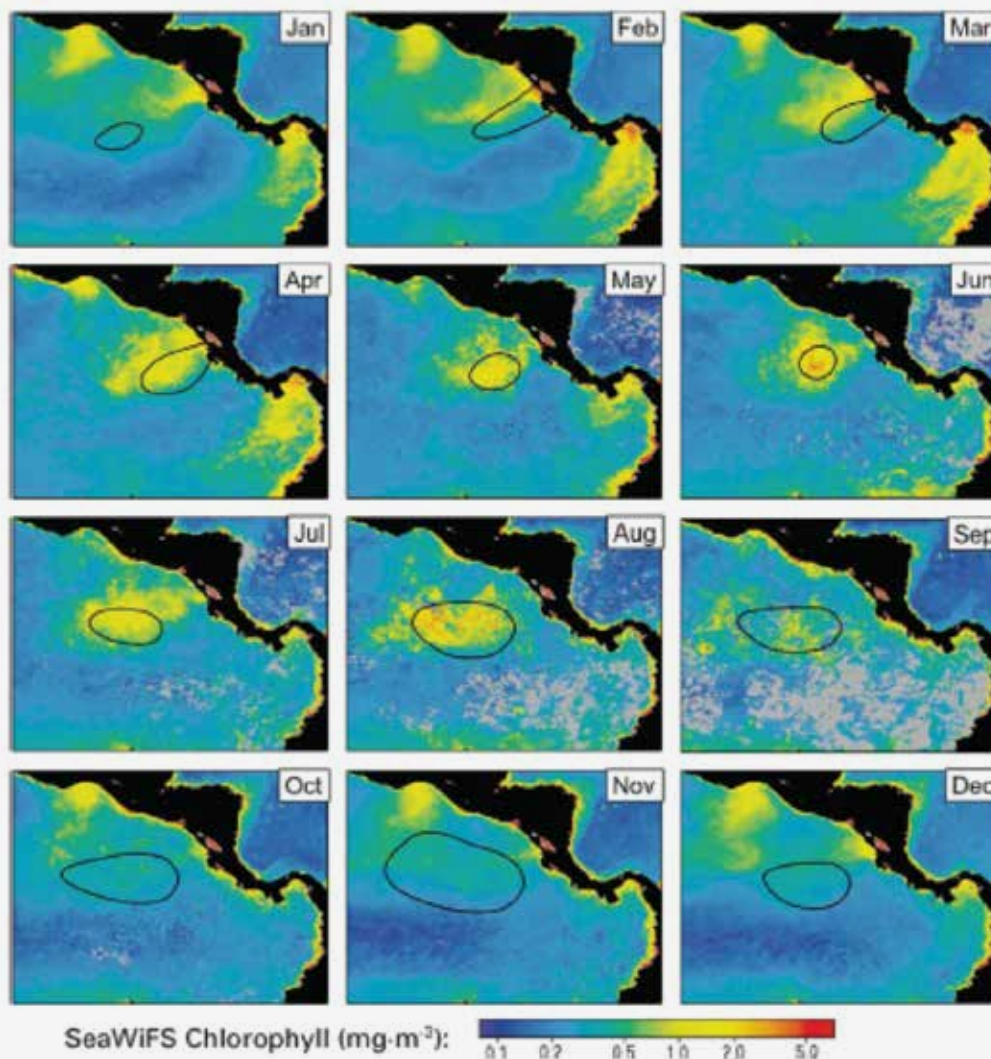
con aguas ricas en nutrientes para ayudar al crecimiento abundante del plancton, que a su vez soporta a peces de importancia económica y otros animales en los niveles tróficos superiores. El Domo tiene muy altas concentraciones de clorofila y es visible desde el espacio.

Oceanografía física en el Domo de Centroamérica

El Domo de Centroamérica se crea a través de una interacción entre el viento y las corrientes. Es una zona de mar abierto con un área aproximada de 1,570,474 km² (Fig. 1A). Es una zona donde el agua fría, que aflora desde las profundidades del océano, se eleva hasta justo debajo de la cálida capa superficial tropical. Los vientos que soplan a través de los pasos en la cordillera de América Central, así como las corrientes oceánicas, empujan el agua caliente hacia un lado para permitir el afloramiento del agua fría y rica en nutrientes. El límite entre el agua cálida de la superficie y el agua fría de la profundidad (llamada una termoclina) forma un área que asemeja un domo. Esto fue lo que le dio el nombre a esta área (Hofmann et al, 1981; Xie et al, 2005; Ballesteros, 2006; Kahru et al, 2007). La característica definitoria es la poca profundidad de la termoclina, que en el Domo de Centroamérica a menudo llega a 10 ó 15 metros de la superficie, en comparación con 30 a 40 metros al norte y al sur (Wyrski, 1964; Fiedler, 2002). El Domo de Centroamérica es el pico de una cresta de la termoclina que disminuye gradualmente de profundidad de oeste a este, antes de caer bruscamente entre el domo y la costa (Hofman et al., 1981; Fiedler, 2002, Xie et al., 2005, Ballesteros, 2006).

Debido a que el Domo de Centroamérica está formado por el viento y las corrientes, su posición cambia de año a año y está en constante movimiento. Se asocia con una circulación ciclónica de las corrientes superficiales y estacionalmente se ve afectada por los patrones de viento a gran escala y costeros. (Kessler, 2006). Los vientos superficiales y las corrientes en la región del Domo de Centroamérica cambian estacionalmente a medida que la zona de convergencia intertropical (ZCIT) se mueve al norte y al sur con el sol.

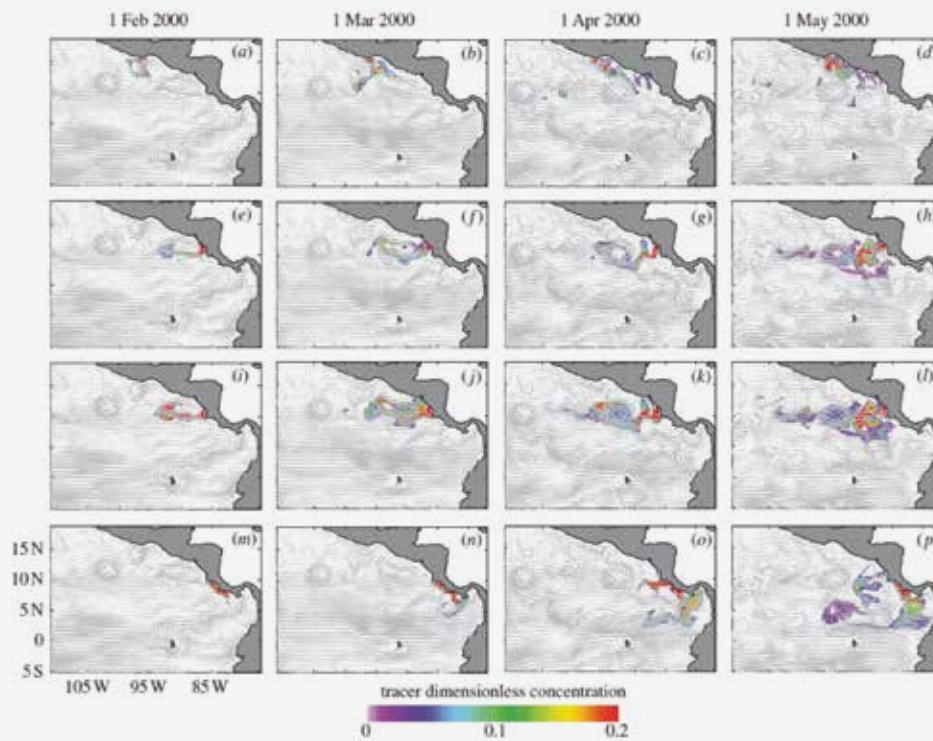
El Domo se forma cerca de la costa en febrero-marzo debido a las fuerzas del viento causadas por el viento de Papagayo. En mayo, los vientos de Papagayo se debilitan y el Domo se separa de la costa (Fiedler, 2002) antes de fortalecerse en altamar en julio, debido al desarrollo del afloramiento. El afloramiento en el Domo persiste durante todo el verano y hasta inicios del otoño. En noviembre, la zona de afloramiento es liberada, debido a la disminución de los vientos, como una onda que se propaga hacia el oeste por la cresta termoclina. El Domo disminuye en diciembre-enero (Hofmann et al., 1981; Saito et al., 2005). La Figura 2, a continuación, muestra el ciclo anual del Domo de Centroamérica.



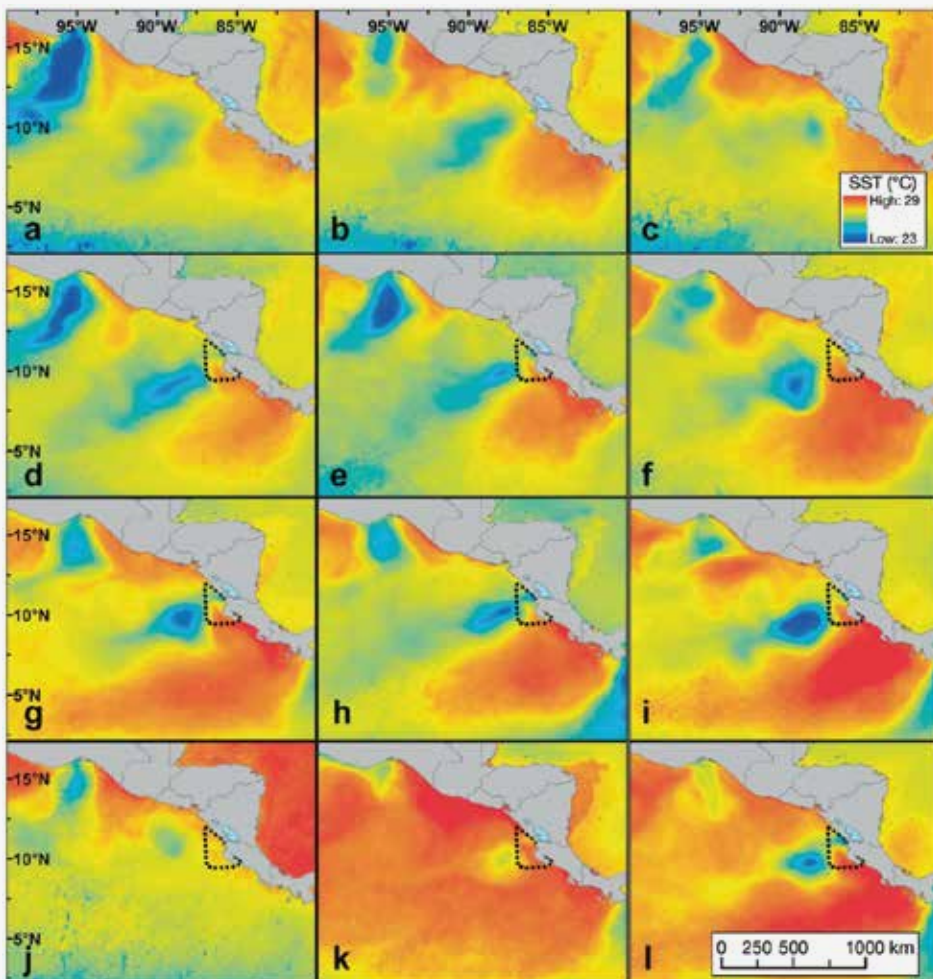
◀ **Figura 2:** Promedio mensual de concentración de clorofila en la región del Domo de Centroamérica. Obsérvese el ciclo anual en la ubicación y magnitud del Domo, formándose en la costa en febrero y marzo y posteriormente moviéndose hacia el mar abierto. Figura de Fiedler, 2002.

Existe una fuerte interconexión física y biológica entre el viento costero en las regiones de Papagayo y Tehuantepec y en el Domo de Centroamérica. Los vientos de invierno a través de pasos entre las montañas contribuyen con el desarrollo de los remolinos anticiclónicos a gran escala dentro de los golfos de Tehuantepec y Papagayo. Estos vientos y los remolinos resultantes coinciden con los períodos pico de anidación (de diciembre a febrero) y los períodos de dispersión de las crías (de enero a abril)

de la tortuga baula en peligro crítico. Los remolinos costeros proporcionan un mecanismo a través del cual las crías de tortuga baula pueden ser fácilmente transportadas desde la costa hasta los hábitats marinos en la región del Domo de Centroamérica (Shillinger et al., 2012). Las figuras 3 y 4 (abajo) muestran la conectividad entre las regiones costeras de Tehuantepec y Papagayo y del Domo de Centroamérica.



◀ **Figura 3:** Imágenes mensuales de circulación en superficie modelada (flechas) y la concentración de rastreadores (curvas de nivel) para el año 2000 con base en las emisiones de rastreadores continuos entre el 15 de enero y el 15 de abril desde las playas de anidación a (a-d) Barra de la Cruz, (e-h) Playa Chacocente, (i-l), Playa Grande y (m-p) Playa Carate. Los puntos negros muestran los lugares de liberación de rastreadores. La figura muestra el sistema de remolinos costeros que transporta a las crías de tortuga baula desde las playas de anidación a la región del Domo de Centroamérica. Figura de Shillinger et al., 2012.



◀ **Figura 4:** El promedio mensual compuesto de las temperaturas de la superficie del mar (TSM, °C) dentro de la región del Pacífico oriental que rodea y abarca la región de interanidación para las tortugas baula delineadas por el mínimo polígono convexo (MPC), durante (a) diciembre 2004, (b) diciembre 2005, (c) diciembre 2007, (d) enero 2004, (e) enero 2005, (f) enero 2007, (g) febrero 2004, (h) febrero 2005, (i) febrero 2007, (j) marzo 2004, (k) marzo 2005, (l) marzo 2007. La línea negra punteada representa el MPC para el hábitat de interanidación de las tortugas durante 3 temporadas combinadas. Imágenes del Imager GOES de NOAA, para el día y la noche, 0.05°, hemisferio occidental. Estas imágenes muestran la conectividad física y ecológica entre los hábitats costeros y de altamar en la región mesoamericana. Figura de Shillinger et al., 2010.

El Domo de Centroamérica es similar a otros domos termoclinos tropicales en varios aspectos: es parte de una cresta termoclina este-oeste asociada con la circulación ecuatorial, las corrientes de la superficie fluyen ciclónicamente alrededor del mismo y su evolución estacional se ve afectada por los patrones de viento a gran escala. El Domo de Centroamérica es único, ya que también se ve obligado por un fuerte viento costero (Fiedler, 2002).

Debido al afloramiento, las aguas superficiales en el Domo de Centroamérica son más bajas en temperatura y más altas en nitrato y clorofila que las áreas circundantes, lo que resulta en altos niveles de producción primaria (Broenkow, 1965, Chávez y Barber, 1987; Fiedler, 2002, Vilchis et al., 2006). Tales áreas de afloramiento pueden de esta manera crear regiones únicas y de alta productividad, haciendo que el hábitat oceánico del Pacífico Oriental Tropical sea más heterogéneo y productivo que otros océanos tropicales (Kessler 2002, Fiedler 2003, Ballesteros y Coen 2004; Vilchis et al., 2006). Las densas poblaciones de fitoplancton prosperan en regímenes de afloramiento persistente y la mejora de los niveles de clorofila en el Domo de Centroamérica (asociadas con una relativamente mayor biomasa de fitoplancton y altos niveles de nutrientes) son visibles en las imágenes de satélite (ver Figura 2). El acoplamiento entre la termoclina poco profunda, la anomalía asociada en el nivel del mar, y las altas concentraciones de clorofila son más fuertes en el Domo de Centroamérica de lo que se ha registrado previamente en cualquier otra parte del mundo oceánico (Kahru et al., 2007). La biomasa del zooplancton se incrementa aquí y, por consiguiente, la abundancia de por lo menos dos especies de cetáceos es marcadamente más alta en las cercanías que en las aguas tropicales de los alrededores (Au y Perryman, 1985; Reilly y Thayer, 1990; Fiedler, 2002; Ballance et al., 2006).

