



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

Instituto de Ecología

Patrones globales de distribución de los mamíferos
marinos: inferencias macroecológicas e implicaciones
para la conservación

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

DOCTORA EN CIENCIAS

P R E S E N T A

SANDRA POMPA MANSILLA

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS:
Dr. Gerardo Ceballos González

COMITÉ TUTORAL:
Dr. Rodrigo Medellín Legorreta
Dr. Enrique Martínez Meyer

MÉXICO, D.F.

Mayo, 2012



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dr. Isidro Ávila Martínez
Director General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 20 de febrero de 2012, se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de **DOCTORA EN CIENCIAS** de la alumna **POMPA MANSILLA SANDRA** con número de cuenta **98537062** con la tesis titulada: **"PATRONES GLOBALES DE DISTRIBUCIÓN DE LOS MAMÍFEROS MARINOS: INFERENCIAS MACROECOLÓGICAS E IMPLICACIONES PARA LA CONSERVACIÓN"**, realizada bajo la dirección del **DR. GERARDO JORGE CEBALLOS GONZÁLEZ**:

Presidente:	DRA. LIVIA LEÓN PANIAGUA
Vocal:	DR. JORGE DE JESÚS URBÁN RAMÍREZ
Secretario:	DR. RODRIGO A. MEDELLÍN LEGORRETA
Suplente:	DR. RURIK HERMANN LIST SÁNCHEZ
Suplente	DR. HIRAM ROSALES NANDUCA

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, D.F. a 24 de abril de 2012.

M. del Coro Arizmendi

DRA. MARÍA DEL CORO ARIZMENDI ARRIAGA
COORDINADORA DEL PROGRAMA

c.c.p. Expediente de la interesada.

Agradecimientos

Institucionales

Agradezco infinitamente al **Posgrado en Ciencias Biológicas de la UNAM** por haberme brindado la oportunidad de cursar este programa de doctorado. De él he obtenido diversas herramientas que hoy me hacen una mejor investigadora, alumna y una mejor mexicana. Agradezco a todas y cada una de las personas que me ayudaron con trámites, becas, viáticos, emails, formatos, pagos, etc. Sin su ayuda definitivamente no estaría escribiendo estas palabras. Agradezco la oportunidad de haber cursado en uno de los programas de doctorado con mayor reconocimiento y excelencia a nivel nacional e internacional en una de las mejores universidades del mundo.

Agradezco también la beca otorgada siempre puntualmente por el **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT)** (número de becario 165061) del periodo semestral 2008-1 a 2012-1 sin la cual no hubiese podido obtener el grado dentro del tiempo estipulado por el Programa de Posgrado.

Finalmente agradezco a la **Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA)** por haber otorgado a través del **Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT)** (CLAVE IN226108) el apoyo a este proyecto de investigación. Sin éste, la divulgación, análisis y culminación de este trabajo no hubiera sido posible.

Al comité tutorial

Gerardo, gracias por haber aparecido en mi vida al final de la maestría y permitirme iniciar contigo este proyecto. Al inicio nunca imaginé las dimensiones de esta titánica tarea, pero gracias a tu pasión, claridad y perseverancia es que este proyecto hoy cierra un capítulo. Te agradezco cada comentario, el empuje que me diste, las desveladas, la nueva perspectiva que abriste en mi vida tanto personal como profesional, las oportunidades que me brindaste y sobretodo por incluirme en un gran grupo de trabajo. Gracias por hacer que una idea/sueño que creamos hace 4 años hoy sea una realidad tangible y un trabajo reconocido internacionalmente... ¡y esto aún no termina!

Rodrigo, gracias por ser un excelente vecino. Te agradezco el hecho de siempre haber sido la luz al final del túnel en este trabajo. Agradezco todos y cada uno de tus objetivos comentarios y aportaciones a este trabajo. Te agradezco todas las pláticas e intercambio de ideas que tuvimos, los congresos compartidos, los premios no concursados y las idas a la Antártida no culminadas. Gracias por guiarme siempre por el camino de la sensatez. Sobretodo, gracias por tu amistad.

Enrique, tu me conoces “desde la secu”, te ha tocado vivir conmigo la maestría y ahora el doctorado. Gracias por cada atinado comentario, por sacarme de mi mundo marino 3D y hacerme ver las cosas que suceden en el planeta y las repercusiones que esto tiene también en la plataforma terrestre 2D. Gracias por siempre tener un ratito para mí con los SIG, autógrafos, apoyo moral, tutorales divertidos, no tortuosos y enriquecedores. Gracias por ser un gran ejemplo como tutor, académico, persona y amigo.

Personales

A mi mamá, la Dra. Mansilla, por siempre enseñarme que cultivar el cerebro reditúa con creces, que la educación es algo que definitivamente te hace crecer y no parar de aprender. Por cultivarme siempre el amor a la naturaleza y por presentarme a su mejor amigo y confidente que ahora es el eje de mi vida: el océano. Por siempre estar ahí para echar porras y levantarme en momentos de claudicación. Por siempre impulsarme a conquistar mis retos y a hacer mis sueños realidad. Por ser ese “lugarcito de confort” cuando creía que todo estaba perdido. Por ser MI mamá.

A mi papá, el Mtro. Pompa, por darme un apellido que ahora suena a nivel internacional como el suyo. Por el ejemplo de ser un líder para muchos, por enseñarme a perseguir la perfección, las opiniones informadas, y a hacer las cosas bien. Te agradezco cada pregunta capciosa, cada palmadita en la espalda, cada meta lograda. Por ser MI papá.

A mi manita, Maurita, por ser mi media mitad, mis brazos y piernas. Por estar siempre ahí al pie del cañón conmigo sea lo que sea, pase lo que pase. Por compartir conmigo éxitos y fracasos, por tener siempre el comentario objetivo y positivo de las cosas. Por compartir mis pasiones en carne propia, por estar tan orgullosa de mi y no cansarte de decírmelo. Porque no me imagino la vida sin ti. Per ser MI manita.

A mi abuela, La Mami, porque a pesar de todos los obstáculos que se me presenten, siempre cuento contigo sin necesidad de explicaciones. Porque todos los días me enseñas que haber recibido educación no necesariamente se ve reflejado en un papelito que dice “doctor”, sino que la educación es lo que uno toma de la vida y forja la suya con esas enseñanzas. Porque desde el día uno que inicié esta tarea me dijiste, y a la fecha me dices: “no se te olvide decirme la fecha de tu examen para hacerte tu festejo”. Por ser MI Mami.

A mi Chatita, Cheche, porque qué hubiera sido este doctorado sin ti. Qué sería de mi vida sin ti. Mi complemento, mi hermanita, mi admiración, mi orgullo, mi familia. Te agradezco cada porra, cada nueva idea que decidimos emprender juntas, por ir conmigo de la mano en este camino de la conservación, por fijar metas conmigo, por ser amante de lo que hacemos, por compartir tantas pasiones conmigo. Cómo olvidar “video nights”, fiestas para llegar a ellas, horas-panga, en fin... Al infinito y más allá tu y yo siempre, MI chatita.

A mi Caballito, Fernandito, te agradezco tu locura, no podría vivir sin ella, no hubiera logrado esta tesis sin el toque cómico-mágico-musical que te caracteriza. Eres mi hermanito loquito, mi sangre y siempre fiel H.H. Aunque no seas MI Caballito, se te ama.

A Paul Ehrlich, por tu humildad, sencillez y gran capacidad de demostrar que además de formular teorías, ser un gran contador de anécdotas. Gracias por abrirme las puertas de tu casa, tu familia, de tu amistad y de tus conocimientos. Eres una de mis personas favoritas.

A Jesús “Chuck” Pacheco, por ser un gran elemento en el laboratorio y un gran elemento como amigo. Por siempre encontrar soluciones, por siempre tener la mejor disposición, por siempre buscar la sonrisa en las personas.

A todos los que formamos parte de este maravilloso grupo de trabajo, de amigos, de soñadores: Heliot, Cuauh, Camilo, Pau, Luli, Yola, Rodrigo, Lalo, Vero, Ana Laura, Rurik, José, Sandra, en fin, tantos y tantos cerebros y manos que me ayudaron con mil cosas para poder realizar esta tesis.

Al H. H. Consejo, Caballito, Feito, Patilla y Muty, por siempre estar incentivando que seamos mejores personas, mejores investigadores, mejores evolucionistas, mejores mexicanos y que vayamos por el mundo difundiendo que los mexicanos podemos sobresalir en cualquier lugar del planeta.

Al MaDeMe, Caballo, Chatita, Lucha, Rhodes, por ser las 4 patitas de mi banquito taquero ¡si me falla uno me caigo! ¿Qué sería de la generación de ciencia y conservación sin una buena tertulia?

A Adrián Padilla, por haber compartido conmigo momentos desde muy buenos hasta muy malos derivados de esta tesis.

A Bill Rossiter y la Cetacean Society International, porque definitivamente sin su apoyo moral, monetario y de amistad nunca hubiera podido hacer los análisis, estancias, congresos y tantas cosas que derivaron de este trabajo.

A Daniel Palacios y a todo el staff del Environmental Research Division (ERD) de la NOAA por su tiempo, amabilidad, disposición y por compartir sus conocimientos conmigo. Gracias por las tardes de fútbol y por prestarme sus hogares con TV para ver a México en el mundial. Gracias por una gran colaboración que estoy segura aún no termina y dará grandes frutos.

A los alumnos del laboratorio de Ecología y Conservación de Vertebrados Terrestres del Instituto de Ecología (UNAM) por su apoyo y por ser siempre tan buenos vecinos.