El afloramiento asociado a la circulación ciclónica, combinado con la presencia de una termoclina poco profunda y fuerte de estacionalidad predecible, hacen del Domo de Centroamérica un hábitat biológico bien definido, donde la biomasa de fitoplancton y zooplancton es más alta que en las aguas tropicales circundantes. La estructura física y la productividad biológica del Domo afectan la distribución y la alimentación de las ballenas y de los delfines, probablemente debido a la disponibilidad de alimento (Fiedler, 2002).

Comunidades biológicas en el Domo de Centroamérica

La alta productividad del Domo de Centroamérica proporciona un hábitat a las abundantes comunidades de fitoplancton y zooplancton, que a su vez proporcionan una fuente de alimento para calamares, atunes y cetáceos comercialmente importantes, incluyendo a la ballena azul amenazada. La región del Domo también es atravesada por un corredor de migración de las tortugas baula en peligro crítico. En esta sección se discutirá el estado actual del conocimiento sobre la biodiversidad en el Domo, con secciones que describen a profundidad la importancia del Domo para las ballenas azules y las tortugas baula.

La comunidad de fitoplancton en el Domo de Centroamérica ha sido estudiado por al menos Li et al. (1983), Franck et al. (2003) y Saito et al. (2005). Cada uno de estos estudios revelaron que la comunidad fitoplanctónica está dominada por cianobacterias (*Synechococcus* sp.) con un número de células de más de un orden de magnitud mayor que en otros ambientes oceánicos. Saito et al. (2005) también manifestó la hipótesis de que puede haber una característica química en la columna de agua que permite que el *Synechococcus* prolifere en lugar del fitoplancton eucariota de mayor tamaño. Sus estudios encontraron concentraciones más altas de

lo normal de ligandos naturales de cobalto y un alto flujo de cobalto en aguas superficiales. Los atributos químicos medidos en el cobalto fueron altamente inusuales y su origen no se entiende (Saito et al., 2005). Pocos estudios se han ocupado de la comunidad microbiana en el Domo, pero algunos trabajos preliminares indican que las *Alteromonas* y las *Pseudoalteromonas* son los grupos más altamente representados entre las bacterias (Krey, 2008).

El crecimiento abundante del fitoplancton es la causa de abundancias mayores que las habituales de zooplancton en el Domo de Centroamérica (Fiedler, 2002). Un componente importante de la comunidad de zooplancton consiste en parches densos de eufáusidos (krill) a varias profundidades y se cree que las ballenas azules se zambullen para alimentarse. Se ha determinado que estos parches son de importancia para la distribución de las ballenas azules, con la dispersión acústica total de parches como un elemento clave en la predicción de proximidad de ballenas azules (Matteson, 2009).

Una gran abundancia de calamar volador gigante (*Dosidicus gigas*) ha sido reportada alrededor del Domo, que se piensa que es una zona de crianza para la especie (Waluda y Rodhouse, 2006) y que sustenta una importante pesquería comercial. Es probable que la mayor concentración de clorofila-a que se encuentra en el Domo de Centroamérica puede dar lugar a una zona de alimentación favorable para el calamar volador gigante y las condiciones oceanográficas de la zona podrían mantenerla allí. Del mismo modo, el atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) es común alrededor del Domo de Centroamérica y probablemente también se alimenta allí (Ichii et al., 2002). En consecuencia, el área del Domo sustenta una pesquería de atún comercial

(Yamagata, 1992, Fiedler, 2002, FAO, 2005).

Aunque los datos de aves marinas en la zona son escasos, la topografía termoclina es una variable clave en la predicción de la distribución y abundancia de aves marinas en la zona, probablemente debido a su influencia en la disponibilidad de presas para las aves (Vilchis et al., 2006; Ballance et al., 2006).

El Domo de Centroamérica es importante para los cetáceos, especialmente para las ballenas azules y los delfines comunes de pico corto. Ambas especies se encuentran en gran abundancia en el Domo, probablemente debido a la disponibilidad de alimentos (eufáusidos para las ballenas azules y peces mesopelágicos y calamares para los delfines) (Ballance et al., 2006). Las investigaciones relacionadas con el Domo de Centroamérica como hábitat de las ballenas azules son muy amplias y se resumen en la siguiente sección. Hay menos información disponible sobre las especies de delfines, aparte del delfín común de pico corto (*Delphinus delphis*) y del delfín moteado (*Stenella attenuata*), a pesar de los informes de cruceros en la zona de avistamientos de varias especies de delfines y otros cetáceos, como las ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*) (Hoyt, 2009A). Además, un estudio basado en datos extensos de avistamiento de delfínidos y la modelación de las variables geográficas fijas y ambientales dinámicas predijo que el Domo de Centroamérica sería una de las zonas con densidades más altas de delfines, en el Océano Pacífico Oriental Tropical (Ferguson et al., 2005). La Figura 5 (abajo) muestra un mapa de avistamientos de delfines en el Pacífico Oriental Tropical, con concentraciones aparentes en la zona del Domo. Se requiere más investigación de campo para desarrollar una lista más precisa de los cetáceos y de otra biodiversidad en la zona.

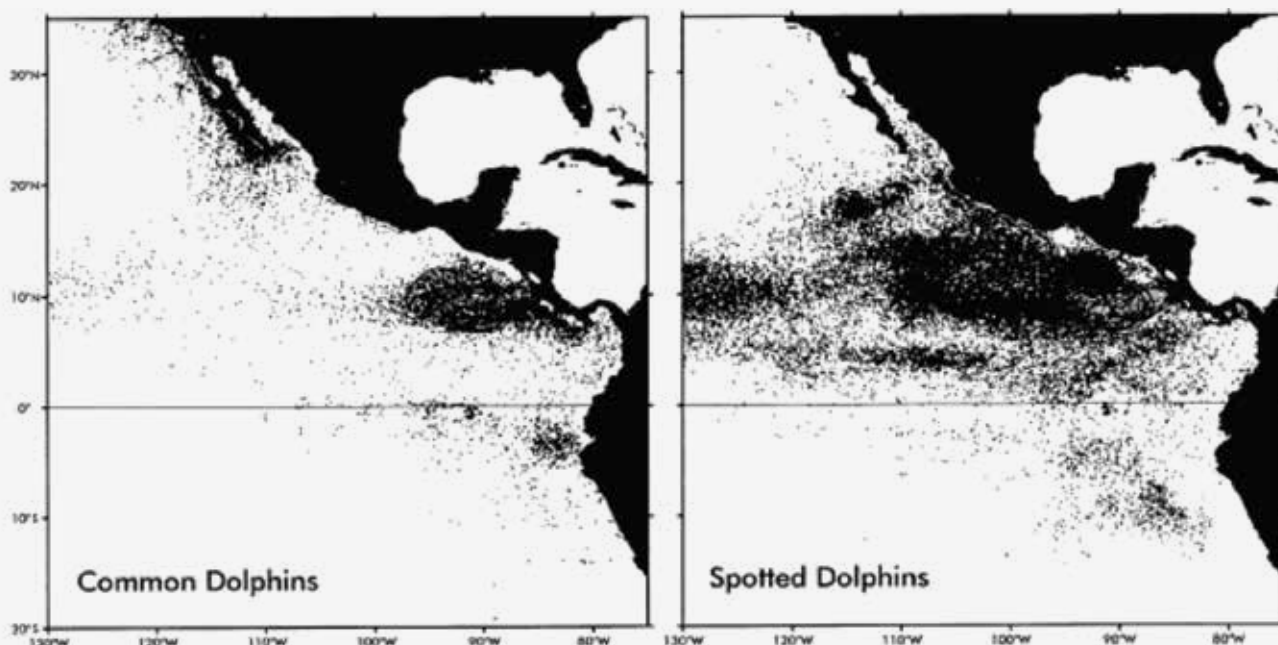


Figura 5: Lugares comunes de avistamiento de delfines (*Delphinus delphis*) y del delfín manchado (*Stenella attenuata*) desde buques de investigación y atuneros en la base de datos de avistamientos de NOAA/NMFS/SWFSC (1971-1999). Figura de Fiedler, 2002.

2. El Domo de Centroamérica es de importancia mundial como hábitat crítico para la ballena azul amenazada

ya que ofrece un espacio único para la alimentación, apareamiento, parto y cuidado de las crías. El Domo está ocupado por ballenas azules durante todo el año.

El Domo de Centroamérica se caracteriza por ser un hábitat insustituible durante todo el año para la ballena azul (*Balaenoptera musculus*). La ballena azul es el animal más grande que jamás haya vivido, y se clasifica como una especie amenazada en la Lista Roja de la UICN, aunque en realidad puede calzar dentro del criterio de peligro crítico (Reilly et al, 2008). Hay nueve poblaciones de ballenas azules diferentes en el mundo (clasificadas por su canto, McDonald et al., 2006). La población de la ballena azul del Pacífico Nororiental se estima en aproximadamente 3.000 individuos y representa la mayor población de ballenas azules que queda en la tierra (Calambokidis y Barlow 2004). Para

una parte de esta población de ballenas azules, el Domo ofrece una zona para la alimentación, apareamiento, crianza, parto y cuidado de las crías (Mate et al, 1999; Hoyt, 2009A, Hoyt, 2011; Hoyt y Tetley 2011). Puede ser un hábitat importante para la supervivencia y recuperación de esta población (Matteson, 2009) y forma un componente clave en una red de sitios de hábitat de ballenas azules, varios de los cuales ya han sido parcialmente protegidos frente a las costas de California y en el Golfo de California, frente a México. Sin embargo, el hábitat de la ballena azul en el Pacífico Nororiental no tiene ninguna protección formal.

Las primeras evidencias de la importancia del Domo de Centroamérica como hábitat de la ballena azul proceden de avistamientos de ballenas realizados por los científicos a bordo de los buques de investigación (por ejemplo, Wade y Friedrichsen, 1979, Reilly y Thayer, 1990). Reilly y Thayer (1990) analizaron la distribución de las ballenas azules con base en avistamientos

realizados durante los cruceros de investigación en el Pacífico Oriental Tropical y descubrieron que más del 90% de los avistamientos se hicieron en sólo dos lugares: a lo largo de Baja California y en las inmediaciones del Domo de Centroamérica. Los estudios de seguimiento por satélite han vinculado la población de ballenas azules de Baja California con aquellas que han sido avistadas en el Domo de Centroamérica lo que indica que el Domo de Centroamérica puede ser un área de crianza/reproducción de ballenas azules del Pacífico Norte (Mate et al., 1999, Branch et al., 2007). El rastreo por satélite y los estudios de modelaje de Bailey et al. (2009) han resultado en

mapas que muestran la migración y el comportamiento de alimentación de las ballenas azules entre Baja California y un área al oeste del Domo de Centroamérica, proponiendo que el Domo de Centroamérica puede representar un importante corredor migratorio para las ballenas y tomando nota de la presunta conducta de forrajeo vinculada a poblaciones permanentes de eufáusidos en esa zona (Bailey et al., 2009; Reilly y Thayer, 1990; Fiedler, 2002; Ballance et al., 2006). La Figura 6 proporciona un mapa que muestra las rutas migratorias de las ballenas azules desde Baja California hasta el Domo de Centroamérica como resultado del estudio de Bailey et al. (2009)

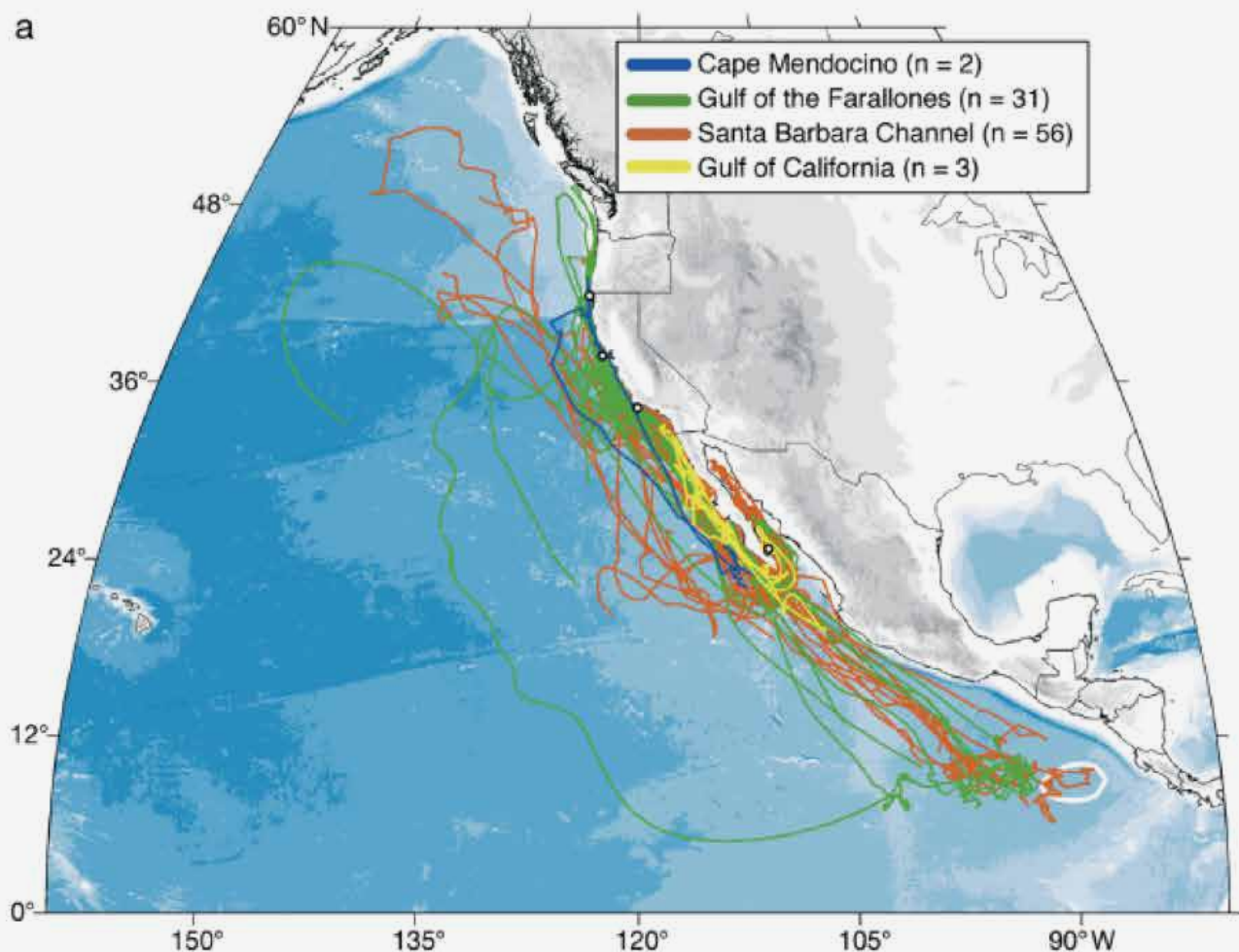


Figura 6: Rastreo individual realizado a 92 marcas colocadas en ballenas azules entre 1994 y el 2007. El Domo de Centroamérica se muestra como un contorno blanco. De Bailey et al., 2009.

Resultados de otras investigaciones también han demostrado que la región del Domo está ocupada por ballenas azules durante todo el año (Reilly y Thayer, 1990; Calambokidis y Barlow, 2004), lo que sugiere o bien la presencia de una población residente o que ballenas tanto del hemisferio norte como del sur visitan esta zona, con traslapes temporales. Si una población residente está presente, no se sabe si podría ser un segmento de la población no migratoria distinta o si algunos especímenes podrían optar por no migrar cada año (Calambokidis y Barlow, 2004). También se ha sugerido, pero no confirmado, que al menos algunas ballenas azules pueden originarse en el hemisferio sur (por ejemplo, cerca de Chile), migrando a través del ecuador hacia el Domo de Centroamérica (IWC, 2008). El origen de la población durante todo el año es aún desconocido y objeto de futuras investigaciones.

Los estudios sobre las migraciones de ballenas azules entre Baja California y el Domo de Centroamérica y sus alrededores han proporcionado nuevos conocimientos sobre el comportamiento de las ballenas azules. La opinión generalizada es que la estrategia de vida de la ballena azul (y de otras grandes ballenas barbadas) consiste en migraciones estacionales entre zonas productivas de alta latitud para alimentarse en el verano y áreas improductivas de baja latitud para reproducción en el invierno, cuando la alimentación no se lleva a cabo (Mackintosh, 1965; Bailey, 2009). Sin embargo, las ballenas azules se han visto sistemáticamente alimentándose en el Domo de Centroamérica (Hoyt, 2009A; Mate et al., 1999, Reilly y Thayer, 1990). Debido a la alta productividad y a las poblaciones permanentes del Domo de Centroamérica, Reilly y Thayer (1990) desarrollaron la hipótesis de que las ballenas azules pueden seleccionar los sitios de latitudes bajas que permiten alimentarse. Esta hipótesis se ha visto reforzada por el estudio de otras poblaciones de ballenas azules similares en todo el mundo, dando lugar a la sugerencia de que algunas poblaciones de ballenas azules pueden usar una estrategia

alternativa de vida mediante la selección y explotación de áreas productivas predecibles situadas en latitudes medias y bajas, que son más propicias para una alimentación exitosa (Rasmussen et al., 2007). La alta productividad del Domo de Centroamérica puede permitir a las ballenas azules que se alimenten durante su estación invernal de parto/crianza, contrario a las ballenas grises (*Eschrichtius robustus*) y a las jorobadas (*Megaptera novaeangliae*) que ayunan durante ese período (Mate et al., 1999). Un estudio del comportamiento migratorio y de alimentación de las ballenas azules entre Baja California y el Domo de Centroamérica (Bailey et al., 2009) también indicó que las ballenas pueden alimentarse durante todo el año. Matteson (2009) confirmó que la alimentación se lleva a cabo en el Domo de Centroamérica a través de la recolección de muestras de heces de ballenas en la zona. También sugirió que si bien alimentarse durante la temporada reproductiva de invierno no es típico de las ballenas, disponer de forraje durante todo el año puede ser un elemento importante para la supervivencia y recuperación de las poblaciones de ballenas azules.

3. El Domo de Centroamérica es de importancia mundial como hábitat para la tortuga baula en peligro crítico, proporcionando una ruta migratoria y un área potencial de alimentación para las tortugas adultas, así como un hábitat crítico para las tortugas recién nacidas que abandonan sus playas de anidación en América Central.

La tortuga baula, (*Dermochelys coriacea*), clasificada como en peligro crítico en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN del 2010, es la especie de tortugas marinas de mayor dispersión y se sabe que migran a través de cuencas enteras en el océano. (Bailey et al., 2012). El Domo de Centroamérica y sus alrededores comprenden una ruta migratoria importante para una población de tortugas baula que anidan en Mesoamérica (Shillinger et al., 2008, Shillinger et al., 2010, Shillinger et al., 2011) y también pueden proporcionar un hábitat crítico para las tortugas recién nacidas (Shillinger et al.,

2012). Las poblaciones de tortuga baula en el Pacífico Oriental se han reducido en >90% durante las últimas dos décadas, principalmente debido a la insostenible recolección de huevos y a la captura incidental de las pesquerías (Spotila et al. 2000). Aunque hay en curso esfuerzos de investigación y conservación en playas de anidación, se sabe relativamente poco sobre el uso del hábitat oceánico de las poblaciones de baulas en el Pacífico Oriental y de sus rutas de migración. Los descensos continuos y rápidos de esta población en peligro crítico dan relieve a la necesidad urgente de desarrollar estrategias de conservación en todos los estadios de vida.

Shillinger et al. (2008) analizaron el mayor conjunto de datos de seguimiento por satélite recopilado durante varios años para las tortugas baula en la colonia de anidación más grande en Playa Grande, Costa Rica. El estudio describe las migraciones, hábitats y la dispersión de hembras de tortuga baula así como los efectos previsibles de las corrientes marinas en su migración. Después de

completar la anidación, las tortugas se dirigieron hacia el sur, atravesando las dinámicas corrientes ecuatoriales con movimientos rápidos y dirigidos. A diferencia de los muy variados patrones de dispersión vistos en muchas otras poblaciones de tortugas marinas, las tortugas baula de Playa Grande viajaron dentro de un corredor de migración desde Costa Rica de manera persistente, pasando por el ecuador hasta el Giro del Pacífico Sur, una vasta región de baja energía y baja productividad. La ruta migratoria de las tortugas se muestra en la Figura 7 (abajo). La migración de las tortugas las llevó entre el borde sur del Domo de Centroamérica y la Corriente Costera de Costa Rica. Luego cruzaron la fuerte corriente a lo largo del borde sur del Domo de Centroamérica entre 8°N y 6°N en dirección SE. Una vez fuera del Domo, se dirigieron hacia el OSO antes de seguir hacia el oeste guiados por la Corriente Surecuatorial. Este estudio indica que el Domo de Centroamérica es parte del corredor migratorio de la tortuga baula, y que las características oceanográficas de esta área tienen un rol importante en esta migración.

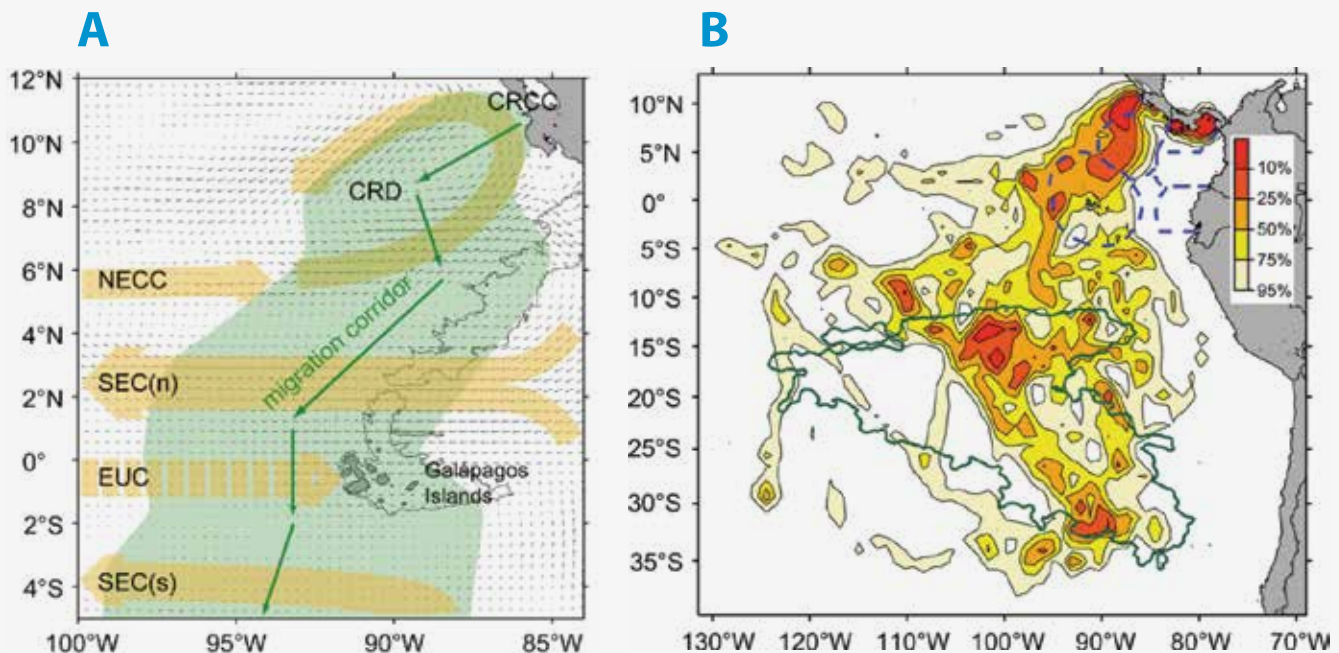


Figura 7: Migraciones de tortugas baula. La Figura A muestra un esquema del corredor de migración de las tortugas a través del sistema de corriente ecuatorial con base en la distribución del contorno del 75% de uso hábitat. La Figura B muestra una distribución de uso de hábitat por parte de las tortugas baula del Pacífico Oriental a partir de los datos combinados de seguimiento (para los años 2004, 2005 y 2007). Cabe destacar la presencia del Domo de Centroamérica, en la zona de alta utilización. Figura de Shillinger et al., 2010.

Shillinger et al. (2012) establecieron la hipótesis de que la región central del Domo de Centroamérica también puede proporcionar un hábitat crítico para las tortugas baula recién nacidas, cuyas rutas de salida después de la eclosión enlazan las playas de anidación costeras de Mesoamérica con los hábitats pelágicos de las crías. El estudio investigó la dispersión de las crías de baulas en cuatro playas de anidación de Mesoamérica (Barra de la Cruz, México: 15.88 N, 95.98 O, Playa Chacocente, Nicaragua: 11.58 N, 86.28 O, Playa Grande, Costa Rica: 10.38 N, 85.98 O, y Playa Carate, Costa Rica: 8.48 N, 83.48 O) mediante experimentos de rastreadores pasivos dentro de un sistema de modelado oceánico regional (ROMS). La región costera del Pacífico de Mesoamérica se caracteriza por condiciones oceánicas dinámicas. Los vientos de invierno que atraviesan pasos en las montañas costeras contribuyen con el desarrollo de remolinos anticiclónicos a gran escala dentro de los Golfos de Tehuantepec y Papagayo; siendo estas características intensas y estables que pueden durar hasta seis meses y propagarse por más de 2.000 km de la costa de la margen continental, transportando aguas costeras ricas en nutrientes y organismos en el interior del océano. La evolución de

la distribución de rastreadores de cada una de las playas de anidación mostró la fuerte influencia en el transporte causado por los remolinos y por las corrientes costeras. Las crías de Playa Grande, Costa Rica, fueron las más propensas a ser arrastradas y transportadas hacia el mar por los remolinos a gran escala, coincidiendo con el periodo pico de anidación y de eclosión de las crías de la tortuga baula. (Ver Figura 8). Shillinger et al. (2012) postulan que estos remolinos potencialmente sirven como "autopistas para las crías", proporcionando un medio de transporte rápido hacia el alta mar lejos de la depredación así como un refugio productivo en el que las tortugas recién nacidas pueden desarrollarse. Los resultados de su modelo respaldan la hipótesis de que las crías de tortugas baula emergen de los nidos a finales de invierno en Playa Grande y en otras playas de anidación mesoamericanas y pueden de manera rápida y eficiente ser transportadas al alta mar dentro de los remolinos de Papagayo. Debido a que las tortugas se enfrentan a un mayor riesgo de depredación cerca de la playa, es probable que un transporte rápido al alta mar aumente la probabilidad de supervivencia. Por otra parte, estos remolinos proporcionan un refugio productivo en el que las tortugas recién nacidas pueden desarrollarse.

Concentración del rastreador entre el 15 de enero y el 15 de abril desde las playas de anidación a: (a) Barra de la Cruz, (b) Playa Chacocente, (c), Playa Grande y (d) Playa Carate.

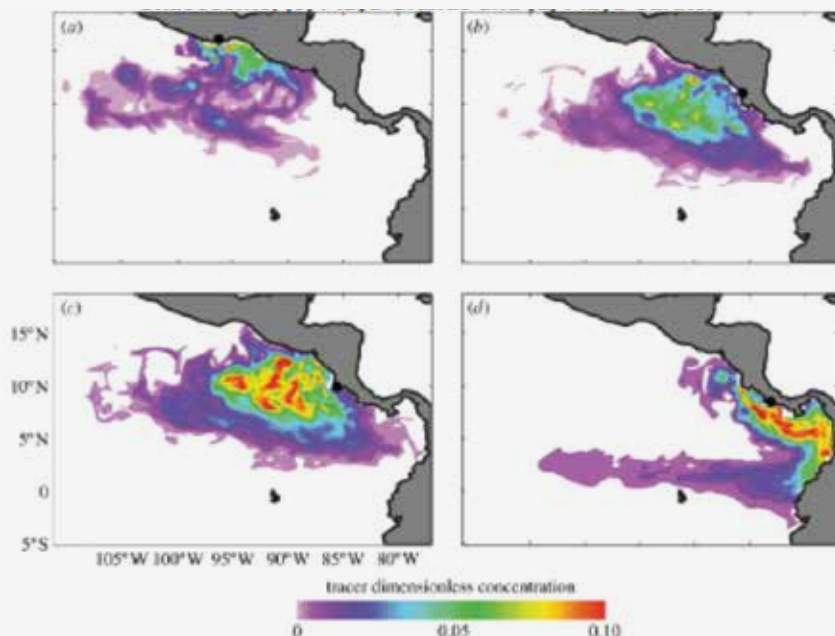


Figura 8. Posible transporte de las crías desde las playas de anidación con base en informes de los rastreadores. Figura de Shillinger et al., 2012.

Shillinger G L et al. Proc. R. Soc. B
doi:10.1098/rspb.2011.2348

Un estudio posterior de Bailey et al. (2012) rastreó los datos de seguimiento para las poblaciones de tortugas baula en todo el Océano Pacífico. Se muestra que las tortugas marcadas en Playa Grande, Costa Rica, migran a través del Domo de Centroamérica y el área circundante (ver Figura 9). El estudio también encontró que en el Pacífico Oriental las tortugas marcadas a menudo muestran un comportamiento

relacionado con la búsqueda de alimentos en las zonas de afloramiento, probablemente porque estas áreas aumentan el transporte de nutrientes y la consecuente disponibilidad de presas (Shillinger et al. 2011, Bailey et al., 2012). Se necesita más investigación para entender completamente la respuesta de las tortugas a las condiciones oceanográficas.