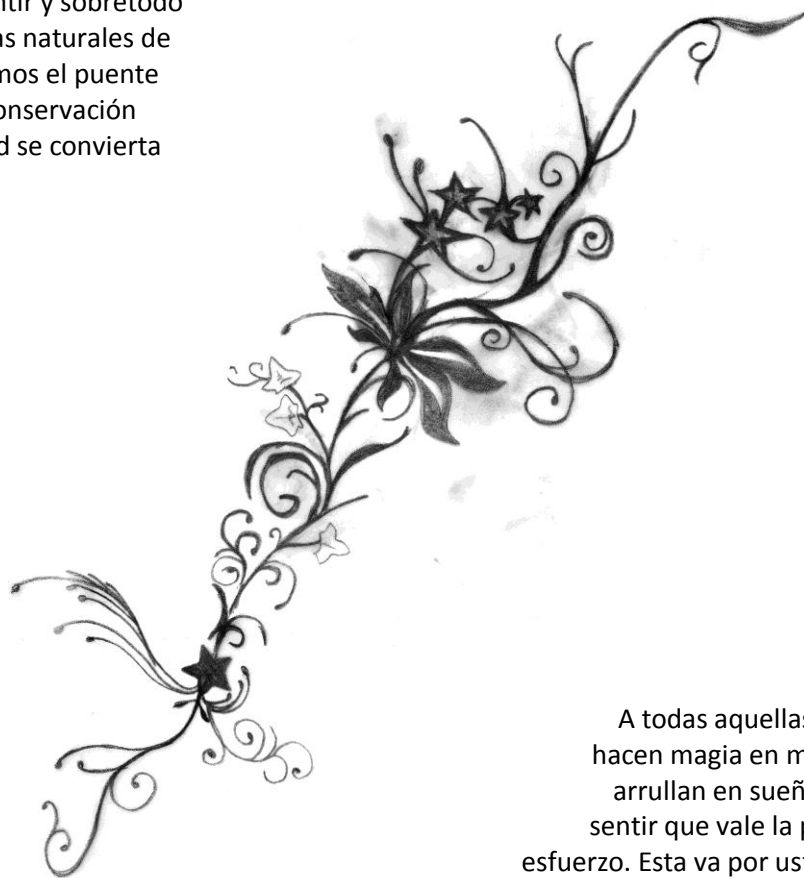
A Irma Salazar por su apoyo con los SIG y la generación de mapas. A Pablo Ortega por su valiosísima ayuda con los análisis empleando algoritmos.

A Ivo García, por simplemente aparecer en mi vida. Por escuchar durante un largo camino mi pasión por este trabajo y apoyarme incondicionalmente. Por cambiar mi vida y por unir pasiones conmigo. Por compartir este amor por lo que hacemos. Porque haremos mucho más.

Agradezco a la UNAM por haber contribuido en gran medida en mi formación tanto personal como profesional. Siempre ha sido, es y será un orgullo para mí gritar a los cuatro vientos ¡Orgullosamente hecha en C.U.! (Lozano, 2004).

Agradezco haber nacido en este país que me ha brindado paisajes, educación, familia, trabajo, y sobretodo a su gente, que demuestra día a día que a pesar de los obstáculos, podemos hacer trabajo de calidad internacional y ser reconocidos en el mundo por ello.

A todas aquellas personas que, como yo, sentimos un compromiso con la conservación de la naturaleza y buscamos que trabajos como este se vuelvan herramientas que permitan a las siguientes generaciones ver, escuchar, oler, sentir y sobretodo VIVIR las maravillas naturales de este planeta. Seamos el puente que hace que la conservación de la biodiversidad se convierta en una realidad.



A todas aquellas criaturas que hacen magia en mi vida, que me arrullan en sueños y me hacen sentir que vale la pena cualquier esfuerzo. Esta va por ustedes, quienes son la gran razón por las que algunos días me levanto madrugada: ir al mar a ver ballenas. Porque quiero que muchos tengan el privilegio de verlas como yo las he visto.

Índice

Resumen en español	.....	1
Abstract	.....	3
Introducción	.....	4
Objetivos	.....	7
Hipótesis	.....	8
Métodos	.....	9
Resultados y discusión	.....	10
Conclusiones	.....	20
Referencias	.....	21
Anexo 1	.....	26

Resumen

La actual pérdida de biodiversidad es uno de los problemas ambientales más severos, y probablemente el único con consecuencias irreversibles. A pesar de su inmenso valor, los ecosistemas marinos se deterioran rápidamente, especialmente a causa de la pérdida del hábitat, sobrexplotación, introducción de especies exóticas, contaminación (ruido incluido), acidificación y cambio climático. En gran parte, esto se debe a que el 60% de la población en el Planeta vive alrededor de 100 km de la costa y 20% de los ecosistemas adyacentes a los océanos se han visto altamente modificados. Este trabajo muestra un análisis global de los patrones de distribución de 129 mamíferos marinos, haciendo énfasis en las siguientes metas: 1) describir sus distribuciones globales, 2) evaluar los patrones de riqueza y composición de especies y 3) determinar sitios clave para la conservación, como base para comprender las necesidades de conservación globales.

Se compilaron y digitalizaron los mapas de rango geográfico de las 129 especies de mamíferos marinos y se creó una base de datos en SIG para 46,184 celdas de un grado por un grado (~10,000 km²). Posteriormente se realizó un análisis de presencia/ausencia con la finalidad de determinar el número de especies en cada celda y el número de celdas en el que cada especie fue registrada. Se crearon mapas globales de riqueza de especies, sitios irremplazables, endemismos y especies amenazadas. Los sitios prioritarios para la conservación basados en la riqueza de especies se determinaron ya sea como el 2.5% de las celdas con mayor riqueza de especies, o como sitios irremplazables, definido como las regiones que contienen especies que no están representadas en ninguna otra parte del mundo. Además, se utilizaron algoritmos de optimización con la finalidad de determinar el número de celdas requeridas para cubrir el 10%, 16%, 20% y 25% de su área de distribución y la cobertura oceánica de este porcentaje.

En términos de riqueza, el análisis geográfico global mostró que el número de especies varió entre 1 y 38 con un promedio de 17 especies a lo largo de vastas regiones oceánicas. Curiosamente, el gradiente latitudinal de riqueza de especies en mamíferos marinos contrastado con los mamíferos terrestres resultó muy diferente. Los mamíferos marinos han pasado por modificaciones anatómicas considerables durante su evolución y las características únicas del ambiente marino resultaron en varias de las respuestas fisiológicas que han sufrido, esto indudablemente se vio reflejado en consecuencias energéticas. Una de las estructuras más complejas del ambiente marino es la casi impredecible y fragmentada distribución del alimento a lo largo de una gran escala espacio-temporal, esto seguramente ha contribuido a la evolución de la energética en los mamíferos marinos, especialmente a través del efecto en la acumulación de energía y estrategias de gasto energético. La riqueza de especies en mamíferos terrestres se incrementa pronunciadamente de latitudes templadas hacia el Ecuador; en contraste, la riqueza de especies en mamíferos marinos tiene un componente más templado y norteño, exhibiendo elevadas concentraciones de especies (de hasta 24) entre los 30° N y los 40° S.

Regiones especialmente ricas en especies marinas se encontraron a lo largo de las costas de Norte y Sudamérica, África, Asia y Australia. Dichos patrones están aparentemente relacionados con corrientes oceánicas y sus dinámicas, especialmente con el flujo de nutrientes asociados a surgencias. Curiosamente, los patrones de distribución de especies en mamíferos marinos difieren notablemente entre taxa superiores.

En términos de riesgo de extinción, el 10% de todos los mamíferos marinos según IUCN, se consideran vulnerables, 11% amenazados y 3% en crítica amenaza de extinción. Las especies en

riesgo se encuentran a lo largo de todos los océanos, mas están concentrados en latitudes altas, especialmente cerca de las Islas Aleutianas y la Península de Kamchatka, donde ocurrió una severa caza de ballenas y focas en el pasado.

Para evaluar los retos en la conservación de los mamíferos marinos, se determinó el área (i.e., número de celdas) requerida para incorporar diferentes porcentajes (10%, 15%, 20% y 25%) de las áreas de distribución de todas las especies usando un algoritmo optimizador. Conservar al menos el 10% del rango de distribución de las especies requiere de 45 millones de km² (5700 celdas), equivalente a aproximadamente 12% del área total de las aguas del Planeta. Al variar los porcentajes de área de distribución a conservar (15%, 20% y 25%) de las distribuciones de los mamíferos marinos, el área para cubrir dichos objetivos varió considerablemente. Posteriormente se identificaron explícitamente sitios prioritarios para la conservación que contemplaran la totalidad de 129 especies de mamíferos marinos. Se seleccionaron estos sitios usando las celdas con mayor diversidad de especies seguido por celdas irremplazables (aquellas celdas que contienen especies que no están representadas en ninguna otra celda usando un algoritmo de optimización. Se evaluó la representatividad de todos los mamíferos marinos en el 1%, 2.5%, 5%, 7.5% y 10% del total de celdas. Se escogió el 2.5% ya que estas celdas incluyen 108 (84%) del total de las especies; aquellas que no están presentes en el 2.5% elegido son las 10 especies endémicas y las 11 con distribuciones restringidas, por lo que estaban dispersas en un área más grande. De haber seleccionado el 5% de las celdas con mayor riqueza los sitios de conservación incluirían 19 especies más, pero requerirían más de la mitad del área que implicaría conservar el 2.5%.

Se identificaron 20 sitios prioritarios para la conservación. Estos sitios prioritarios sientan las bases para la identificación de una estrategia de conservación que involucre las Áreas Marinas Protegidas que alberguen a todas las especies de mamíferos marinos, sus papeles ecológicos y algunas amenazas. Los 9 sitios prioritarios para la conservación albergan 108 especies (84% de todas las especies de mamíferos marinos), incluyendo cinco especies endémicas; se puso especial énfasis en aquellas celdas que se encontraran en zonas de alimentación, reproducción o rutas migratorias conocidas para varias especies.

Se analizó la relación entre tres impactos causados por el hombre: cambio climático, contaminación oceánica, tráfico de embarcaciones y las celdas con mayor riqueza de especies. Como era de esperarse, los tres impactos tienen una correlación significativa con la riqueza de especies. Nuestros resultados son un indicador del amplio impacto que tiene el humano y sus actividades en los ecosistemas marinos y el potencial negativo que puede tener al impactar sitios prioritarios para la conservación de mamíferos marinos. Cerca del 70% de los valores más altos para estos tres impactos están localizados dentro o cerca de uno de los sitios prioritarios para la conservación identificados en este estudio. Sumar más impactos como el esfuerzo de la pesquería comercial probablemente muestre impactos más fuertes de las actividades humanas en la conservación de los mamíferos marinos.

El futuro de los mamíferos marinos en particular, y de la biodiversidad en general dependen de las acciones que realicemos, entonces su futuro está en nuestras manos.

Abstract

We identified 20 global key conservation sites for all marine (123) and freshwater (6) mammal species based on their geographic ranges. We created geographic range maps for all 129 species and a GIS database for a 46,184 ~ 10,000-km² global geographic quadrant grid cell. Patterns of species richness, endemism, and risk were variable among all species and species groups. Interestingly, marine mammal species richness was strongly correlated with areas of human impacts across the oceans. Key conservation sites were determined either by their species richness or by their irreplaceability or uniqueness, because of the presence of endemic species, in the global geographic grid. Nine key conservation sites, comprising the 2.5% of the grid cells with the highest species richness, were found mostly in temperate latitudes, and hold 84% of marine mammal species. In addition, we identified 11 irreplaceable key conservation sites, six of which were found in freshwater bodies and five in marine regions. These key conservation sites represented critical areas of conservation value at a global level, and can serve as a first step for adopting global strategies with explicit geographic conservation targets for Marine Protected Areas.

Introducción

La actual pérdida de biodiversidad es uno de los problemas ambientales más severos, y probablemente el único con consecuencias irreversibles. Estudios recientes muestran que las actividades humanas son las causantes del incremento en las tasas de extinción tanto de poblaciones como de especies (1-3). A pesar de su inmenso valor, los ecosistemas marinos se deterioran rápidamente, especialmente a causa de la pérdida del hábitat, sobrexplotación, introducción de especies exóticas, contaminación (incluyendo ruido), acidificación y cambio climático (4, 5). En gran parte, esto se debe a que el 60% de la población humana en el Planeta vive alrededor de 100 km de la costa, y 20% de los ecosistemas adyacentes a los océanos se han visto altamente modificados (6, 7). Como resultado de estos cambios ambientales derivados de las actividades humanas, muchas especies han sufrido extinciones locales, regionales o globales (8). Los mamíferos marinos proveen algunos de los mejores ejemplos de extinción de especies por sobrexplotación. Varias especies sufrieron de una merma considerable en sus números poblacionales, al grado que al menos tres especies [la Foca Monje del Caribe (*Monachus tropicalis*), la Ballena Gris del Atlántico (*Eschrichtius robustus*) y la Vaca Marina de Steller (*Hydrodamalis gigas*)] se extinguieron producto de la caza por su piel, grasa y carne durante los siglos XVIII al XX. La extinción más reciente, causada por la severa acción humana, incluida la caza ilegal por su carne y partes de su cuerpo empleadas en medicina tradicional, es el baiji (*Lipotes vexillifer*) que habitaba el Río Yang-Tse en China; esta especie se le declaró extinta en 2008 (9).

Entender la variación geográfica en la riqueza de especies y otros patrones a gran escala puede resultar especialmente valioso en el establecimiento de prioridades globales de conservación (10-13). Estos patrones permiten evaluar qué es lo que se requiere conservar, por ejemplo, las especies vulnerables de un taxón y determinar los sitios críticos para su conservación (14-16). Dado que los patrones de distribución de riqueza de especies comúnmente no están relacionados con aquellos patrones de endemismo o riesgo de extinción, acciones de conservación que minimicen la extinción global de las especies involucran, necesariamente, una evaluación de los patrones de riqueza, endemismo y amenaza (17, 18). Los patrones de distribución han sido descritos para varios grupos de vertebrados [aves, anfibios, peces, y mamíferos terrestres (19-22)], más un análisis a escala global de este tipo aún no se desarrolla para mamíferos marinos/acuáticos (23).

Este trabajo muestra un análisis global de los patrones de distribución de 129 especies de mamíferos marinos, haciendo énfasis en las siguientes metas:

- 1) Describir sus distribuciones globales
- 2) Evaluar los patrones de riqueza y composición de especies y
- 3) Determinar sitios clave para la conservación, como base para comprender las necesidades de conservación globales.

Se creó una base de datos con la distribución geográfica de 129 especies de pinnípedos, cetáceos, sirenios, dos especies de nutrias y el oso polar (24). Seguimos el trabajo de Reeves *et al.* (24) y de Wilson y Reeder (25) para el arreglo taxonómico básico (Anexo 1). Es importante mencionar que la taxonomía de los mamíferos marinos es aún confusa. Los océanos son el último lugar en el Planeta donde quedan aún grandes y “carismáticas” especies por ser descritas. Por ejemplo, en los últimos 20 años se han descrito el *Mesoplodon perrini* (un zifio de 4 metros) (26) y *Orcaella heinsohni* (el delfín de aleta chata australiano) (27). La posición taxonómica de otras especies es controversial y probablemente cambie en el futuro, cuando exista más información acerca de ellas. Estudios recientes sugieren que pueden existir varias especies de orcas (28, 29), rorcuales de Bryde (30) y ballenas azules (31, 32). La taxonomía de los delfines también es compleja, como ejemplo, el Tucuxi amazónico (*Sotalia fluviatilis*) es considerado por varios como dos especies (33, 34). Claramente, conforme el conocimiento taxonómico aumente, se esperan cambios en los patrones generales de distribución descritos aquí. En este trabajo se definió a las especies endémicas como aquellas cuya distribución está limitada a la jurisdicción de un solo país (endemismo político) y en el *status* de conservación de las especies se siguió el definido por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [UICN, (35)] (Apéndice 1).

La falta de conocimientos acerca de la distribución real de muchas de las especies impide hacer análisis más sofisticados, como los de modelado del hábitat, con la finalidad de predecir áreas de distribución de la mayoría de las especies a gran escala (36, 37). Cualquier consideración comprensible en la distribución de los cetáceos se ve mermada por el esfuerzo de avistamiento: los mapas de distribución deben entonces ser interpretados con precaución. A la fecha, se han empleado varias técnicas de estadística descriptiva para explorar las relaciones hábitat-cetáceos para ciertas especies en ciertas áreas. Menos estudios aún examinan patrones de riqueza de especies y distribuciones usando técnicas de modelado estadísticamente intensivo. El desarrollo de modelos que ponen a prueba hipótesis específicas acerca de los procesos ecológicos que determinan los patrones de distribución de cetáceos apenas comienzan a dar frutos (38). La planeación espacial marina (o marine spatial planning por sus siglas en inglés, MSP) es claramente un paso adelante, particularmente en los mares del Norte (o *high seas*), donde el monitoreo no-espacial es difícil, y donde los “huecos” en el conocimiento obstruyen el enfoque de manejo convencional (39).

Con la finalidad de homogenizar los datos acerca de las distribuciones de las especies, en este trabajo se empleó una sola fuente de datos (24). A pesar de las limitaciones en el conocimiento, es imperativo evaluar la implementación de medidas de conservación de manera que se compensen las incertidumbres. Los modelos espaciales incorporan información ambiental para generar una predicción espacial con densidad relativa basada en las preferencias de hábitats definidos por la combinación de covariables ambientales. Las áreas identificadas para ser probables Áreas Marinas Protegidas (AMP) proveen la mejor descripción de distribución que se tiene al ser derivados de las características importantes del hábitat (40). La conservación de mamíferos terrestres enfrenta

**Patrones globales de distribución de los mamíferos marinos:
inferencias macroecológicas e implicaciones para la conservación**
Sandra Pompa Mansilla

incertidumbres parecidas (41, 42), pero se ha progresado significativamente en la identificación de sitios críticos para la conservación para la riqueza de especies, endemismo y especies amenazadas, usando datos muy similares a los empleados en este estudio. Tal conocimiento ha contribuido en la protección de varias especies (2, 15-18).

Objetivo general

Evaluar los patrones globales de distribución de los mamíferos marinos, su correlación con variables oceanográficas y las implicaciones en su conservación.

Objetivos particulares

- Evaluar los patrones globales de distribución de los mamíferos marinos y las implicaciones en su conservación.
- Describir y contrastar los patrones de distribución en diferentes niveles taxonómicos de los mamíferos marinos a nivel global.
- Elaborar un mapa con las zonas prioritarias para la conservación de mamíferos marinos a escala mundial

Hipótesis

Congruencias en la distribución

- La congruencia de las áreas con alta diversidad de especies con las áreas de alta endemividad se espera que sea baja ya que las especies endémicas tienen distribuciones generalmente restringidas a un hábitat y dieta específicos, por lo que no necesariamente están asociadas a zonas de alta productividad.
- La congruencia de las áreas de baja diversidad con las áreas de alta endemividad será alta ya que estas especies se han adaptado y han evolucionado hasta distribuirse en hábitats restringidos con las características esenciales para su supervivencia.

Patrones de distribución

- Los patrones de distribución de los mamíferos marinos serán contrastantes con los patrones de distribución de los mamíferos terrestres debido a que en este último grupo, la mayor riqueza de especies se incrementa con el decremento de la latitud; por el contrario, en los mamíferos marinos, las regiones a baja latitudes (tropicales) son de baja productividad primaria.
- Los patrones de distribución entre diferentes grupos de mamíferos marinos será contrastante debido a las diferencias en las dietas y a la disposición tanto espacial como temporal del alimento.

Relaciones entre factores ambientales y los patrones de distribución

- Se espera una coincidencia alta entre zonas de alta diversidad y zonas de alta productividad primaria debido a que la mayoría de las especies se distribuyen cerca de la plataforma continental y es en estas zonas donde, debido a la circulación ciclónica y anticiclónica de los océanos en los hemisferios norte y sur respectivamente, se crean las surgencias y consecuentemente las mayores concentraciones de productividad primaria.