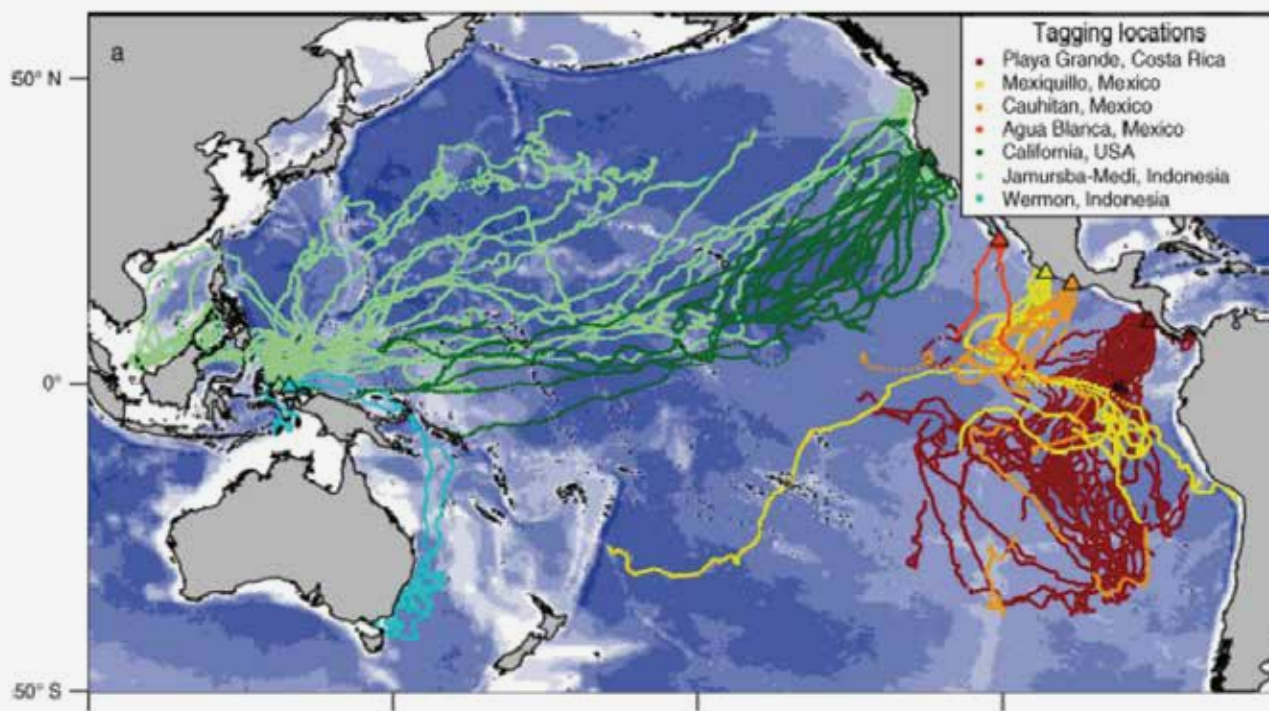


Figura 9: El cambio del modelo de espacio-estado (SSSM, por sus siglas en inglés) derivado de las posiciones diarias de 135 rastros de tortugas baula del Pacífico, con código por colores según la ubicación de las marcas y superpuesto sobre la batimetría (De Bailey et al., 2012). Las pistas en color rojo pertenecen a las tortugas marcadas en Playa Grande, Costa Rica, y se muestra que migran a través del Domo de Centroamérica y sus alrededores.

Con el fin de garantizar que la gestión y los esfuerzos de conservación en la región del Domo de Centroamérica son significativos para las baulas, mejores y sostenibles sistemas de conservación y ordenamiento de las playas de anidación de Mesoamérica y de los hábitats de interés (que van desde aproximadamente 100 km de la costa) son esenciales. Durante la temporada de anidación, las tortugas baula hembras adultas anidan varias veces y ocupan hábitats marinos costeros cerca de sus playas de anidación.

Shillinger et al. (2011) encontraron que la variabilidad en el ambiente térmico conduce a una considerable variación interanual en la forma y en el área de los grandes polígonos de distribución de uso (UD) (Figura 10). Esta investigación sugiere que los cambios interanuales en las condiciones oceanográficas, incluso a escalas pequeñas o locales (por ejemplo, región de inter-anidación), pueden influir en el comportamiento y en la distribución de las interesantes tortugas baula. Tomados en conjunto

con los hallazgos de Shillinger et al. (2008, 2010 y 2012), estos resultados validan la importancia del Parque Nacional Marino Las Baulas (PNMB) como hábitat crítico para tortugas baula inter-anidando, pero también sugieren que la ampliación de medidas de protección pueden estar justificadas y estas medidas deben tener en cuenta las influencias de la variación ambiental

regional sobre los movimientos de las tortugas cerca de la costa y el comportamiento de tortugas inter-anidando, así como las oportunidades para integrar la conservación y el manejo de la conectividad (es decir, el corredor de migración y supuestos hábitats de dispersión de crías) con otras etapas del ciclo de vida (cría y dispersión post-anidación).

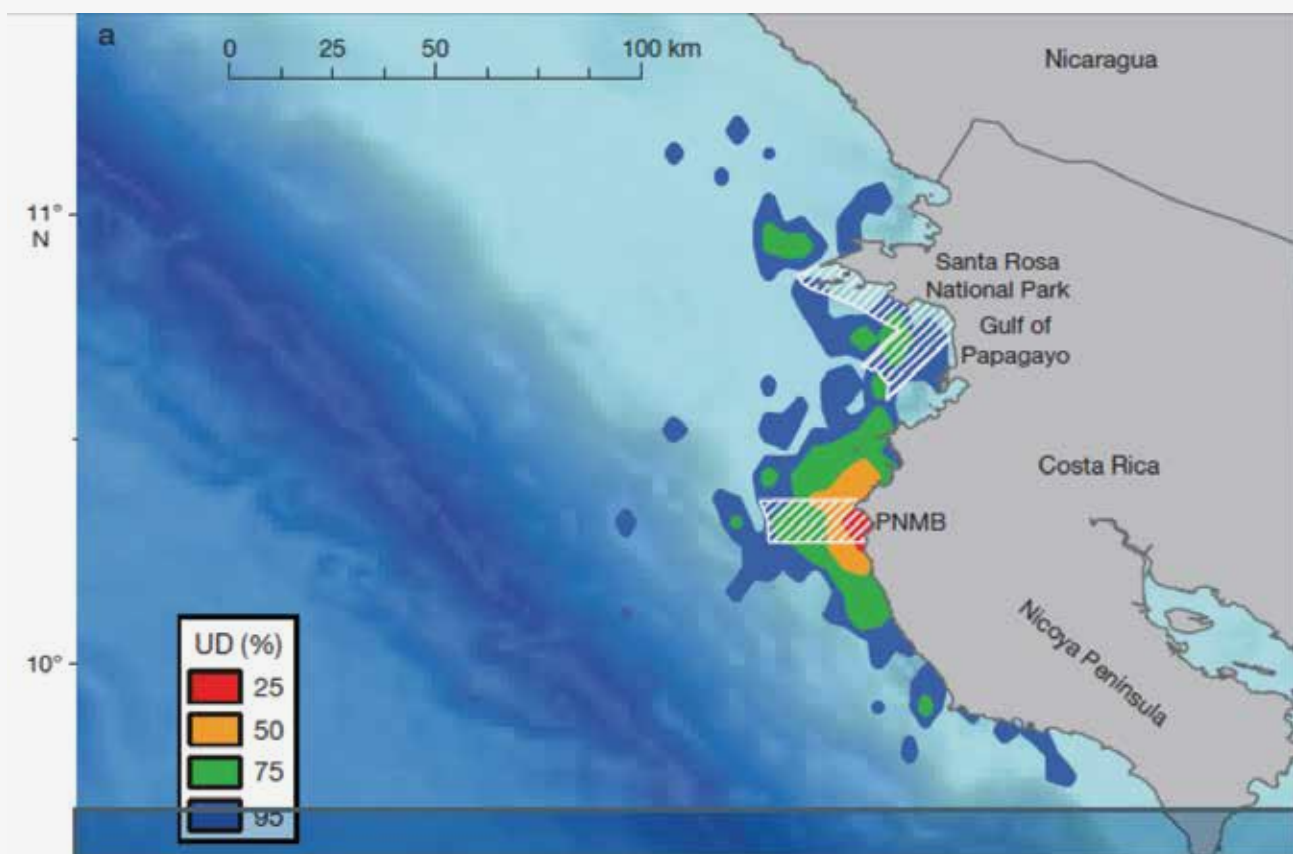


Figura 10: *Dermochelys coriacea*. Distribución de la utilización (UD) de la región de inter-anidación ocupada por 46 tortugas baulas durante (a) todos los años combinados. Los polígonos delimitados y sombreados en blanco son el Parque Marino Nacional de Playa Grande (PNMB) y el Parque Nacional Marino de Santa Rosa (PNMSR).

4. El Domo de Centroamérica es un área que proporciona bienes y beneficios tangibles tanto a nivel regional como a nivel mundial. Al contener buena parte de la productividad primaria más alta del mundo, el Domo de Centroamérica es un lugar clave para la captura y almacenamiento de carbono en el océano. La alta productividad dentro del Domo sirve como apoyo a las ricas pesquerías de atún y calamar,

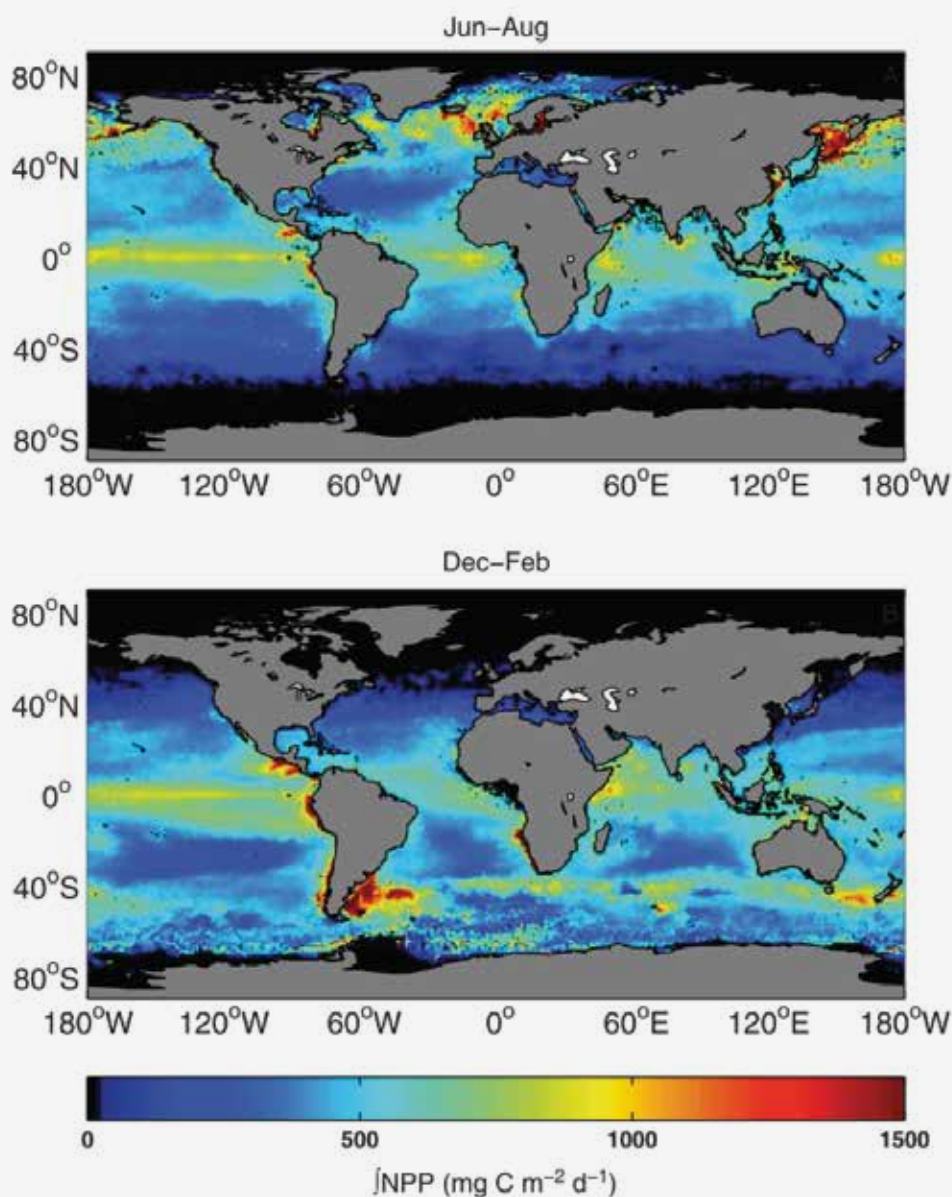
así como a las especies migratorias, que a su vez proporcionan ingresos producto del turismo para las comunidades de la región. El Domo de Centroamérica tiene valor global como un área importante para la investigación, que ha sido fuente de conocimientos científicos y puede producir nuevos descubrimientos en el futuro.

El Domo de Centroamérica tiene un importante papel que desempeñar a nivel mundial en la captura y almacenamiento de carbono, la mitigación del cambio climático y el mantenimiento del clima de la Tierra

Las zonas altamente productivas, como el Domo de Centroamérica, tienen un importante papel en el mantenimiento del clima de la Tierra. Las investigaciones realizadas durante las últimas décadas han confirmado la importancia de la biología del océano en el control del dióxido de carbono (CO_2) contenido en la atmósfera (Williamson y Holligan, 1990). La materia orgánica que contiene carbono es transportada desde la superficie del océano a las capas más profundas de la llamada “bomba biológica”. Las plantas marinas, sobre todo de fitoplancton en mar abierto, emplean CO_2 durante la fotosíntesis. Investigaciones recientes han demostrado que la fotosíntesis del fitoplancton oceánico asciende a aproximadamente la mitad de la fotosíntesis en la Tierra y es un eslabón vital en el ciclo del carbono entre los depósitos vivos y los inorgánicos. Cada día, más de cien millones de toneladas de carbono en forma de CO_2 se fija en materia orgánica por el fitoplancton, y cada día una cantidad similar de carbono orgánico se transfiere a los ecosistemas marinos por hundimiento y pastoreo (Behrenfeld et al., 2006). El carbono se transporta a las profundidades del océano en la forma de organismos muertos y otros desechos orgánicos y se hunde en la columna de agua, donde gran parte es consumido por los microbios, zooplancton y otros animales filtradores, proporcionando así una importante fuente de energía para los animales que viven en las capas medias y profundas del océano. El resto de los desechos orgánicos termina enterrado en los sedimentos del fondo del mar durante millones de años. El resultado es un flujo neto de carbono desde la atmósfera y el medio ambiente terrestre hacia los océanos del mundo. Además de proporcionar servicios en la regulación del clima, la bomba biológica también recicla los

nutrientes y proporciona alimento para especies que habitan en aguas profundas (Armstrong et al., 2010). Se ha estimado que el 50% del carbono en la atmósfera que se aglutina o queda “secuestrado” en los sistemas naturales es reciclado en los mares y océanos. Los océanos no sólo representan el mayor sumidero a largo plazo para el carbono, sino que también almacenan y redistribuyen CO_2 . Aproximadamente el 93% del CO_2 de la Tierra se almacena y entra en un ciclo a través de los océanos (Armstrong et al., 2010).

La distribución de la biomasa de fitoplancton, y por extensión de la productividad primaria, está controlada por la disponibilidad de luz y de nutrientes (nitrógeno, fósforo, hierro). Estos factores limitantes del crecimiento son a su vez regulados mediante procesos físicos: la circulación del océano, la dinámica de la capa de mezcla, el afloramiento, la deposición del polvo atmosférico y el ciclo solar. (Behrenfeld et al., 2006; Williamson y Holligan, 1990). El Domo de Centroamérica tiene una alta tasa de producción primaria anual propiciada por agua rica en nutrientes de fácil acceso debido al afloramiento (Broenkow, 1965). La detección remota vía satélite, junto con algoritmos sofisticados y mediciones de campo han mejorado las estimaciones globales de la productividad primaria. Los cálculos de producción primaria neta de Westberry et al. (2008) mostraron que los valores máximos en los océanos (aproximadamente $1500 \text{ mg C}^{\text{m}^{-2}} \text{ d}^{-1}$) se limitan a las regiones de afloramiento productivas como el Domo de Centroamérica, el Golfo de Tehuantepec, Perú y el sistema de la Corriente de Benguela. Valores sostenidos cercanos a $500 \text{ mg C}^{\text{m}^{-2}} \text{ d}^{-1}$ se encuentran en gran parte del océano tropical, a excepción de los giros oligotróficos centrales. Los mapas producidos por Westberry et al. (ver Figura 11) demuestran la alta producción primaria neta en el Domo de Centroamérica con respecto a la mayor parte de los océanos del mundo.



◀ **Figura 11:** La producción primaria neta de profundidad integrada ($\text{mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) para el verano boreal (arriba) y el invierno boreal (abajo). Los valores son promedios climatológicos calculados para el período 1999-2004. Figura de Westberry et al., 2008.

La alta productividad no sólo es importante para el mantenimiento del clima de la Tierra, sino que también resulta en una mayor biomasa de zooplancton y una mayor abundancia de especies, como el atún y algunas especies de cetáceos, como se explica en las secciones anteriores (Au y Perryman, 1985; Reilly y Thayer, 1990; Fiedler, 2002; Ballance et al., 2006).

El Domo de Centroamérica mantiene ricas y económicamente importantes pesquerías

El Domo de Centroamérica alberga importantes pesquerías pelágicas, en particular de atunes y calamares (FAO, 2005) y es importante para la economía nacional y mundial y para el suministro de alimentos. Una pesquería de atún productiva se desarrolló en el área del Domo de Centroamérica desde la década de 1950 (Fiedler, 2002) y esta región es actualmente una pesquería importante de atún aleta amarilla (Pennington et

al., 2006). De hecho, el Océano Pacífico Oriental Tropical en su totalidad es la segunda mayor área de pesca de atún en el mundo, una importante fuente de aleta amarilla y barrilete, y el lugar de nacimiento de la moderna industria atunera de hoy en día (Trutanich, 2005).

Si bien las cifras de captura específicas para el Domo de Centroamérica no están disponibles, estas son recopiladas para todo el Océano Pacífico Oriental por la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT), que se encarga de la conservación y ordenamiento de los túnidos y otras especies capturadas por buques atuneros en el Océano Pacífico Oriental. Las capturas de atún aleta amarilla en el Océano Pacífico Oriental han aumentado entre los años 1982 y 2011. La captura más grande de la historia tuvo lugar en el 2002 y fue de 443.000 toneladas. Durante 2004-2009 las capturas disminuyeron sustancialmente y la captura registrada en el 2011 fue de 203.000 toneladas, que resultó mayor que las capturas durante 2006-2008, pero menor que las capturas durante 1996-2005 (CIAT, 2012).

Las capturas son tomadas tanto de lances de buques cerqueros sobre aletas amarillas asociados con delfines sobre cardúmenes no asociados (brisas), como por buques palangreros. Las flotas palangreras de China, Taiwan, Polinesia Francesa, Japón, la República de Corea, España, Estados Unidos y Vanuatu pescan atún en el Pacífico Oriental. El patudo y el aleta amarilla forman la mayor parte de las capturas de la mayoría de estos buques (CIAT, 2012). Si bien existe incertidumbre acerca de los niveles recientes y futuros de reclutamiento y de biomasa, parece que las capturas actualmente están por debajo del rendimiento máximo sostenible (RMS) (CIAT, 2012).

El Domo de Centroamérica es también un área de cría para el calamar volador gigante (*Dosidicus gigas*) (Waluda y Rodhouse, 2006). Esta especie mantiene la mayor pesquería de cefalópodos en el Pacífico

Oriental, tanto con flotas comerciales como artesanales que operan en las costas de Perú, México (Golfo de California), América Central y Chile (Waluda y Rodhouse de 2006, Ichii et al., 2002). La pesquería de calamar volador gigante es una de las pesquerías más grandes en el Pacífico Oriental Central, según el tonelaje anual capturado, y es la mayor pesquería de cefalópodos en el mundo. Los desembarques mundiales de calamar volador gigante fueron de 815.978 toneladas en el 2010 (<ftp://ftp.fao.org/fi/stat/summary/a1e.pdf>). La pesca comercial se compone de una flota multinacional de pesca vertical que pesca en la noche con luces potentes para atraer calamares. La especie se captura para servir al mercado de la Unión Europea (principalmente España, Italia, Francia e Irlanda), Rusia, China, Japón, el Sudeste de Asia y cada vez más los mercados de Norte y Sur América.

El calamar es también una parte importante de la cadena alimenticia en la zona (Ichii et al., 2002). La abundancia del calamar está probablemente basada en un aumento en las especies de presa como los son peces pequeños, crustáceos y otros animales tipo plancton, que a su vez se relacionan con el aumento de la productividad primaria y secundaria en el Domo de Centroamérica (Waluda y Rodhouse, 2006). Por otra parte, el atún aleta amarilla se alimenta de calamar juvenil (Nigmatullin et al. 2001) y los cachalotes son los principales depredadores de calamares adultos en el Pacífico Oriental (Clarke & Paliza 2001) (Waluda y Rodhouse, 2006).

El Domo de Centroamérica y sus aguas adyacentes se consideran un área potencial para la reproducción del calamar debido a la presencia no sólo de una alta proporción de calamar volador gigante sino también de hembras fecundadas y de larvas. El aumento de afloramiento en la zona del Domo y una cresta de termoclina bien desarrollada es probable que sean responsables de la acumulación de calamar adulto, incluyendo hembras fecundadas y la retención de las larvas en una región favorable para su eclosión y desarrollo

(Vecchione 1999, Ichii et al. 2002, Chen et al., 2011). Un hábitat reproductivo favorable tiende a estar asociado con el enriquecimiento de alimentos, una estructura de parche concentrada y mecanismos de flujo que permiten a la población mantenerse como una unidad cohesiva (Bakun y Csirke 1998). Todo esto se cumple en el sistema del Domo de Centroamérica (Waluda y Rodhouse, 2006).

También se ha sugerido que el Domo de Centroamérica es una zona de desove que abre el camino para la dispersión de los calamares a importantes áreas de pesca de calamar en el Perú en el sur y en el Golfo de California hasta el norte (Nigmatullin et al. 2001, Waluda et al. 2006). El calamar volador gigante tiene zonas de desove y de alimentación separadas latitudinalmente (Waluda et al. 2004), aprovechando los patrones estacionales de productividad. La eclosión ocurre en las zonas más cálidas cerca del ecuador y la alimentación en las áreas más frescas y más productivas de latitudes altas a medias (O'Dor 1992, Waluda y Rodhouse, 2006). Si bien la estructura poblacional del calamar volador gigante es todavía poco clara, esta hipótesis se apoya en una relación positiva entre las capturas de calamar en el Golfo de California (Morales-Bojórquez et al. 2001) y Perú, y la temperatura superficial del mar favorable para la eclosión en el Domo de Centroamérica antes del inicio de la época de pesca (Waluda y Rodhouse, 2006). Por tanto, parece que el aumento del afloramiento y de la alta productividad primaria, tanto en el área de desove cerca del Domo de Centroamérica y como en el área de pesca cerca de Perú, parece haber sido la base de las pesquerías más grandes de la región en la última década.

El calamar volador gigante tiene una complicada estructura de población intra-específica y una gran variabilidad espacial en los parámetros clave de su historia de vida. (Chen et al., 2011). El Niño y La Niña tienden a influir en el tamaño y en la posición del Domo Central (Fiedler, 2002), y por

lo tanto en el área disponible para el desove y el desarrollo (Waluda y Rodhouse, 2006). El tamaño y la distribución de la población del calamar volador gigante responde a la variabilidad del ENOS y la especie pueden ser un indicador del cambio climático en el Pacífico Oriental y esto es por lo tanto un factor importante para futuras investigaciones relacionadas con este tema (Waluda y Rodhouse de 2006, Olsen y Young, 2007).

El Domo de Centroamérica contribuye de manera importante con los ingresos producto del turismo, ayudando a las comunidades que dependen de la observación de tortugas y ballenas

Los bienes y servicios suministrados por las tortugas marinas son valorados por las sociedades de todo el mundo. Dentro de las diferentes culturas, las tortugas marinas son reconocidas como diversas deidades, como poseedoras de valores ecológicos o estéticos intrínsecos, o se utilizan con fines económicos, incluso como alimento y como medicina. (Vargas-Mena, 2000). En muchos lugares del mundo, las tortugas marinas están proporcionando una nueva y creciente fuente de ingresos a través de los ingresos del turismo para las comunidades costeras.

La población de tortugas baula que anida en Playa Grande y su migración a través del Domo de Centroamérica, se ha convertido en una importante atracción turística. Playa Grande es una de las principales colonias de tortuga baula en el Pacífico Oriental (Spotila et al. 1996) y ha sido un lugar de turismo desde la década de 1990. Playa Grande y las playas de anidación cercanas forman parte del Parque Nacional Marino Las Baulas (PNMLB). Gutic (1994) estima que un tercio o sea US\$1.350.960 de los ingresos brutos del turismo en la zona adyacente al parque nacional fue generado por las tortugas baula así como por los recursos naturales del estuario en el extremo sur de Playa Grande. La población de

baulas por sí misma generó dos tercios de estos ingresos, correspondientes a US\$900.460 en 1993 (Gutic, 1993, 1994), una cifra que sería notablemente mayor hoy en día. Durante la temporada de anidación de baulas del 2001/2002, 4.234 turistas (82% de los visitantes extranjeros) gastaron un estimado de US\$81.276 en cuotas y en tours para observar la anidación de baulas. El gasto promedio para todos los servicios asociados a la visita para ver a las tortugas baula se estima entre US\$338 y US\$676 por visitante. Los ingresos anuales brutos de operadores turísticos, propietarios de negocios y sus empleados en el Parque Nacional Las Baulas de Guanacaste se estima en US\$2.113.176 (Troëng y Drews, 2004).

El turismo basado en las tortugas marinas, incluyendo a las tortugas baula, también existe en la costa del Pacífico de Mesoamérica, pero en una escala mucho menor. No hay estimaciones económicas disponibles para el valor de estas operaciones turísticas.

La observación de ballenas es otra actividad turística popular y un negocio en crecimiento para las comunidades costeras de América Central. Aunque las ballenas azules en el Domo de Centroamérica a menudo se quedan bastante lejos en altamar y no son de fácil acceso para los observadores de ballenas, la misma población migra cerca de la costa en aguas de México y California. Estados Unidos y México tienen una larga y bien establecida industria de observación de ballenas que ha estado operando desde 1950 y que gira en torno a varias especies de ballenas, incluyendo las ballenas azules (Hoyt, 2009B, Hoyt e Iñíguez, 2008). Si bien las cifras relativas al valor económico producto de la observación de las ballenas azules no están disponibles, se pueden proporcionar algunos ejemplos. Una operación turística que realiza viajes centrados específicamente en las ballenas azules cobra US\$2.195 por persona por un mínimo de siete días de viaje en barco en las Islas del Canal y US\$1.995 por un viaje de 5 días en Baja

(<http://www.greywhale.com/blue.htm>). Se cree que la observación de ballenas en las Islas del Canal genera US\$2 millones anualmente en ingresos, una cifra que se basa en los viajes para ver ballenas grises, azules, minke y jorobadas (Pendleton, 2005). En México, donde la mayor parte de la observación de ballenas se realiza en la costa del Pacífico, y en particular en Baja, 169.904 visitantes que vinieron para observar ballenas en el 2006 gastaron aproximadamente US\$9 millones en gastos directos y US\$85.5 millones en total de gastos para la observación de ballenas de múltiples especies (Hoyt e Iñíguez, 2008). La observación de ballenas desde barcos en California igualmente genera cifras en el orden de los US\$20 millones en ingresos brutos anuales e ingresos netos de entre US\$4 millones y US\$9 millones (Pendleton, 2005).

El Domo de Centroamérica ayuda a mantener la diversidad genética

Se sabe relativamente poco acerca de la diversidad genética de los microbios oceánicos y de las comunidades planctónicas en aguas del Domo de Centroamérica. El potencial para el descubrimiento de nuevas especies, genes y adaptaciones existe en esta zona, como en muchas áreas del océano y puede ser de gran interés para la biotecnología. Las regiones de surgencia son generalmente dominadas por floraciones de diatomeas, pero el Domo de Centroamérica es único por cuanto está dominado por la cianobacteria *Synechococcus*, cuyas densidades se encuentran entre las más altas reportadas en la naturaleza (Saito et al., 2005). Las bacterias y otros microorganismos en este régimen distintivo en gran parte no están clasificadas, aunque algún trabajo preliminar sugiere que las *Alteromonas* y las *Pseudoalteromonas* son los grupos más altamente representados entre las bacterias (Krey, 2008). Una breve búsqueda en las bases de datos de patentes de la Organización Mundial de Propiedad Intelectual muestra que estos organismos han sido la base de cientos de patentes, y por lo tanto son de interés para la

biotecnología. Aún queda mucho por conocer acerca de la diversidad de la comunidad microbiana en el Domo de Centroamérica y su papel en el funcionamiento y resiliencia general del ecosistema. No es sorprendente que la evidencia sugiera que aun hay descubrimientos importantes por hacer (Krey, 2008). Esto sigue siendo cierto para los océanos en general. Un estudio reciente (Yooseph et al., 2007) reporta el descubrimiento de miles de nuevos genes y proteínas en tan sólo unos pocos litros de agua, prometiendo muchas nuevas funciones potenciales.

El Domo de Centroamérica es un área importante para la investigación científica

El Domo de Centroamérica ha sido un área de interés para la investigación científica desde 1948 (Wyrtki, 1964) y ha sido objeto de estudio en los años siguientes debido a su productiva pesquería de atún (Fiedler, 2002). Más recientemente, el Domo ha proporcionado nueva información científica sobre el comportamiento y las características de la historia de vida de las ballenas azules (Mate et al., 1999, Bailey et al., 2009, Matteson, 2009) y el calamar volador gigante (Waluda y Rodhouse, 2006). En la actualidad, el Domo es tema de interés debido a su naturaleza altamente productiva y a las características oceanográficas que fomentan esta productividad, así como por su papel en el ciclo geoquímico global, incluyendo el ciclo del carbono y el mantenimiento del clima de la Tierra (Fiedler, 2002; Westberry et al., 2008; Kahru et al., 2007). Estudios sobre la biodiversidad completa del Domo de Centroamérica aún no se han llevado a cabo (Fiedler, 2002) y es probable que ese trabajo daría lugar a nuevos descubrimientos sobre la diversidad de los microorganismos y otras especies en el Domo, así como sobre el papel de las especies en la estructura y función del ecosistema (Krey, 2008).

5. El Domo de Centroamérica está amenazado y requiere de ordenamiento debido a las amenazas actuales, incluyendo los problemas por ruido y riesgo de colisión con los cetáceos y tortugas

marinas provocados por la navegación comercial, así como los impactos de la pesca, incluyendo, en particular, los riesgos de captura incidental de tortugas baula, de otras tortugas marinas y de cetáceos. Los impactos del cambio climático en el Domo de Centroamérica son en gran parte desconocidos, pero pueden incluir alteraciones en los procesos oceanográficos físicos y/o en los patrones de migración y distribución de las especies que utilizan la zona. Estas amenazas implican la necesidad de acciones futuras de ordenamiento.

Las especies que habitan el Domo de Centroamérica son vulnerables a los impactos de la navegación comercial

El Domo de Centroamérica es un área de impacto medio-alto de acuerdo con un reciente análisis global de los impactos humanos sobre los ecosistemas marinos (Halpern et al., 2008) y las actividades humanas pueden tener un impacto en una variedad de maneras. Una de las amenazas crecientes es la navegación comercial y sus efectos sobre los cetáceos y tortugas marinas.

En los últimos 50 años, el tamaño de la flota de la navegación comercial mundial casi se ha triplicado, mientras que el tonelaje bruto total se ha incrementado seis veces (Hildebrand, 2009). En cuanto al volumen de carga transportada por vía marítima, éste se ha ido prácticamente duplicando cada 20 años (<http://www.marisec.org/shippingfacts/worldtrade/volume-worldtrade-sea.php>). El Domo de Centroamérica se encuentra en una de las rutas marítimas más transitadas del mundo y se espera que el tráfico marítimo crezca aun más en el futuro con la expansión del Canal de Panamá. La Figura 12 a continuación, creada a partir de datos obtenidos en línea del Centro Nacional para Análisis y Síntesis Ecológicos y la Universidad de Santa Bárbara, ilustra la alta intensidad de la navegación comercial que atraviesa el Domo en su camino desde el Canal de Panamá hacia el norte.