Métodos

Se compilaron y digitalizaron los mapas de rango geográfico de las 129 especies de mamíferos marinos (124) y se elaboró una base de datos en SIG para 46,184 celdas de un grado por un grado (~10,000 km²). Posteriormente se realizó un análisis de presencia/ausencia para determinar el número de especies por celda y el número de celdas en el que cada especie fue registrada. Se crearon mapas globales de riqueza de especies, sitios irremplazables, endemismos y especies amenazadas. Los sitios prioritarios para la conservación basados en la riqueza de especies se determinaron ya sea como el 2.5% de las celdas con mayor riqueza de especies, o como sitios irremplazables, definido como las regiones que contienen especies que no están representadas en ninguna otra parte del mundo (17, 18). Además, se utilizaron los algoritmos de optimización ResNet (66) y Marxan (67, 69) con la finalidad de determinar el número de celdas requeridas para cubrir el 10%, 16%, 20% y 25% del área de distribución y la cobertura oceánica de este porcentaje.

Marxan es un software que brinda poder de decisión en el diseño de sistemas de reservas y se enfocan en resolver un problema de diseño particular, donde el objetivo es alcanzar una representación de las características de biodiversidad al menor costo posible. Aunque existan datos limitados en el conocimiento de las especies, hábitats y características relevantes de biodiversidad, el objetivo de Marxan apunta a identificar un sistema de reservas (combinación de unidades de manejo) que converja con otros objetivos de conservación de la biodiversidad por un costo mínimo. En este caso en particular, Marxan seleccionó unidades de manejo (celdas) que cumplieran con la conservación del 10%, 15%, 20% y 25% del área geográfica de distribución de las 129 especies. A cada celda se le asignó un valor dependiendo del objetivo (ej. área, número de especies, estado de conservación) y Marxan minimizó la selección de celdas que combinaban sitios prioritarios para la conservación junto con la selección de celdas de alto valor que fueran necesarias para cumplir con el objetivo de representatividad de las 129 especies. Este costo es una medida ante cualquier característica de las unidades de planeación (25, 68, 70), en este caso el costo resultó de la suma de la riqueza de especies más aquellas celdas a las que se les asignó un mayor peso (rutas migratorias y zonas de alimentación o reproducción). Se prefirió que Marxan creara una red de reservas adyacentes en vez de unidades no conectadas, ya que esta última opción sería ecológicamente menos viable y más complicada de manejar. Posteriormente, Marxan identificó un grupo de celdas cada vez que se corría el análisis (por cada 100 corridas generó 100 conjuntos de celdas diferentes) (67). Las celdas que aparecían en cada red de reservas fueron consideradas como irremplazables ya que siempre se necesitarían para cumplir con los objetivos de conservación, mientras que otras celdas podrían intercambiarse con celdas similares y aun así cumplir con el objetivo. Así es como se generó la Figura 5.

Resultados y discusión

Los mamíferos marinos son un grupo polifilético que alberga 129 especies agrupadas en tres órdenes: Cetacea, Sirenia y Carnivora. El mamífero marino más pequeño es la nutria marina (1.15 m, 4.5 kg) y el más grande es la ballena azul (30 m, 190 t). Los mamíferos marinos muestran distribuciones muy heterogéneas y complejas habitando todos los océanos del mundo, también se les encuentra en lagos y ríos de agua dulce/salobre. En promedio, el área de distribución de los mamíferos marinos es de 52 millones de km² (Figura 1A). Las especies con la más amplia distribución, excediendo los 350 millones de km² fueron el rorcual o ballena de Bryde (*Balaenoptera edeni*) y la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*), ambas son ballenas barbadas (o misticetos). La especie marina con el hábitat más restringido fue la vaquita (43) (*Phocoena sinus*), una marsopa endémica que se distribuye en un área de 4000 km² en la porción norte del Golfo de California en México. La mayoría de las especies con distribuciones muy restringidas, como la foca del Baikal (*Pusa sibirica*) fueron especies de agua dulce o endémicas a lagos o ríos. Éstas probablemente tengan distribuciones ancestrales o remanentes de distribuciones más amplias en un pasado geológico (24). Tanto las especies endémicas como de distribuciones restringidas tuvieron elevada prioridad en planes de conservación debido a su alta vulnerabilidad a impactos antropogénicos.

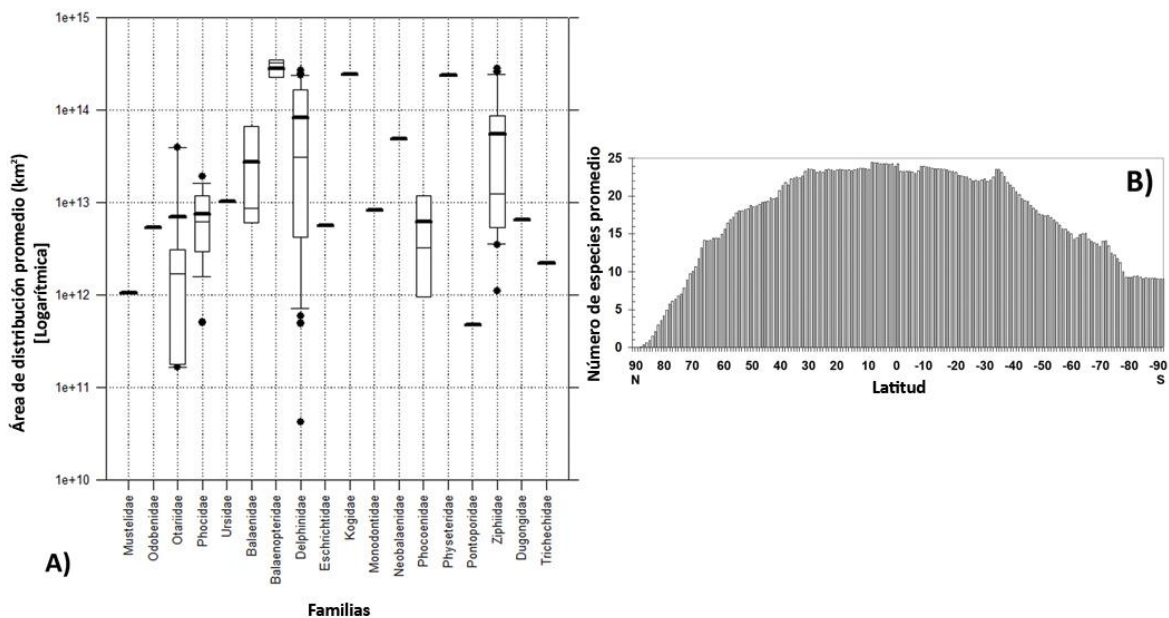


Figura 1. Distribución geográfica de los mamíferos marinos del mundo. A) Gráfica de cajas con bigotes con los estimados del rango geográfico por familia. La línea horizontal gruesa representa el promedio por familia; la línea delgada dentro de la caja es la mediana del rango; los límites superior e inferior de la caja son el primer (inferior) y el tercer (superior) cuartiles del rango de la familia; las barras que derivan de la caja representan el máximo (superior) y el mínimo (inferior) valor del rango; los puntos negros son las especies que quedaron fuera del rango. B) Patrones latitudinales de concentración de riqueza de especies en los mamíferos marinos. Al igual que en los mamíferos terrestres, la riqueza de especies es mayor a medida que decrece la latitud, pero en mamíferos marinos el número de especies es relativamente similar entre los 30° N y 40° S, diferente a la distribución de los mamíferos terrestres.

En términos de riqueza, el análisis de las 46,184 celdas de $\sim 10,000 \text{ km}^2$ que conformaron el análisis geográfico global mostró que el número de especies varió entre 1 y 38 con un promedio de 17 especies a lo largo de vastas regiones oceánicas (Figura 1B).

El gradiente latitudinal de riqueza de especies en mamíferos marinos contrastado con el de mamíferos terrestres resultó muy diferente; esto puede explicarse desde la perspectiva de que los mamíferos marinos han pasado por modificaciones anatómicas considerables durante su evolución y las características únicas del ambiente marino resultaron en varias de las respuestas fisiológicas que han sufrido, esto indudablemente se vio reflejado en consecuencias energéticas. Una de las estructuras más complejas del ambiente marino es la casi impredecible y fragmentada distribución del alimento a lo largo de una gran escala espacio-temporal, esto seguramente ha contribuido a la evolución de la energética en los mamíferos marinos, especialmente a través del efecto en la acumulación de energía y estrategias de gasto energético. La riqueza de especies en mamíferos terrestres se incrementa pronunciadamente de latitudes templadas hacia el Ecuador; en contraste, la riqueza de especies en mamíferos marinos tiene un componente más templado y norteño, exhibiendo elevadas concentraciones de especies (de hasta 24 especies) entre los 30° N y los 40° S (Figura 1B, 2A). Otros factores que contribuyen a este patrón serán evaluados, sin embargo, los patrones de riqueza mostrados en este estudio son consistentes con enfoques de distribución de mamíferos marinos (36, 37, 50).

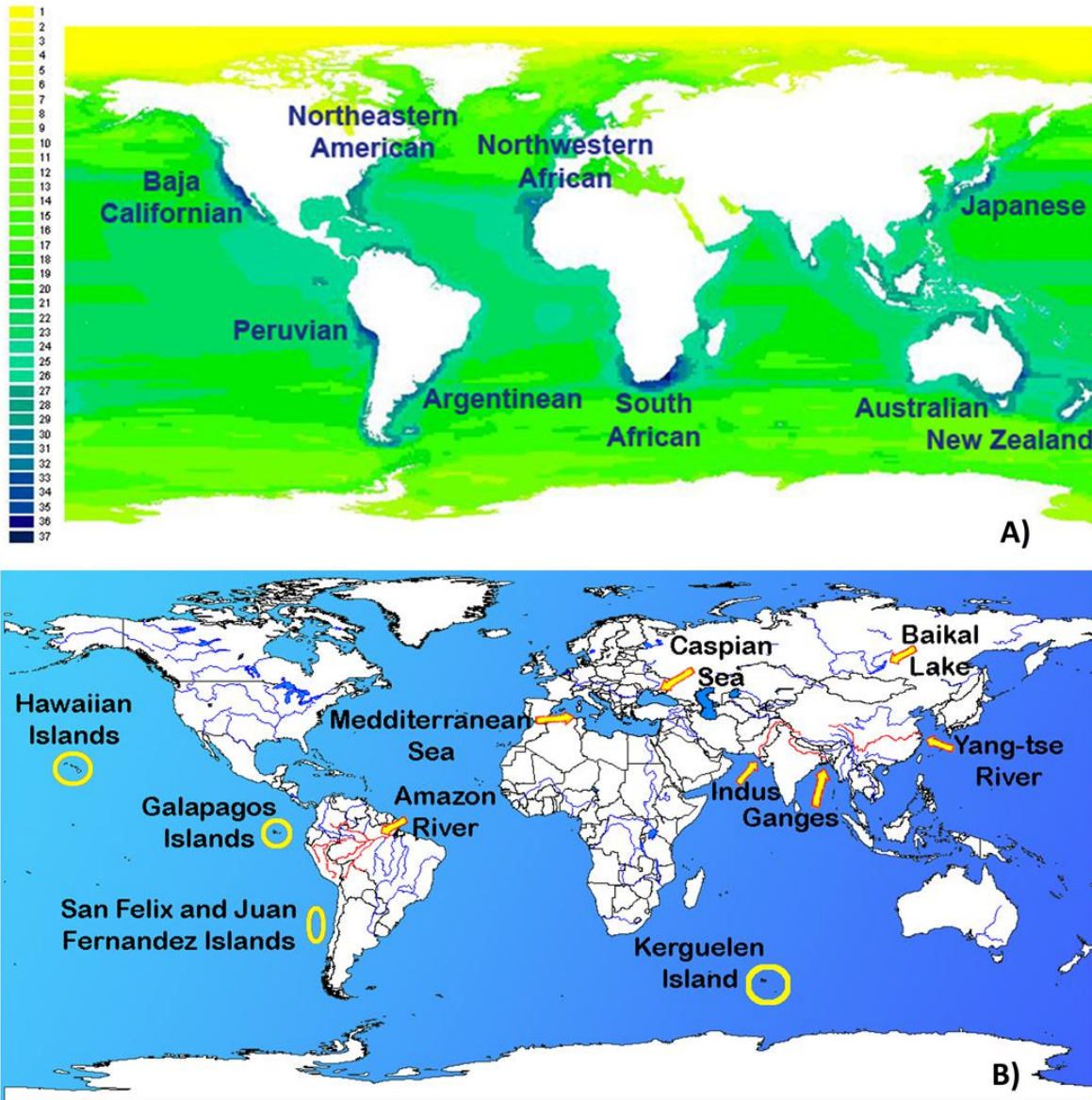


Figura 2. Patrones de distribución geográfica y sitios prioritarios para la conservación para mamíferos marinos. A) La distribución de la riqueza de especies es muy heterogénea. Las celdas de 10,000 km² más diversas contienen 37 especies (columna de la izquierda). El mapa muestra los 9 sitios prioritarios para la conservación seleccionados como el 2.5% de las celdas con mayor diversidad. B) Sitios irremplazables para la conservación, seleccionados con el fin de tener a las 129 especies de mamíferos marinos representadas en un esquema de conservación.

Regiones especialmente ricas en especies marinas (Figura 2A) se encontraron a lo largo de las costas de Norte y Sudamérica, África, Asia y Australia. Dichos patrones parecen estar relacionados con corrientes oceánicas y sus dinámicas, especialmente con el flujo de nutrientes asociados a surgencias. Por ejemplo, a lo largo de la costa Pacífica del Continente Americano, la concentración de la riqueza de especies se localizó a lo largo de las costas de California, Baja California y Perú, donde grandes sistemas de surgencias mantienen comunidades pesqueras muy productivas (43).

Los patrones de distribución de las especies en mamíferos marinos difirieron notablemente entre taxa superiores (Figura 3A-C). La riqueza en los pinnípedos (lobos y leones marinos) está concentrada en los polos, especialmente cerca de la Antártida, mientras que los mysticetos (ballenas barbadas) mostraron una mayor concentración de especies a los 30° de latitud Sur; los odontocetos (ballenas dentadas) se concentran cerca de las costas tropicales. También hubo variación en la distribución a nivel de familia entre órdenes; por ejemplo, las dos familias de sirenios tienen distribuciones contrastantes, los Trichechidae (manatíes) se encuentran exclusivamente en el Norte y Sur del Atlántico mientras que los Dugongidae están restringidos al Pacífico Norte o el Indopacífico.

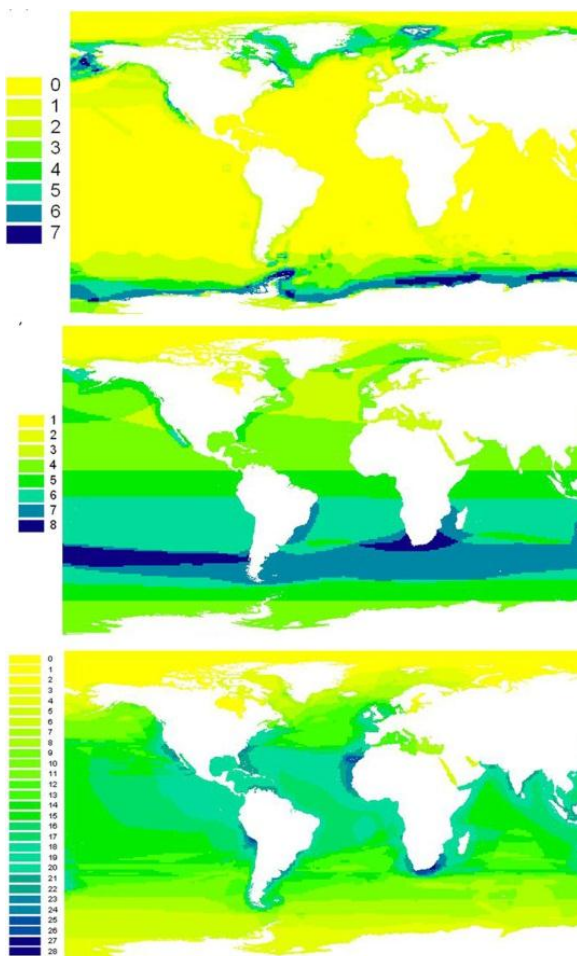


Figura 3. Patrones de distribución geográfica en diferentes órdenes de mamíferos marinos. A) Pinípedos (ej. Leones marinos). B) Mysticetos (ej. Ballena azul). C) Odontocetos (ej. Delfines). Nótese los patrones contrastantes y la alta riqueza de especies en los odontocetos. La columna de la izquierda indica el número de especies presente en cada celda.

El endemismo político, que considera a las especies que habitan las aguas de un solo país [lo que incrementa su vulnerabilidad (2)], incluyó 7 especies, la foca del Baikal (*Pusa sibirica*), el lobo marino de Australia (*Neophoca cinerea*), el lobo fino de las Galápagos (*Arctocephalus galapagoensis*), el lobo marino de las Galápagos (*Zalophus wollebaeki*), el delfín de Nueva Zelanda (*Cephalorhynchus hectori*), la foca monje Hawaiiana (*Monachus schauinslandi*), y la Vaquita

(*Phocoena sinus*) (44). Se documentaron siete especies con áreas de distribución restringida, [ej. león marino de Nueva Zelanda (*Phocarctos hookeri*) y el delfín de alca chata de Australia (*Orcaella heinsohni*)]. En términos de riesgo de extinción, el 10% de los mamíferos marinos están considerados por la UICN como vulnerables, 11% amenazados y 3% en amenaza crítica de extinción (35, Anexo 1). Las especies en riesgo se localizaron a lo largo de todos los océanos, mas están concentrados principalmente en latitudes altas, especialmente cerca de las Islas Aleutianas y la Península de Kamchatka, donde en el pasado ocurrió una severa caza de ballenas (Figura 4).

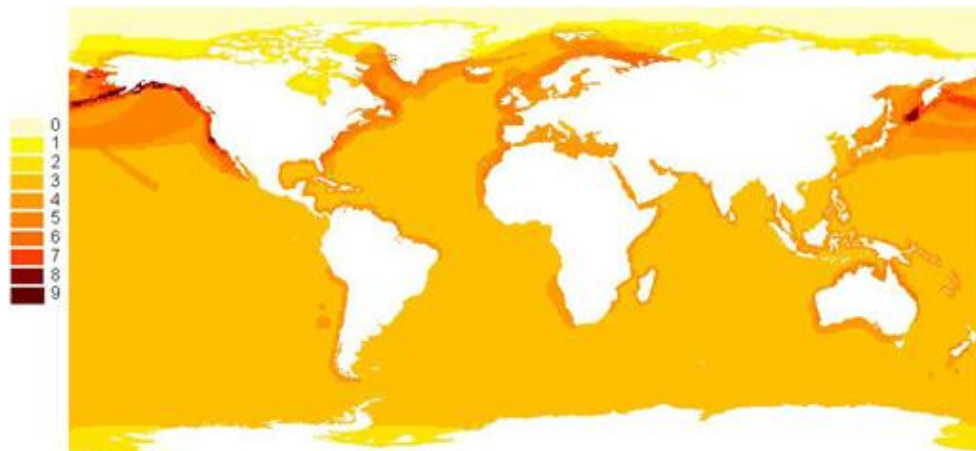


Figura 4. Patrones de distribución geográfica de mamíferos marinos bajo las categorías de conservación de UICN (35) identificadas como vulnerable, amenazada y críticamente amenazada. La columna de la izquierda indica el número de especies presente en cada celda.