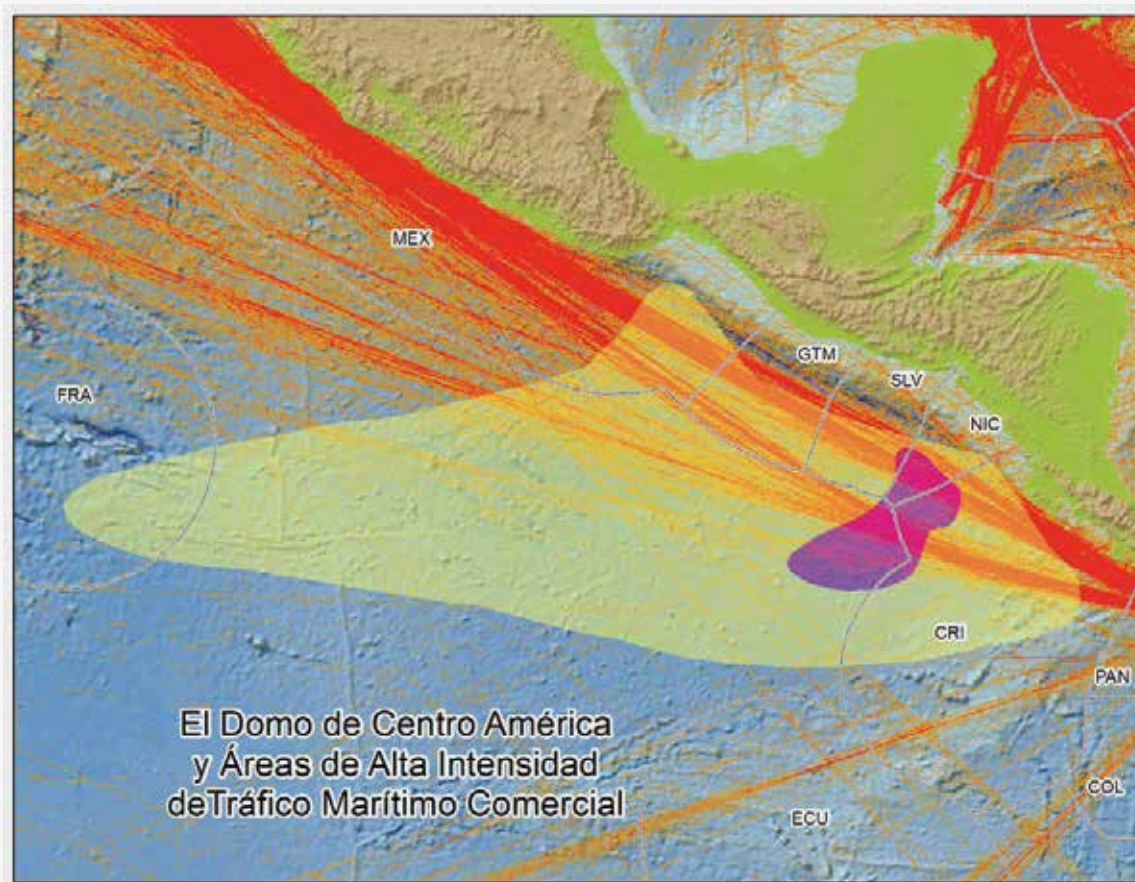


Figura 12: Alta intensidad de navegación comercial en el Domo de Centroamérica. Las líneas en rojo indican la mayor intensidad de tráfico. Datos del Centro Nacional para Análisis y Síntesis Ecológicos y la Universidad de Santa Bárbara.

Los impactos potenciales de la navegación comercial sobre las ballenas y las tortugas marinas son las colisiones con barcos, y para los cetáceos, el ruido del tráfico marítimo. Estos impactos pueden provocar desplazamiento, trastornos de conducta e interferencias en la comunicación. Las lesiones físicas por causa de las colisiones pueden afectar a la capacidad reproductiva y pueden causar mortalidad (Laist *et al.*, 2001; Panigada *et al.*, 2008, Hildebrand, 2005; Comisión OSPAR, 2009).

Dado el gran volumen de tráfico de buques en tránsito a través del Domo de Centroamérica, se corre el riesgo de colisión con ballenas y tortugas. Las colisiones pueden tener el potencial de impedir la recuperación de la población de ballenas azules del Pacífico Nororiental si suficientes especímenes pierden la capacidad reproductiva o resultan heridos mortalmente. Aunque

todos los tipos de buques pueden chocar con las ballenas, las lesiones tienden a ser más severas, o incluso letales, cuando se producen colisiones con buques más grandes o más rápidos (Laist *et al.*, 2001; Vanderlaan y Taggart, 2007), y hay casos reportados de mortalidad de ballenas azules debido a colisiones (Laist *et al.*, 2001). Debido a que el Domo es un área donde las ballenas se aparean, se reproducen, paren y crían a sus ballenatos, puede ser un área especialmente vulnerable ante la navegación. Estudios han demostrado que las colisiones con las crías pueden ser más probables ya que pasan más tiempo en la superficie, son más lentos, y tienen que aprender a evitar los buques (Laist *et al.*, 2001).

Las tortugas marinas, incluyendo las tortugas baula, respiran aire y pasan mucho tiempo cerca de la superficie del mar. Pueden ser particularmente

vulnerables a colisiones con buques debido a su gran tamaño y a sus hábitos de alimentación y además porque toman el sol en la superficie del mar. En el Domo de Centroamérica, los corredores de migración de tortugas baula están atravesados por las vías de navegación, poniendo a esta especie en riesgo por el tráfico de buques de gran tamaño. Las colisiones con embarcaciones se han convertido en un importante reto de conservación de tortugas marinas en todo el mundo (Panigada et al., 2008), que en algunos casos puede ser mitigado por la desaceleración de velocidad de los buques (Hazel *et al.* 2007).

El ruido debido a la navegación también puede ser un problema para las ballenas azules y otros cetáceos, y puede, según su intensidad, frecuencia y duración, provocar discapacidad auditiva, enmascaramiento de vocalizaciones, así como cambios en su distribución y comportamiento. Los barcos comerciales grandes producen sonidos relativamente fuertes y principalmente de baja frecuencia (Arveson y Venditti, 2000, Heitmeyer et al., 2004, NRC, 2003), por lo que son una fuente importante de ruido submarino a frecuencias de <200 HZ (Ross, 1976). Los animales marinos que utilizan frecuencias bajas para oír y comunicarse, incluyendo las ballenas barbadas como la ballena azul, las focas y los leones marinos, son los más afectados por el ruido de los barcos (Richardson et al., 1995). Los buques generalmente producen ruido fuerte cuando son muy grandes o viajan a velocidades más altas (Hildebrand, 2009). También se espera que el ruido de los buques sea más predominante a lo largo de las vías de navegación o cerca de las marinas y los puertos.

El término enmascaramiento se refiere a las ocasiones en que un aumento de los niveles de ruido de fondo o de ruido ambiental reducen la capacidad de un animal para detectar un sonido relevante (Hildebrand, 2005). Para los mamíferos marinos, los sonidos relevantes incluyen las señales acústicas para la comunicación, la eco localización o los propios del medio ambiente marino. Si el ruido antropogénico es lo suficientemente fuerte en relación a la señal recibida, entonces la señal será "enmascarada" (Richardson et al., 1995). Existe la

posibilidad de un daño permanente en la audición debido a la exposición sostenida y/o repetida a ruidos de los barcos durante largos períodos (Comisión OSPAR, 2009). El enmascaramiento en el medio marino es una de las principales preocupaciones con respecto a los mamíferos marinos, especialmente para aquellos que se comunican mediante frecuencias bajas. Un estudio realizado en las costas de California ha demostrado que las ballenas azules aumentan su llamado debido al ruido de los buques, lo que indica que éstos afectan su comunicación (Melcón et al., 2012). Una perturbación prolongada de los mamíferos marinos debido al ruido antropogénico intermitente o continuo tiene el potencial de inducir un estado de estrés crónico si las exposiciones son de suficiente intensidad, duración y frecuencia.

Los efectos del ruido en los animales marinos también dependen del contexto de la exposición. Por ejemplo, los animales pueden ser más sensibles a los sonidos en momentos críticos, como cuando se están alimentando, apareando, desovando, lactando o cuidando a las crías (Tasker et al., 2010; Richardson y Würsig, 1997; Bejder et al., 2009). Debido a que todos estos comportamientos se producen en el Domo de Centroamérica, ésta puede ser un área donde las ballenas azules sean más vulnerables a los impactos del sonido. Las respuestas conductuales pueden variar desde cambios en la cantidad de veces que salen a la superficie y cambios en los patrones de respiración, hasta activamente evitar la región o alejarse de las zonas con niveles de sonido más altos. Cambios repetidos a corto plazo en el comportamiento pueden tener efectos a largo plazo a nivel de población a través de la evasión continua de la zona, lo que conduce al desplazamiento del hábitat (Lusseau, 2005; Bejder et al., 2006), o mediante la reducción de adquisición de energía en términos de oportunidades de alimentación perdidos (Williams et al., 2006). El desplazamiento de numerosas especies de cetáceos ha sido bien documentado en la literatura científica (Weilgart, 2007; Nowacek et al., 2007).

Las tortugas marinas también pueden ser vulnerables al aumento del ruido en el océano. La exposición

prolongada a altos niveles de ruido antropogénico de baja frecuencia en las zonas costeras, que también son un hábitat vital puede afectar el comportamiento de las tortugas y su ecología (Samuel, 2005). El comportamiento elusivo puede provocar cambios significativos en la distribución de las tortugas con posibles consecuencias para los individuos o las poblaciones si se desplazan lejos de su hábitat de alimentación preferido (Pendoley, 1997). A niveles de sonido más bajos, las tortugas que quedan en la zona afectada pueden mostrar un comportamiento anormal que reduce su eficiencia de forrajeo. Sin embargo actualmente no hay estudios reportados sobre los efectos a largo plazo del comportamiento alterado de las tortugas marinas.

Los impactos potenciales de los sonidos también tienen que ser considerados dentro de un contexto más amplio, abordando las consecuencias de la contaminación sónica sobre las poblaciones en conjunto con otros factores de estrés, como la mortalidad por captura incidental, la pesca excesiva que conduce a una reducción de la disponibilidad de presas, así como otras formas de contaminación tales como contaminantes orgánicos persistentes (Perrin et al., 2002; Lee et al., 2006). Estos diversos factores de estrés también pueden actuar de manera sinérgica o acumulativa. Por ejemplo, el ruido submarino podría relacionarse con problemas de colisión o de captura secundaria debido a que los animales son menos capaces de detectar la presencia de redes de pesca o de buques cercanos (Weilgart, 2007).

Las especies que utilizan el Domo de Centroamérica son vulnerables ante los efectos de la pesca, sobre todo como captura incidental.

Las especies pesqueras más importantes en el Océano Pacífico Oriental son los escómbridos (familia *Scombridae*), que incluyen a los atunes, los bonitos y las caballas (CIAT, 2009). La distribución de atún en el Pacífico Oriental Tropical se relaciona estrechamente con las áreas de afloramiento (Hofmann et al., 1981), y no es de extrañar que el Domo de Centroamérica sea una de las cuatro áreas en el Océano Pacífico Oriental

con mayor potencial para el atún aleta amarilla (de Anda-Montañez, 2002). Además, una termoclina fuerte y poco profunda se ha correlacionado con el éxito de la pesquería de atún aleta amarilla asociado con delfines (Green, 1967). Au y Perryman (1985) desarrollaron la hipótesis de que una termoclina poco profunda puede restringir la permanencia del atún aleta amarilla a la capa superficial, promoviendo así las posibles asociaciones con los delfines.

Si bien algunas incertidumbres relacionadas con la historia de vida y las variables ecológicas, así como con los futuros cambios de régimen en la productividad siguen existiendo, en la actualidad se estima que el atún aleta amarilla está por debajo, aunque cerca, de los niveles del rendimiento máximo sostenible (Maunder y Harley, 2006; CIAT, 2012). Una mayor causa de preocupación puede ser la escasa información que existe acerca de la cantidad y el tipo de capturas realizadas por las flotas pesqueras de atún. Las pesquerías de atún tienen una gran variedad de captura incidental, según el método de pesca utilizado. La mayoría de las capturas de atún en el Océano Pacífico Oriental se realizan con palangres y con redes de cerco. El método de cerco se puede dividir en tres tipos de lances: en atunes asociados con objetos flotantes, sobre atunes asociados con delfines y en cardúmenes libres (Maunder y Harley, 2006).

Los mamíferos marinos, especialmente los delfines manchados (*Stenella attenuata*), los delfines de pico largo (*S. longirostris*) y el delfín común (*Delphinus delphis*), se encuentran con frecuencia asociados con el atún aleta amarilla en el Océano Pacífico Oriental. El Domo de Centroamérica es importante para los delfines comunes de pico corto (Balance et al., 2006). Los delfines comunes de pico corto parecen preferir aguas de "afloramiento modificado" (Au y Perryman, 1985; Reilly y Fiedler, 1994), y estos tipos de relaciones especie-hábitat parecen permanecer relativamente estables en el tiempo (Balance et al., 2006). Los pescadores que utilizan redes de cerco descubrieron que las capturas de aleta amarilla se pueden maximizar mediante la colocación de sus redes alrededor de manadas de delfines con cardúmenes asociados de

atunes, y luego liberan los delfines reteniendo los atunes. Si bien la mortalidad incidental de delfines en esta operación era alta en los primeros años de la pesquería, parece que las medidas adoptadas para reducir la captura incidental han permitido que se recuperen las poblaciones de delfines, o como en el caso del delfín común de pico corto, para que permanezcan estables. La mortalidad de delfines estimada en la pesquería de atún aleta amarilla del Océano Pacífico Oriental en el 2011 fue de 986 individuos (CIAT, 2009, 2012). El tema de la captura incidental de delfines permanece en la agenda de la CIAT.

Hay menos información disponible sobre las tortugas marinas como captura incidental en la pesca de palangre en el Océano Pacífico Oriental, o bien, específicamente en el Domo de Centroamérica. La captura incidental de las pesquerías se cita como una de las dos razones principales (la otra es el robo de huevos en las playas de anidación) de la disminución de más del 90% en las poblaciones de tortugas baula que anidan en el Pacífico Oriental (CIT, 2012; Santidrián Tomillo et al. 2007; Sarti Martínez et al. 2007). Las tortugas marinas son capturadas en los palangres cuando toman el cebo en los anzuelos, se enganchan accidentalmente en el anzuelo o se enredan en las líneas.

Las estimaciones de la mortalidad incidental de tortugas causada por la pesca de palangre y redes de enmalle son pocas. En la cuarta reunión del Grupo de Trabajo de la CIAT sobre Captura Incidental, realizada en enero de 2004, se informó que 166 tortugas baula y otras 6.000 tortugas de otras especies, la mayoría golfinas (*Lepidochelys olivacea*), fueron capturadas incidentalmente por la pesquería de palangre de Japón en el Océano Pacífico Oriental durante el año 2000, y que, de este total, 25 y 3000, respectivamente, murieron. En la sexta reunión del Grupo de Trabajo en febrero del 2007, se informó que la flota española de palangre cuya especie objetivo es el pez espada en el OPO, tuvo en promedio 65 interacciones y 8 mortalidades por millón de anzuelos durante el periodo 1990-2005. Las tasas de mortalidad por pesca de palangre en el Océano Pacífico Oriental es probable que sean similares para otras flotas que pescan atún

patudo, y posiblemente mayores para los que colocan sus líneas a profundidades menores para albacora y pez espada. Unos 23 millones de los 200 millones de anzuelos colocados cada año en el Océano Pacífico Oriental por buques palangreros de altamar están dirigidos al pez espada usando palangres poco profundos. Además, hay una flota considerable de buques palangreros artesanales que pescan atunes, peces picudos, tiburones y dorado (*Coryphaena spp.*) (CIAT, 2009 y 2012). Si bien estos informes proporcionan alguna información relacionada con flotas individuales, los datos completos sobre captura incidental de tortugas son todavía deficientes.