Para evaluar los retos en la conservación de los mamíferos marinos, determinamos el área (i.e., número de celdas) requerida para incorporar diferentes porcentajes (10%, 15%, 20% y 25%) de las áreas de distribución de todas las especies usando el algoritmo optimizador Marxan. Conservar al menos el 10% del rango de distribución de las especies requiere 45 millones de km² (5700 celdas), equivalente a aproximadamente el 12% del área total de las aguas del Planeta. El objetivo de conservar al menos el 10% se empleó para poder comparar este estudio con trabajos previos enfocados en la conservación de mamíferos terrestres (15, 45), además de ser uno de los objetivos sugeridos por la Convención de Biodiversidad (47). Esta Convención ha propuesto la creación de redes de áreas protegidas que, junto con otros componentes de sustentabilidad en la conservación (39). Al variar los porcentajes de área de distribución a conservar (15%, 20% y 25%) de los mamíferos marinos, el área para cubrir dichos objetivos varió considerablemente (Figura 5). Claramente, la protección de objetivos más ambiciosos incorpora por necesidad otros mecanismos de conservación además de las Áreas Marinas Protegidas (48, 49).

Se identificaron, de manera geográficamente explícita, sitios prioritarios para la conservación que contemplaran las 129 especies de mamíferos marinos. Se seleccionaron estos sitios usando las celdas con mayor diversidad de especies seguido por celdas irremplazables (aquellas celdas que

contienen especies que no están representadas en ninguna otra celda usando un algoritmo de optimización (Marxan). Evaluamos la representatividad de todos los mamíferos marinos en el 1%, 2.5%, 5%, 7.5% y 10% del total de celdas (Tabla 1).

Tabla 1. Variación en el número de celdas y el área cubierta con los diferentes objetivos de selección de sitios de riqueza de especies para su conservación. Nótese que el incremento en el área y número de celdas es de aproximadamente entre 40 y 60%.

%	# de celdas	Extensión (km²)	Total de riqueza de especies
1	462	4,620,000	91 (71%)
2.5	1155	11,550,000	108 (84%)
5	2309	23,090,000	127 (98%)
7.5	3464	38,104,000	129 (100%)

Se escogió el 2.5% ya que estas celdas incluyen 108 (84%) del total de las especies; aquellas que no están presentes en el 2.5% elegido son las 10 especies endémicas y las 11 con distribuciones restringidas, por lo que estaban dispersas en un área más grande. De haber seleccionado el 5% de las celdas con mayor riqueza los sitios de conservación incluirían 19 especies más, pero requerirían más de la mitad del área que implicaría conservar el 2.5%. Se utilizó Marxan para seleccionar de manera efectiva las celdas que contienen las especies faltantes, buscando optimizar el área requerida para tener a todos los mamíferos marinos representados en una red de sitios prioritarios para la conservación. El porcentaje de 2.5% se ha empleado en estudios con mamíferos terrestres por lo que la selección de este valor permite comparar temas de conservación marina y terrestre (17, 18).

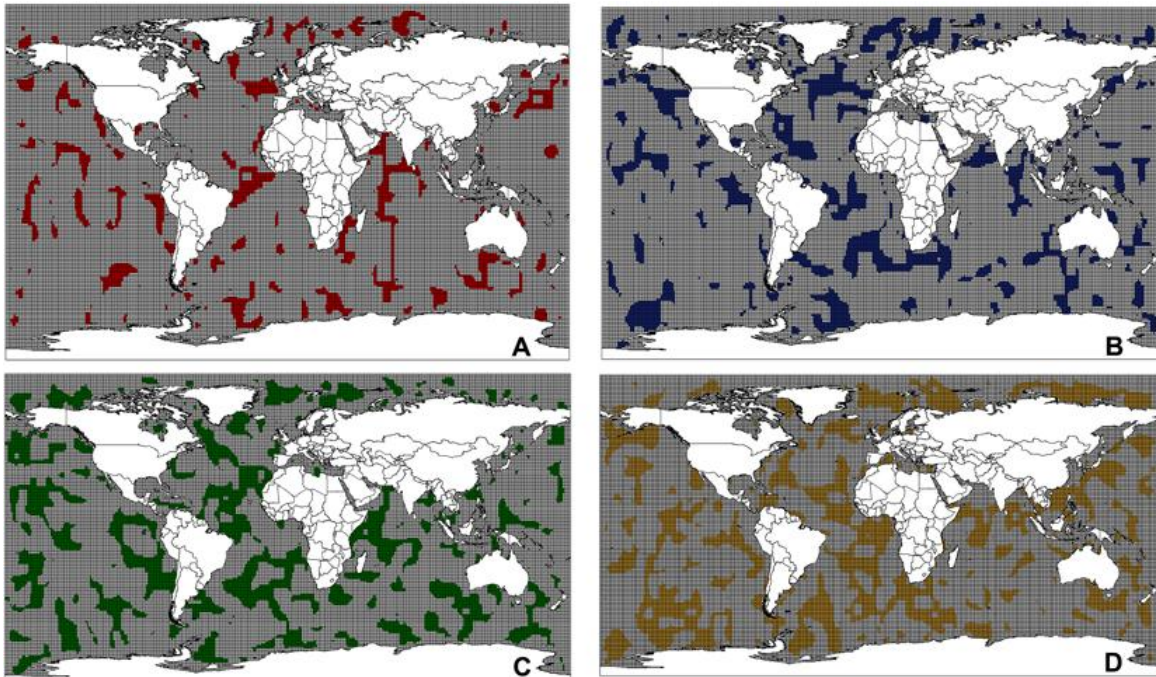


Figura 5. Objetivos de conservación de a) 10%, B) 15%, C) 20% y D) 25% de las distribuciones de las 129 especies de mamíferos marinos usando el algoritmo Marxan para optimizar el número de celdas necesarias y su distribución espacial.

Se identificaron 20 sitios prioritarios para la conservación (Figura 2A-B). Estos sitios sientan las bases para la identificación de una estrategia de conservación que involucre las Áreas Marinas Protegidas que alberguen a todas las especies de mamíferos marinos, sus papeles ecológicos y algunas de sus amenazas (39, 49). Los 9 sitios prioritarios para la conservación elegidos por la riqueza de especies que contienen son: Baja Californian, Northeastern American, Peruvian, Argentinean, Northwestern African, South African, Japanese, Australian, and New Zealand. Estos sitios albergan 108 especies (84% de todas las especies de mamíferos marinos), incluyendo cinco especies endémicas (Figura 2). Están localizadas en las aguas de todos los continentes excepto Europa y se distribuyen en su mayoría en latitudes templadas; sólo el sitio Peruvian está localizado dentro de latitudes tropicales. Estos 9 sitios de riqueza de especies se localizan en siete regiones oceánicas (24), excepto las regiones polares, e incluyen 11 (25%) de las 44 ecoregiones marinas (25). No es de sorprender que estos sitios estén localizados en zonas de surgencia (donde se mezclan corrientes de agua cálidas y templadas). Se considera que estas circunstancias oceanográficas favorecen zonas de elevada productividad primaria, que a su vez representan áreas de alimentación para los mamíferos marinos (50). Como era de esperarse, las áreas de concentración de órdenes específicos varió significativamente en el espacio (Figura 3A-C) Los 11 sitios de conservación que resultaron irremplazables debido a la presencia de especies endémicas, fueron las Islas de Hawaii, las islas Galápagos, el Río Amazonas, las Islas San Félix y Juan Fernández, el Mar Mediterráneo, el Mar Caspio, el Lago Baikal, el Río Yang-Tse, el Indo, el

Ganges y las Islas Kerguelen (Figura 2B). Estos sitios contienen especies únicas como el lobo fino de las Galápagos (*A. galapagoensis*) y la foca monje del Mediterráneo (*M. monachus*). Seis de los 11 sitios irremplazables se localizan en continente (ríos y lagos) y cinco fueron marinos.

Se entiende que no todas las celdas en nuestro estudio tienen el mismo valor para la conservación, dejando de lado la riqueza o el endemismo (51, 52). En mamíferos marinos, las zonas de reproducción y alimentación, así como rutas migratorias requieren de atención especial en la conservación. Así, para identificar los sitios prioritarios para la conservación, se puso énfasis en la optimización realizada con Marxan a aquellas celdas que se encontraran en zonas de alimentación, reproducción o rutas migratorias conocidas para varias especies. Por ejemplo, para las ballenas jorobadas y francas, las zonas de reproducción están bien identificadas y están relativamente concentradas. Esto también es cierto para toda o parte de la ruta migratoria de algunas poblaciones; para muchas especies esta información se desconoce y representa una limitante en este tipo de análisis. Darle mayor peso a estas zonas dentro de un plan de conservación es importante dada la vagilidad de las especies.

Se analizó la relación entre tres impactos causados por el hombre: cambio climático, contaminación oceánica, tráfico de embarcaciones (53) y las celdas con mayor riqueza de especies usando una correlación de Spearman. Los tres impactos tuvieron una correlación significativa con la riqueza de especies ($r_s=0.693$, $n=46164$, $p<0.01$ para cambio climático; $r_s=0.666$, $n=46164$, $p<0.01$ para contaminación; y $r_s=0.678$, $n=46164$, $p<0.01$ para tráfico de embarcaciones). Estos resultados son un indicador del amplio impacto antropogénico que se genera sobre los ecosistemas marinos y el potencial negativo que puede tener al impactar sitios prioritarios para la conservación de mamíferos marinos. Cerca del 70% de los valores más altos para estos tres impactos están localizados dentro o cerca de uno de los sitios prioritarios para la conservación identificados en este estudio. Sumar más impactos como el esfuerzo de la pesquería comercial probablemente muestre impactos más fuertes de las actividades humanas en la conservación de los mamíferos marinos.

Las áreas que se sobreponen entre pesquerías y grupos de mamíferos marinos se concentraron en el hemisferio Norte y aparentemente ocurren esencialmente entre pinnípedos y pesquerías. La sobreposición entre delfines y pesquerías es de menor impacto debido quizás al bajo consumo de alimento por parte de los delfines y también se centró en el hemisferio Norte. La sobreposición más baja ocurrió entre las pesquerías y los zifios de buceo profundo, cuyas dietas consisten principalmente de especies de grandes calamares y peces mesopelágicos, especies que en la actualidad no son explotadas por las pesquerías (54).

Los nueve sitios prioritarios para la conservación identificados por su riqueza de especies se localizaron en la delgada línea costera de cuatro continentes. Los sitios de riqueza Peruvian y Japanese se localizaron dentro de las zonas del noroeste y sudeste del pacífico respectivamente,

las dos zonas con mayor esfuerzo pesquero en el mundo con las tasas de captura más altas (55). El sitio prioritario para la conservación Australian, que fue el que mayor riqueza específica presentó, se encuentra en el este del Océano Índico y en la zona sudoeste del Pacífico, listados como sexto y dieciochoavo respectivamente en tasas de captura (55). El sitio Japanese se localiza dentro de las áreas chinas (país con mayor esfuerzo pesquero en el mundo), donde diez y siete millones de toneladas se pescan anualmente y donde se encuentran al menos 30 especies de mamíferos marinos. Además, cinco de los sitios prioritarios para la conservación se sobrepusieron con áreas donde existe una alta incidencia de pesca incidental (53).

Varias especies y poblaciones marinas (ballena Franca del Atlántico Norte – *Eubalaena glacialis*-la ballena de Sei – *Balaenoptera borealis*) están al borde de la extinción debido a la sobreexplotación, contaminación, pesca incidental y merma de las poblaciones de sus especies presa (56, 58, 59, 24, 25) y su supervivencia a largo plazo depende de un manejo correcto de los factores causales de este declive. El baiji, que alguna vez tuvo presencia en el Yang-Tze en China, es un alarmante ejemplo de la difícil situación del impacto de las actividades humanas en las poblaciones de mamíferos marinos (9). El siguiente candidato a extinguirse de no haber una estrategia de manejo y conservación sólida es la vaquita mexicana (*P. sinus*). Endémica al Golfo de Baja California, esta especie muestra un marcado decremento poblacional en las últimas dos décadas, se ha documentado que una quinta parte de su población muere en redes de arrastre cada año y la población se estima en 150 ~ 300 individuos (57). Más de 650, 000 mamíferos marinos mueren por enmallamientos de pesca cada año (60), volviendo a la pesca incidental la principal causa de mortalidad en pequeños cetáceos lo cual es particularmente perjudicial para varias especies que se encuentran al borde de la extinción. Las estrategias de conservación también deben tomar en cuenta los posibles impactos de la actividad humana como son los efectos del cambio climático (61, 62) en la distribución de estos mamíferos, su repercusión en el establecimiento de sistemas de corredores conectivos entre las Áreas Protegidas (61) y sus planes de manejo.

Al utilizar un algoritmo de optimización que seleccione el área mínima de las reservas, el costo de oportunidad en la conservación debería ser generalmente bajo, pero esto dependerá de la distribución de otras actividades económicas potenciales (63). Por ejemplo, la evaluación del valor de las pesquerías podría promover un primer acercamiento al cálculo de dichos costos. Dados los patrones de distribución de los mamíferos marinos el incremento en la presión de actividades humanas en los océanos, y la amenaza de cambio climático, hace que su esfuerzo de conservación se vea dentro de un panorama desalentador. Salvar una o dos poblaciones de algunas especies no será suficiente (2) ya que una de las grandes pérdidas sería el papel que juegan estos carismáticos mamíferos en la dinámica ecológica de los ecosistemas marinos y de agua dulce y la provisión de servicios ecosistémicos que nos brindan. Muchos científicos han hecho énfasis en diversos foros, especialmente cuando se trata de la casa ballenera (64), de que la complejidad y la escala del problema requiere de un esfuerzo internacional sin precedentes sumado al desarrollo de nuevas

actitudes institucionales (65). Los objetivos principales del criterio de selección (para AMPs) son: la identificación de zonas donde puedan establecerse AMPs potenciales para especies vágiles y especies pelágicas de temporalidad variable, incluyendo áreas con alta densidad, zonas de alimentación o reproducción y rutas migratorias, además de proveer un enfoque sistemático y transparente en la selección de estos sitios y que ayude a determinar las acciones (39).

La incertidumbre será siempre un factor limitante en la investigación de organismos pelágicos y su ambiente. Datos empíricos apuntan alarmantes decrementos y cambios en sistemas marinos, mientras que la investigación continua aportando técnicas para incorporar y enfrentar esta incertidumbre. El reto está en producir investigación justificable con base en la evidencia que aborde la crisis actual de conservación (56). El futuro de los mamíferos marinos en particular, y de la biodiversidad en general dependen de las acciones que realicemos, por lo que su futuro está en nuestras manos.

Conclusiones

- La riqueza de especies en mamíferos marinos tiene un componente templado y norteño, exhibiendo elevadas concentraciones de especies (de hasta 24 especies por celda de 1°x1°) entre los 30° N y los 40° S.
- Los patrones de riqueza parecen estar relacionados con corrientes oceánicas y sus dinámicas, especialmente con el flujo de nutrientes asociados a surgencias.
- Conservar al menos el 10% del rango de distribución de las 129 especies contempladas en este análisis requiere 45 millones de km² (5700 celdas), equivalente a aproximadamente el 12% del área total de las aguas del Planeta.
- Se identificaron 7 especies bajo endemidad política y 7 con distribuciones restringidas.
- Se identificaron 20 sitios prioritarios para la conservación, 9 por la riqueza de especies que convergen en esos sitios y 11 endemismos/especies con distribuciones restringidas.
- Los nueve sitios prioritarios para la conservación identificados por su riqueza de especies se localizaron en la delgada línea franja costera de 100 km de los cuatro continentes, donde habita el 60% de la población humana.
- El 70% de los valores analizados para los impactos de cambio climático, contaminación oceánica y el tráfico de embarcaciones están localizados dentro o cerca de uno de los sitios prioritarios para la conservación identificados en este estudio.
- 23% de los mamíferos marinos están considerados por la UICN bajo alguna categoría de riesgo, se localizaron a lo largo de todos los océanos y están concentrados principalmente en latitudes altas.

Referencias

1. Ehrlich, P. R. y Ehrlich A. (1981) *Extinction: The Causes and Consequences of the Disappearance of Species*. Random House Inc., New York.
2. Ceballos, G y Ehrlich P. R. (2002) Mammal Population Losses and the Extinction Crisis. *Science* **296**: 904 - 907.
3. Myers, N. *et al.* (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* **403**: 853-858.
4. Worm, B. *et al.* (2005) Global patterns of predator diversity in the open oceans. *Science* **309**: 1365 - 1369.
5. Worm, B. *et al.* (2006) Impacts of Biodiversity Loss on Ocean Ecosystem Services. *Science* **314**: 787 - 790.
6. Burke, L. *et al.* (2000) *Pilot Assessment of Global Ecosystems: Coastal Ecosystems*. World Resources Institute, Washington D.C.
7. Steadman, D. W. (2006) *Extinction and biogeography of tropical Pacific birds*. University of Chicago Press, Chicago.
8. Dulvy, N., Sadovy y Reynolds, J. (2003) Extinction vulnerability in marine populations. *Fish and Fisheries* **4**: 25-64.
9. Turvey, S. T. *et al.* (2007) First human-caused extinction of a cetacean species? *Biol. Lett.* **3**: 537-540.
10. Gaston, K. (2003) *The structure and dynamics of geographic ranges*. Oxford Univ. Press.
11. Graves, G. R. y Rahbek, C. (2005) Source pool geometry and the assembly of continental avifaunas. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **102**: 7871-7876.
12. Rapoport, E. H. (1982) *Areography: Geographical strategies of species*. Oxford: Pergamon.
13. Brown, J. H. (1989) *Macroecology*. Chicago University Press, Chicago.
14. Margules, C. R. y Pressey, R. L. (2000) Systematic conservation planning. *Nature* **405**: 243 - 253.
15. Ceballos, G. *et al.* (2005) Global mammal conservation: What must we manage? *Science* **309**: 603-607.
16. Rodrigues, A. S. *et al.* (2004) Effectiveness of the global protected area network in representing species diversity. *Nature* **428**: 640-643.
17. Orme, C. D. *et al.* (2006) Global Patterns of Geographic Range Size in Birds. *PLoS Biol.* **4**: 1276-1283.
18. Ceballos, G. y Ehrlich, P. R. (2006) Global mammal distributions, biodiversity hotspots, and conservation. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **103**: 19374 - 19379.