Un nuevo estudio (Roe et al., 2013, en revisión) identificó un área de moderado riesgo de captura incidental a lo largo del corredor migratorio principal de la baula entre Costa Rica y las Islas Galápagos. Sin embargo, este riesgo de captura incidental representa una amenaza crónica durante una fase crítica en el ciclo de vida de las tortugas adultas reproductoras. La captura incidental dentro de esta región es probable que se produzca estacionalmente a lo largo de las características batimétricas definidas, tales como la Dorsal de Cocos.

La CIAT está colaborando con la Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas (CIT) a través de un Memorando de Entendimiento. Un informe presentado por el CIT (2012) a la CIAT señaló el hecho de que los movimientos de las tortugas están concentrados en áreas bien definidas en las que son muy susceptibles a las amenazas antropogénicas espacialmente explícitas. Las aguas incluidas dentro del área de inter-anidación definida como de alto uso deben ser objeto de una reducción en las interacciones entre las artes de pesca y las tortugas baula en los periodos de interanidación. El informe pone de manifiesto el alto valor potencial de un mecanismo de veda espacio-temporal para reducir los impactos en el mar (CIT, 2012). Como se ha descrito anteriormente en este documento, un estudio de telemetría vía satélite fue realizado durante varios años a tortugas baula hembras adultas en la zona por Shillinger et al. en el 2010, el cual ha permitido una

clara delimitación de los hábitats de mayor uso en las áreas de interanidación y las rutas migratorias de altamar, así como de las zonas de alimentación (Shillinger et al., 2008, Shillinger et al., 2011). Estos datos proporcionan una buena resolución en el tiempo y espacio de los movimientos de las baulas durante el período de interanidación, lo que ofrece oportunidades únicas para los encargados del ordenamiento pesquero para diseñar y poner en práctica medidas de pesca apropiadas para reducir las interacciones entre las tortugas baula y las artes de pesca (CIT, 2012).

Si bien la captura incidental sigue siendo un tema importante que debe abordarse, otras amenazas relacionadas con la pesca también pueden requerir consideración. Las tortugas marinas, a veces, se enredan en el enmalle debajo de los dispositivos agregadores de peces (plantados) y se ahogan. Las tortugas, las ballenas y otros animales también pueden enredarse en las artes de pesca y resultar heridos o muertos.

La pesquería de calamar en el Domo de Centroamérica se basa en pesca vertical o de curricán, y es por lo tanto muy selectiva. La magnitud de los efectos adversos sobre los ecosistemas de la pesquería de calamar, son desconocidos. Sin embargo, como con cualquier gran extracción de recursos del sistema, cambios en la estructura de la comunidad son probables. La abundancia de esta especie se caracteriza por grandes fluctuaciones y los niveles altos de captura sólo pueden ocurrir en picos de abundancia. En consecuencia, es difícil predecir la respuesta del sistema ante altos niveles de captura. La pérdida de artes de pesca (pesca fantasma) en las pesquerías de calamar también puede tener un efecto negativo, aunque la magnitud de este efecto no ha sido explorada.

El Domo de Centroamérica puede verse amenazado por el cambio climático

Si bien el Domo de Centroamérica varía en extensión y localización anualmente, es un área constante y predecible, que mantiene una alta productividad biológica. Esta área oceanográfica puede verse afectada en el futuro por el cambio climático, pero se requiere

más investigación utilizando modelos climáticos para comprender mejor la naturaleza y la magnitud de dichos impactos. Los modelos climáticos globales predicen que el calentamiento hará que la producción del océano disminuya en latitudes medias y bajas, debido a la intensificación de la estratificación (Behrenfeld et al., 2006). Sin embargo, no está claro si y cómo, tales modelos globales se aplican a una área única del océano, tal como El Domo de Centroamérica. Cualquier alteración de la productividad debido al cambio climático puede causar un cambio en la abundancia de especies fundamentales como el plancton (Vilchis et al., 2009), impactando a toda la cadena alimentaria.

En cuanto a las especies, el cambio climático puede afectar a la distribución, la migración y la salud. Por ejemplo, se espera que el cambio climático cause cambios en los tiempos de migración y en los destinos, en el rango de población, el calendario de apareamiento, el éxito reproductivo y la supervivencia de ballenas como la ballena azul (Robinson et al., 2009; McLeod, 2009). Las especies marinas, incluidas las ballenas azules, las tortugas marinas y los peces también pueden verse afectados por cambios en la distribución y en la abundancia de sus presas (Nicol et al., 2008; Simmonds e Isaac, 2007; Saba et al., 2007, Saba et al., 2012). Las especies de corta vida, como el calamar, pueden sufrir fluctuaciones importantes y rápidas en el tamaño de la población debido a los cambios en su entorno.

Para las tortugas baula, los mayores impactos del cambio climático pueden también ocurrir en las playas de anidación (Santidrian et al., 2012) y se asocian con un aumento del nivel del mar y un aumento en las temperaturas. El cambio climático también puede afectar a las corrientes y a la circulación oceánica, que son importantes para la dispersión de las crías y para la navegación y la migración de larga distancia de las tortugas adultas. Si bien los impactos en el cambio climático sobre las corrientes oceánicas son probables, la naturaleza de estos cambios, y por lo tanto sus efectos sobre la tortuga baula, siguen siendo inciertos (UICN, 2009).

Conclusiones

Este documento ha establecido muchas de las razones sobre la importancia mundial y el valor del Domo de Centroamérica. Se ha demostrado que el Domo es una zona de alta productividad biológica que alberga a poblaciones de atunes y de calamar de importancia comercial, y proporciona un hábitat para delfines, así como para especies amenazadas tales como las ballenas azules y las tortugas baula. Este documento también ha demostrado la importancia del Domo para el ciclo global de carbono, así como para la pesca, el turismo y la investigación científica, presente y futura. En conjunto, el Domo de Centroamérica es de vital importancia para los países de la región y del mundo en general.

El evitar la degradación del Domo de Centroamérica como hábitat para las muchas especies que alberga requiere atención urgente para hacer frente a las diversas amenazas que impactan esta zona. Para abordar estas amenazas se requerirá de la colaboración regional y del consenso internacional así como de acciones que se dirijan directamente hacia las amenazas particulares, pero además de esto, la precaución debe desempeñar un papel importante a la hora de determinar las actividades apropiadas. Este documento es una contribución al proceso conducente al reconocimiento internacional, al ordenamiento y a la protección del Domo de Centroamérica. Será respaldado por una información más detallada, así como por el compromiso futuro con los vecinos de la región, los gobiernos, las organizaciones internacionales competentes, el público en general, las comunidades apropiadas de expertos y otras partes interesadas.

Agradecimientos

Apreciamos las contribuciones de los colegas y socios en la preparación de este documento, incluyendo a la Dra. Marjo Vierros de la Universidad de las Naciones Unidas, al Dr. Jorge Jiménez de Fundación MarViva, al Dr. George Shillinger de la Universidad de Stanford, al Dr. Erich Hoyt de Whale and Dolphin Conservation, la Sra. Kristina Gjerde de la UICN, al Dr. Dan Laffoley de la CMAP-UICN, el profesor Howard Roe del Instituto Nacional de Oceanografía (Reino Unido), a la Global Ocean Biodiversity Initiative y a los asistentes del taller del Convenio sobre la Biodiversidad Biológica para la región Oriental Tropical y Templada del Pacífico para facilitar la descripción de las áreas marinas de importancia ecológica (EBSA)

Referencias

Armstrong, C.W., Foley, N., Tinch, R. and van den Hove, S (2010) Ecosystem goods and services of the deep sea. A publication of the Hotspot Ecosystem Research and Man's Impact on European Seas (HERMIONE) Project.

Arveson, P. T. and D. J. Vendittis (2000). Radiated noise characteristics of a modern cargo ship. *Journal of the Acoustical Society of America* 107, 118-129.

Au, D.W.K. and W.L. Perryman (1985). Dolphin habitats in the eastern tropical Pacific. *Fish. Bull.* US 83(4): 623-643.

Bailey, H., Mate, B.R., Palacios, D.M., Irvine, L., Bograd, S.J. and Costa D.P. (2009) Behavioural estimation of blue whale movements in the Northeast Pacific from state-space model analysis of satellite tracks. *Endangered Species Research*. Published online November 30, 2009: http://www.whoi.edu/cms/files/BaileyPreprint_BlueWhale_57185.pdf

Bailey, H., Benson, S.R., Shillinger, G.L., Bograd, S.J., Dutton, P.H., Eckert, S.A., Morreale, S.J., Paladino, F.V., Eguchi, T., Foley, D.G., Block, B.A., Piedra, R., Hitipeuw, C., Tapilatu, R.F. and J.R. Spotila (In press - 2012). Identification of distinct movement patterns in Pacific leatherback turtle populations influences by ocean conditions. *Ecological Applications*.

Bakun, A. and Csirke, J. (1998) Environmental processes and recruitment variability. *FAO Fisheries Technical Paper* 376:105-124

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

Ballester, D. (2006) El Domo Térmico de Costa Rica. Capítulo VI in *Ambientes marino costeros de Costa Rica. Informe Técnico*. Nielsen-Muñoz, Vanessa, Quesada-Alpizar, Marco A. eds. Comisión Interdisciplinaria Marino Costera de la Zona Económica Exclusiva de Costa Rica, San José, C.R.

Ballester, D. and Coen, E. (2004). Generation and propagation of anticyclonic rings in the Gulf of Papagayo, Costa Rica. *Int.J. Remote Sensing* 25 (1):1-8.

Behrenfeld, M.J., O'Malley, R.T., Siegel, D.A., McClain, C.R., Sarmiento, J.L., Feldman, G.C., Milligan, A.J., Falkowski, P.G., Letelier, R.M. and Boss, E.S. (2006) Climate-driven trends in contemporary ocean productivity. *Nature* 444, 752-755.

Bejder L, Samuels A, Whitehead H, Gales N and others (2006) Decline in relative abundance of bottlenose dolphins exposed to long-term disturbance. *Conserv Biol* 20: 1791-1798

Bejder L., Samuels, A., Whitehead, H., Finn, H. and Allen, S. (2009). Impact assessment research use and misuse of habituation, sensitisation and tolerance in describing wildlife responses to anthropogenic stimuli. *Marine Ecology Progress Series*. 395: 177-185

Branch, T.A., K.M. Stafford, D.M. Palacios, C. Allison, J.L. Bannister, C.L.K. Burton, E. Cabrera, C.A. Carlson, B. Galletti-Vernazzani, P.C. Gill, R. Hucke-Gaete, K.C.S. Jenner, M-N.M. Jenner, K. Matsuoka, Y.A. Mikhalev, T. Miyashita, M.G. Morrice, S. Nishiwaki, V.J. Sturrock, D. Tomorosso, R.C. Anderson, A.N. Baker, P.B. Best, P. Borsa, R.L. Brownell, Jr., S. Childerhouse, K.P. Findlay, T. Gerrodette, A.D. Ilankoon, M. Joergensen, B. Kahn, D.K. Ljungblad, B. Maughan,

R.D. McCauley, S. McKay, T.F. Norris, Oman Whale And Dolphin Research Group, S. Rankin, F. Samaran, D. Thiele, K. Van Waerebeek and R.M. Warneke. (2007) Past and present distribution, densities and movements of blue whales *Balaenoptera musculus* in the Southern Hemisphere and northern Indian Ocean. *Mammal Review* 37:116-175

Broenkow, W.W. (1965) The distribution of nutrients in the Costa Rica Dome in the eastern tropical Pacific Ocean. *Limnology and Oceanography* 10, 40–52.

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

Chavez, F. P., & Barber, R. T. (1987). An estimate of new production in the equatorial Pacific. *Deep-sea research. Part A. Oceanographic research papers*, 34 (7), 1229-1243.

Chen XJ, Lu HJ, Liu BL, Chen Y (2011) Age, Growth and Population Structure of Jumbo Flying Squid, *Dosidicus Gigas*, Based on Statolith Microstructure Off the Exclusive Economic Zone of Chilean Waters. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 2011;91(1): 229-235.

Clarke, R. and Paliza, O. (2001) The food of sperm whales in the southeast Pacific. *Mar Mamm Sci* 17:427–429

de Anda-Montañez, J.A., Martínez-Aguilar, S., Amador-Buenrostro, A. and Muhlia-Almazán, A. (2002) Spatial Analysis of the Yellowfin Tuna (*Thunnus albacares*) Fishery, and its Relation to El

Niño and La Niña Events in the Tropical Eastern Pacific. *Investig. mar.* v.30 n.1 supl.Symp Valparaíso ago. 2002.

FAO (2005) Review of the state of the world marine fishery resources. FAO Regional Reviews B12. Western Central Pacific: FAO Statistical Area 71. FAO, Rome.

Ferguson, M.C., Barlow, J., Fiedler, P., Reilly, S.B. and Gerrodette, T. (2006) Spatial models of delphinid (family Delphinidae) encounter rate and group size in the eastern tropical Pacific Ocean. *Ecological Modelling* 193: 645-662.

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

Green, R.E. (1967) Relationship of the thermocline to success of purse seining for tuna. *Transactions of the American Fisheries Society* 96(2): 126-130.

Gutic, J. (1993) Valoración económica de los recursos naturales del Parque Nacional Marino Las Baulas de Guanacaste y evaluación de los beneficios percibidos por los usuarios locales. San José, Costa Rica, 117 h, il, 28 cm.

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

Halpern, B.S., S. Walbridge, K.A. Selkoe, C.V. Kappel, F. Micheli, C. D'Agrosa, J.F. Bruno, K.S. Casey, C. Ebert, H.E. Fox, R. Fujita, D. Heinemann, H.S. Lenihan, E.M.P. Madin, M.T. Perry, E.R. Selig, M. Spalding, R. Steneck and R. Watson (2008) A Global Map of Human Impact on Marine Ecosystems. *Science*, 319: 948–952.

Hazel, J., Lawler, I.R., Marsh, H. and Robson, S. (2007). Vessel speed increases collision risk for the green turtle *Chelonia mydas*. *Endang Species Res* Vol. 3: 105–113.

Heitmeyer, R. M., S. C. Wales and L. A. Pflug (2004). Shipping noise predictions: capabilities and limitations. *Marine Technology Society Journal* 37, 54-65.

Hildebrand, J. A. (2005). Impacts of anthropogenic sound. – in: Reynolds, J.E. et al. (eds.), *Marine mammal research: conservation beyond crisis*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, pp 101-124

Hildebrand, J.A. (2009). Anthropogenic and natural sources of ambient noise in the ocean. *Mar. Ecol. Prog. Ser* 395:4-20

Hofmann, E.E., Busalacchi, A.J., O'Brien, J.J. (1981) Wind generation of the Costa Rica Dome. *Science* 214: 552–554.

Hoyt, E. (2009A) The Blue Whale, *Balaenoptera musculus*: An endangered species thriving on the Costa Rica Dome. An illustration submitted to the Convention on Biological Diversity. Available online at www.cbd.int/cms/ui/forums/attachment.aspx?id=73

Hoyt, E. (2009B) Whale watching. In *Encyclopedia of Marine Mammals*, 2nd Edition (Perrin, W.F., B. Würsig and J.G.M. Thewissen, eds.) Academic Press, San Diego, CA., pp1219-1223

Hoyt, E. (2011) *Marine Protected Areas for Whales, Dolphins and Porpoises: A World Handbook for Cetacean Habitat Conservation and Planning*. Earthscan/Routledge and Taylor & Francis, London and New York, 464pp.

Hoyt, E. and Iñíguez, M. 2008. The State of Whale Watching in Latin America. WDCCS, Chippenham, UK; IFAW, Yarmouth Port, USA; and Global Ocean, London, 60pp.

Hoyt, E. and Tetley, M. (2011) The Costa Rica Dome: Building a case for place-based management of blue whales on the high seas. An abstract submitted to the 2nd International Conference on Marine Mammal Protected Areas, Martinique, 7-11 November 2011.

Ichii, T., Mahapatra, K., Watanabe, T., Yatsu, A., Inagake, D. and Okada, Y. (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* 231: 151–166.

IAC (Inter-American Convention for the Protection and Management of Sea Turtles (2012) Conservation status and habitat use of sea turtles in the eastern Pacific Ocean. Report presented to the IATTC. Document number CIT-CC8-2011-Tec.1.

IATTC (Inter-American Tropical Tuna Commission) (2009). Annual report of the Inter-American Tropical Tuna Commission 1998. Inter-American Tropical Tuna Commission, La Jolla. 357 p.

IATTC (Inter-American Tropical Tuna Commission) (2012). Annual report of the Inter-American Tropical Tuna Commission 1998. Inter-American Tropical Tuna Commission, La Jolla. 108 p.

IUCN (2009) Leatherback turtles and climate change. IUCN Species Survival Commission

publication.

http://cmsdata.iucn.org/downloads/fact_sheet_red_list_turtle.pdf

IWC (International Whaling Commission) (2008) 'Chair's Report 2008: IWC Annual Report', IWC, Cambridge, UK, p11

Kahru, M., Fiedler, P. C., Gille, S. T., Manzano, M., & Mitchell, B. G. (2007). Sea level anomalies control phytoplankton biomass in the Costa Rica Dome area. *Geophysical Research Letters*, 34 (22), 1-5.

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

Krey, W. (2008) Siderophore Production by Heterotrophic Bacterial Isolates from the Costa Rica Upwelling Dome. MSc thesis at Massachusetts Institute of Technology, Woods Hole Oceanographic Institution. June 2008.

Laist DW, Knowlton AR, Mead JG, Collett AS, Podesta M (2001) Collisions between ships and whales. *Marine Mammal Science* 17:35-75.

Lusseau, D. (2005). Residency pattern of bottlenose dolphins *Tursiops* spp. In Milford Sound, New Zealand, is related to boat traffic. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 295: 265–272

Mackintosh, N.A. (1965) The stocks of whales. London: Fishing News (Books) Ltd.

MacLeod C.D. (2009) Global climate change, range changes and potential implications for the conservation of marine cetaceans: a review and synthesis. *Endangered Species Research* 7:125-136. Mate, B.R., Lagerquist, B.A. and Calambokidis, J.

(1999) Movements of North Pacific blue whales during the feeding season off Southern California and their Southern fall migration. *Marine Mammal Science* 15: 1246-1257.

Matteson, R.S. (2009) The Costa Rica Dome: A Study of Physics, Zooplankton and Blue Whales. Thesis for a Master of Science Degree in Oceanography, submitted to Oregon State University, USA, October 22, 2009.

Maunder, M.N. and Harley, S.J. (2006) Evaluating tuna management in the eastern Pacific Ocean. *Bulletin of Marine Science* 78(3): 593–606.

MacLeod, C.D. (2009) Global climate change, range changes and potential implications for the conservation of marine cetaceans: a review and synthesis. *Endang Spec Res* 7: 125–136

Melcón ML, Cummins AJ, Kerosky SM, Roche LK, Wiggins SM, Hildebrand JA (2012) Blue whales respond to anthropogenic noises. *PLoS ONE* 7:e32681.

McDonald MA, Mesnick SL, Hildebrand JA (2006) Biogeographic characterisation of blue whale song worldwide: using song to identify populations. *J Cetacean Res Manag* 8:55–65.

Morreale, S.J., Standora, E.A., Spotila, J.R. and Paladino, F.V. (1996) Migration corridor for sea turtles. *Nature* 384:319–320

Nicol S, Worby A, Leaper R (2008) Changes in the Antarctic sea ice ecosystem: potential effects on krill and baleen whales. *Marine and Freshwater Research* 59:361-382.

Nigmatullin, C.M., Nesis, K.N. and Arkhipkin, A.I. (2001) A review of the biology of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae). *Fish Res* 54:9–19

NRC (National Research Council) (2003). Ocean noise and marine mammals. Washington, D.C.: The National Academies Press. 192pp

Nowacek, D.P., Thorne, L.H., Johnston, D.W. and Tyack, P.L. (2007). Responses of cetaceans to anthropogenic noise. *Mammal Review*, 37: 81 – 115

Olsen, R. J.; Young, J. W. (2007) Role of squid in open ocean ecosystems: report of a GLOBEC-CLIOTOP/PFRP workshop, 16-17 November 2006, Honolulu, Hawaii, USA.

OSPAR Commission (2009). Overview of the impacts of anthropogenic underwater sound in the marine environment. London, UK: OSPAR Commission

Palacios, D.M., Bograd, S.J., Foley, D.G., Schwing, F.B. 2006. Oceanographic characteristics of biological hot spots in the North Pacific: A remote sensing perspective. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 53, 250-269.

Panigada, S., Pavan, G., Borg, J.A., Galil B.S. and C. Vallini (2008). Biodiversity impacts of ship movements, noise, grounding and anchoring, in *Maritime traffic effects on biodiversity in the Mediterranean Sea – Volume 1 Review of impacts, priority areas and mitigation measures* A. Abdullah and O. Lindend (eds) (IUCN, Switzerland) p. 10.

Pendleton, L.H. (2005) Understanding the Potential Economic Value of Marine Wildlife

Viewing and Whale Watching in California. California Marine Life Protection Act Initiative

Pendoley, K. (1997). Sea turtles and management of marine seismic programs in Western Australia. *Petrol. Expl. Soc. Austral. J.* 25:8-16.

Pennington, J.T., Mahoney, K.L., Kuwahara, V.S., Kolber, D.D., Calienes, R. and Chavez, F.P. (2006) Primary production in the eastern tropical Pacific: a review. *Progress in Oceanography* 69 (2–4), 285–317.

Perrin, W.F, Würsig, B. and Thewissen, J.G.M. (eds) (2002). *Encyclopedia of Marine Mammals*. Academic Press, San Diego.

Polidoro, B.A., Brooks, T., Carpenter, K. E., Edgar, G. J., Henderson, S., Sanciangco, J. and Robertson, D. R. (Accepted - 2012) Patterns of Extinction, Risk and Threat for Marine Vertebrates and Habitat-forming Species in the Tropical Eastern Pacific. *Marine Ecology Progress Series*.

Rasmussen, K., D.M. Palacios, J. Calambokidis, M. Saborio, L. Dalla-Rosa, E. Secchi, G. Steiger, J. Allen, and G. Stone (2007) Southern Hemisphere humpback whales wintering off Central America: insights from water temperature into the longest mammalian migration. *Biology Letters* 3(3):302-305

Read, A.J., Drinker, P. and Northridge, S.P. (2006). By-catches of marine mammals in U.S. and global fisheries. *Conservation Biology*, 20: 163-169.

Reilly, S.B., Thayer, V.G. (1990) Blue whale (*Balaenoptera musculus*) distribution in the eastern tropical Pacific. *Marine Mammal Science* 6: 265–277.

Reilly, S.B., Bannister, J.L., Best, P.B., Brown, M., Brownell Jr., R.L., Butterworth, D.S., Clapham, P.J., Cooke, J., Donovan, G.P., Urbán, J. & Zerbini, A.N. (2008). *Balaenoptera musculus*. In: IUCN 2009. *IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2009.1. www.iucnredlist.org

Richardson, W.J., Malme, C.I., Green, C.R.jr. and D.H. Thomson (1995). Marine Mammals and Noise. Academic Press, San Diego, CA 576 pp

Richardson, W.J. & Würsig, B. (1997). Influences of man-made noise and other human actions on cetacean behaviour. *Mar. Fresh. Behav. Physiol.* 29: 183-209

Robinson RA, Crick HQP, Learmonth JA, Maclean IMD, Thomas CD, Bairlein F, Forchhammer MC, Francis CM, Gill JA, Godley BJ, Harwood J, Hays GC, Huntley B, Hutson AM, Pierce GJ, Rehfish MM, Sims DW, Santos MB, Sparks TH, Stroud DA, Visser ME (2009) Travelling through a warming world: climate change and migratory species. *Endangered Species Research* 7:87-99.

Rolland, R.M., Parks, S.E., Hunt, K.E., Castellote, M., Corkeron, P.J., Nowacek, D.P., Wasser, S.K. and Kraus, S.D. (2012) Evidence that ship noise increases stress in right whales. *Proc. R. Soc. B*, February 8, 2012, 1471-2954.

Ross D (1976) Mechanics of underwater noise. Pergamon Press, New York.

Saba VS, Shillinger GL, Swithenbank AM, Block BA, Spotila JR, et al. (2008) An oceanographic context for the foraging ecology of eastern Pacific leatherback turtles: Consequences of ENSO. *Deep-Sea Res I* 55: 646–660. doi: 10.1016/j.dsr.2008.02.006.

Saba VS, Stock CA, Spotila JR, Paladino FV, Tomilla PS (2012) Projected response of an endangered marine turtle population to climate change. *Nature Clim Change* 2:814–820

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

Samuel Y. et al., (2005). Underwater, low-frequency noise in a coastal sea turtle habitat. *J. Acoust. Soc. Am.* Volume 117, Issue 3, pp. 1465-1472

Santidrián Tomillo, P., Vélez, E., Reina, R.D., Piedra, R., Paladino, F.V. and Spotila, J.R. (2007) Reassessment of the Leatherback Turtle (*Dermochelys coriacea*) Nesting Population at Parque Nacional Marino Las Baulas, Costa Rica: Effects of Conservation Efforts. *Chelonian Conservation and Biology*: Vol. 6, No. 1, pp. 54-62.

Santidrián Tomillo P, Saba VS, Blanco GS, Stock CA, Paladino FV, et al. (2012) Climate Driven Egg and Hatchling Mortality Threatens Survival of Eastern Pacific Leatherback Turtles. *PLoS ONE* 7(5): e37602. doi:10.1371/journal.pone.0037602

Sarti Martínez, L, Barragán, A.R., García Muñoz, D., García, N., Huerta, P. and Vargas, F. (2007) Conservation and Biology of the Leatherback Turtle in the Mexican Pacific. *Chelonian Conservation and Biology*: Vol. 6, No. 1, pp. 70-78.

Shillinger, G. L., Palacios, D. M., Bailey, H., Bograd, S. J., Swithenbank, A. M., Gaspar, P., Wallace, B. P., Spotila, J. R., Paladino, F. V., Piedra, R., Eckert, S. A., and B. A. Block. (2008) Persistent Leatherback Turtle Migrations Present Opportunities for Conservation. *PLoS Biol* 6(7): e171.

Shillinger, G.L., Swithenbank, A.M., Bograd, S.J., Bailey, H., Castleton, M.R., Wallace, B.P., Spotila, J.R., Paladino, F.V., Piedra, R. and Block, B.A. (2010) Identification of high-use interesting habitats for eastern Pacific leatherback turtles: role of the environment and implications for conservation. *Endangered Species Research*, 10: 215-232.

Shillinger, G. L., A. M. Swithenbank, H. Bailey, S. J. Bograd, M. R. Castleton, B. P. Wallace, J. R. Spotila, F. V. Paladino, R. Piedra, and B. A. Block. 2011. Vertical and horizontal habitat preferences of post-nesting leatherback turtles in the South Pacific Ocean. *Marine Ecology Progress Series* 422:275-289.

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

Simmonds M.P., Isaac S.J. (2007) The impacts of climate change on marine mammals: early signs of significant problems. *Oryx* 41:19-26.

Spotila J.R., Reina R.D., Steyermark A.C., Plotkin P.T., Paladino F.V. (2000) Pacific leatherback turtles face extinction. *Nature* 405:529-530

Tasker, M.L, M. Amundin, M. Andre, A. Hawkins, W. Lang, T. Merck, A. Scholik-Schlomer, J. Teilmann, F. Thomsen, S. Werner & M. Zakharia (2010). Marine Strategy Framework Directive. Task Group 11. Report Underwater noise and other forms of energy.

Troëng, S. and Drews C. (2004) *Money Talks: Economic Aspects of Marine Turtle Use and Conservation*, WWF-International, Gland, Switzerland www.panda.org

Trutanich, P. (2005) Eastern Tropical Pacific tuna fisheries. INFOFISH International, vol. 4: 68-72.

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

Vanderlaan ASM, Taggart CT (2007) Vessel collisions with whales: the probability of lethal injury based on vessel speed. *Marine Mammal Science* 23:144-156.

Vargas-Mena, E. (2000) Significados culturales de la tortuga verde (*Chelonia mydas*) en el Caribe costarricense. In: *Actitudes hacia la fauna en Latinoamérica*. Nassar-Montoya, F., Crane, R. (eds.) Humane Society Press, Washington D.C. pp. 161-176.

Vecchione, M. (1999) Extraordinary abundance of squid paralarvae in the tropical Eastern Pacific Ocean during El Niño of 1987. *Fish Bull* 97:1025-1030

Vilchis, L.I., Ballance, L.T. and Fiedler, P.C. (2006) Pelagic habitat of seabirds in the eastern tropical Pacific: effects of foraging ecology on habitat selection. *Marine Ecology Progress Series* 315: 279-292.

Vilchis, L.I., Balance, L.T. and Watson, W. (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 1: Oceanographic Research Papers*, Vol 56, Issue 1, pp: 125-140.

Wade, L.S. and Friedrichsen, G.L. (1979) Recent sightings of the blue whale, *Balaenoptera musculus*,

in the northeastern tropical Pacific. *Fishery Bulletin*, 76, 915–919.

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

Weilgart, L.S. (2007). The impacts of anthropogenic ocean noise on cetaceans and implications for management. *Can. J. Zool.* 85: 1091-1116

Westberry, T.; Behrenfeld, M. J.; Siegel, D. A.; and Boss, Emmanuel, "Carbon-Based Primary Productivity Modeling With Vertically Resolved Photoacclimation" (2008). Marine Sciences Faculty Scholarship. Paper 22.
http://digitalcommons.library.umaine.edu/sms_facpub/22

Williams R, Lusseau D, Hammond PS (2006) Estimating relative energetic costs of human disturbance to killer whales (*Orcinus orca*). *Biol. Conserv.* 133:301–311

Williamson, P. and Holligan, P. (1990) Ocean productivity and climate change. *Trends in Ecology & Evolution* vol 5, issue 9: 299–303.

Wyrtki, K. (1964) Upwelling in the Costa Rica Dome. *Fishery Bulletin* 63, 355–372

Xie, S.-P., Xu, H., Kessler, W.S. and Nonaka, M. (2005) Air–Sea Interaction over the Eastern Pacific Warm Pool: Gap Winds, Thermocline Dome, and Atmospheric Convection. *J. Climate* 18: 5–20.

Yooseph, S, Sutton, G, Rusch, DB, Halpern, AL, Williamson, SJ, Remington, K, Eisen, JA,

Heidelberg, KB, Manning, G, Li, W, Jaroszewski, L, Cieplak, P, Miller, CS, Li, H, Mashiyama, ST, Joachimiak, MP, van Belle, C, Chandonia, J-M, Soergel, DA, Zhai, Y, Natarajan, K, Lee, S, Raphael, BJ, Bafna, V, Friedman, R, Brenner, SE, Godzik, A, Eisenberg, D, Dixon, JE, Taylor, SS, Strausberg, RL, Frazier, M & Venter, JC 2007, ``The Sorcerer II Global Ocean Sampling Expedition: Expanding the Universe of Protein Families. *PLoS Biol*, 5(3)



Con el apoyo financiero
de JM Kaplan Fund

Contacto

Dr. Jorge Jiménez, Director General
Fundación MarViva

jorge.jimenez@marviva.net