19. Colwell, R. K. y Hurtt, G. C. (1994) Nonbiological gradients in species richness and a spurious Rapoport effect. *Am. Nat.* **144**: 570-595.
20. Fischer, A. G. (1960) Latitudinal variations in organic diversity. *Evolution* **14**: 64-81.
21. Simpson, G. G (1964) Species Density of North American Recent Mammals . *Syst. Zool.* **13**: 57-73.
22. Global Amphibian Assessment (IUCN, Conservation International and NatureServe, 2006).
23. Douvère, F. (2008) The importance of marine spatial planning in advancing ecosystem-based sea use management. *Marine Policy* **32(5)** p. 762-771.
24. Reeves, R., Stewart, B., Clapham, P. y Powell, J. (2002) *Guide to Marine Mammals of the World*. Nat. Audubon Soc., Alfred A. Knopf. USA.
25. Wilson, D. E. y Reeder, M. (2005) *Mammal Species of the World. A Taxonomic and Geographic Reference* (3rd ed), Johns Hopkins University Press, 2,142 pp.
26. Dalebout, M. *et al.* (2002) A new species of beaked whale *Mesoplodon perrini* sp. n. (Cetacea: Ziphiidae) discovered through phylogenetic analyses of mitochondrial DNA sequences. *Mar. mamm. sci.* **18(3)**: 577-608.
27. Beasley, I. *et al.* (2005) Description of a new dolphin, the Australian snubfin dolphin *Orcaella heinsohni* sp. n. (Cetacea, Delphinidae). *Mar. mamm. sci.* **21(3)**: 365-40. (2005).
28. Perrin, W. (1982) en World Cetacea Database, Perrin, W. F. eds. Accessed through the World Register of Marine <<http://marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=380525> on 2009-08-06>
29. Pitman, R. *et al.* (2007) A dwarf form of killer whale in Antarctica. *Jour. Mamm.* **88(1)**: 43-48.
30. Kanda, N. *et al.* (2007) Population genetic structure of Brydes Whale (*Balaenoptera brydei*) at the inter-oceanic and trans-equatorial levels. *Cons. Gen.* **8**: 853-864.
31. Garrigue, C., Clua, E. y Breitenstein, D. (2003) Identification of a juvenile pygmy blue whale (*Balaenoptera musculus brevicauda*) in New Caledonia, South-West Pacific. SC/55/SH4.
32. Ichihara, T. (1996) en Norris, K.S. (ed.) *Whales, dolphins and porpoises*. Los Ángeles: University of California Press. pp. 79-113.
33. Cunha, H. A. *et al.* (2005) Riverine and marine ecotypes of *Sotalia* dolphins are different species. *Marine Biology* **148**: 449-457.
34. Caballero, S. *et al.* (2008) Molecular systematics of South American dolphins *Sotalia*: Sister taxa determination and phylogenetic relationships, with insights into a multi-locus phylogeny of the Delphinidae. *Mol. phyl. evol.* **23**: 358-386.
35. IUCN 2011. The 2010.4 version of the IUCN red list of threatened species. IUCN, Gland, Switzerland (2011). <http://www.iucnredlist.org/>

36. Kaschner K, R. Watson, A.W. Trites y D. Pauly (2006) Mapping worldwide distributions of marine mammals using a Relative Environmental Suitability (RES) model. *Mar Eco Prog Ser* **316**: 285-310.
37. Kaschner K., D. Tittensor, J. Ready, T. Gerrodette y B. Worm. (2011). Current and future patterns of Global Marine Mammal Biodiversity. *PLoS ONE* **6(5)**, e19653.
38. Redfern, J. V.; Ferguson, M. C.; Becker, E. A.; Hyrenbach, K. D.; Good, Caroline P.; Barlow, J.; Kaschner, K.; Baumgartner, Mark F.; Forney, K. A.; Ballance, L. T.; Fauchald, P.; Halpin, Patrick N.; Hamazaki, T.; Pershing, A. J.; Qian, Song S.; Read, Andrew J.; Reilly, S. B.; Torres, L.; Werner, Francisco E. (2006). Techniques for cetacean-habitat modeling. *Marine Ecology Progress Series* **310(2006)**: 271-295.
39. Ardron, J., K. Gjerde, S. Pullen, y V. Tilot. (2008). Marine spatial planning in the high seas. *Marine Policy* **32(5)**, p.832-839.
40. P. Evans (2008). Proceedings of the ECS/ASCOBANS/ACCOBAMS. Workshop: Selection criteria for marine protected areas for cetaceans. European Cetacean Society's 21st Annual Conference, The Aquarium, San Sebastian, Spain, 22nd April 2007. 108 p.
41. Ceballos G., and P. Ehrlich (2009). Discoveries of new mammal species and their implications for conservation and ecosystem services. *PNAS* **106(10)**: 38413846.
42. Balmford, A., R. Green, y M. Jenkins. (2003). Measuring the changing state of nature. *TREE* **18(7)**: 326-330.
43. Lundmark, C. (2007). Science Sings the Blues: Other Words for Nothin' Left to Lose. *BioScience, BioBriefs* **59(2)**. doi:10.1641/B570218
44. Pauly, D. & Christensen, V. (1995) Primary production required to sustain global fisheries. *Nature* **374**: 255-257.
45. Nogueira C. *et al.* (2010) Restricted-Range Fishes and the Conservation of Brazilian Freshwaters. *PLoS ONE* **5(6)**: e11390.
46. Carwardine, J. *et al.* (2010) Conservation planning when costs are uncertain. *Conserv. Biol.* no. doi: 10.1111/j.1523-1739.2010.01535.x
47. Convention on Biological Diversity (CBD) (2010) Programmes & Issues; 2010 Biodiversity Target; Assessing; Goals & Sub-targets. Available at <http://www.cbd.int/2010-target/goals-targets.shtml>
48. Indicators for assessing progress towards the 2010 target: Connectivity/fragmentation of ecosystems. (2005) Subsidiary body on scientific, Technical and technological advice. UNEP/CBD/SBSTTA 10th meeting. Bangkok, 7-11 February 2005. 9 p.
49. Kelleher, G. (1999). *Guidelines for Marine Protected Areas*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 107pp.
50. Crowder L. and E. Norse (2008). Essential ecological insights for marine ecosystem-based management and marine spatial planning. *Marine Policy*. **32(5)**:772-778.

51. Gerber, L., S. Heppell, F. Ballantyne, y E. Sala (2005). The role of dispersal and demography in determining the efficacy of marine reserves. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **62**: 863-871
52. Gerber, L. y S. Heppell, F. (2004). The use of demographic sensitivity analysis in marine species conservation planning. *Biological Conservation* **120(1)**, p.121-128.
53. Halpern, B. *et al.* (2008) A global map of human impact on marine ecosystems. *Science* **319**: 948-952.
54. Pauly, D. y K. Kaschner. (2004) Competition between Marine Mammals and Fisheries: FOOD FOR THOUGHT. Consultar: http://www.hsi.org.au/editor/assets/admin/Daniel_Pauly_Report.pdf
55. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2008) The state of world fisheries and aquaculture, consultar: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0250e/i0250e.pdf>
56. Lewison R., L. Crowder, A. Read y S. Freeman (2004) Understanding impacts of fisheries bycatch on marine megafauna. *TREE* **19(11)**:598-604.
57. Rojas-Bracho, L., Reeves, y R. & Jaramillo, A. (2006) Conservation of the vaquita *Phocoena sinus*. *Mamm. Rev.* **36**: 179-216.
58. Roberts, C. M. *et al.* (2002) Marine Biodiversity Hotspots and Conservation Priorities for Tropical Reefs. *Science* **295**: 1280-1284.
59. DeMaster. D. P *et al.* (2006) The sequential megafaunal collapse hypothesis: testing with existing data. *Progr. Oceanogr.* **68**: 329-342.
60. Crowder, L. B. *et al.* (2008) The impacts of fisheries on marine ecosystems and the transition to ecosystem-based management. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* **39**: 259-78.
61. Halpin, P. N. (1997). Global climate change and natural-area protection: management responses and research directions. *Ecological Applications* **7**:828-843.
62. MacLeod, C. (2009) Oceanic climate change, range changes and implications for the conservation of marine cetaceans: a review and synthesis. *Endang Species Res* **7**:125-136.
63. Stewart, R. *et al.* (2003) Opportunity cost of ad hoc marine reserve design decisions: an example from South Australia. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **253**: 25-38.
64. Springer, A. M. *et al.* (2003) Sequential megafaunal collapse in the North Pacific Ocean: An ongoing legacy of industrial whaling? *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **100(21)**: 12223-12228.
65. Ehrlich, P. R. & Ehrlich, A. H. (2004) *One with Nineveh: Politics, Consumption, and the Human Future*. Island Press, Washington, D. C.
66. Garson, J., Aggarwal, A. y Sarkar, S. (2007) *ResNet Manual*. Versión 1.2. <http://uts.cc.utexas.edu/~consbio/Cons/program.html>.
67. Ball, I. y Possingham, H. (2000) *MARXAN (Marine reservedesign using spatially explicit annealing)*. The University of Queensland, Australia.

68. Richardson E. A., Kaiser M. J., Edwards-Jones G., Possingham H. P. (2006) Sensitivity of marine-reserve design to the spatial resolution of socioeconomic data. *Conservation Biology*. **20**:1191-1202.
69. Ball I., Possingham H. (2000) Brisbane, Australia: University of Queensland. Marxan (v1.8.2)- Marine Reserve Design using Spatially Explicit Annealing; p. 69.
70. Wilson K., Pressey R. L., Newton A., Burgman M., Possingham H., Weston C. (2005) Measuring and incorporating vulnerability into conservation planning. *Environmental Management*; **35**:527-543.

Anexo 1

I. Decisiones taxonómicas

En este trabajo se siguió la taxonomía empleada por Wilson y Reeder (2005) y Reeves, Stewart y Clapham (2002). En los últimos 20 años, varias nuevas especies han sido descritas, como *Mesoplodon perrini* (Dalebout 2002), y *Orcaella heinsohni* (Beasley 2005). Se ha propuesto la existencia de varias especies de orcas (Perrin 1982, Pitman *et al.* 2007) de ballenas de Bryde (Kanda *et al.* 2007), de ballena azul (Garrigue *et al.* 2003, Ichihara 1996), de *Tucuxi* (Cunha *et al.* 2005, Caballero *et al.* 2008), y de otros mamíferos marinos. Debido a que usamos el estatus de conservación de la lista roja de UICN (2011), este trabajo está basado en el reconocimiento de especies por UICN para mantener una línea base.

II. Lista de especies

Lista de especies incluidas en este trabajo, indicando su estado de conservación según UICN (2010.4) y su área de distribución aproximada.

Orden	Familia	Especies	IUCN 2010	De agua dulce	Área de distribución km ²			
Carnivora	Mustelidae	<i>Enhydra lutris</i>	EN A2abe		1,084,750,000,000			
		<i>Lontra felina</i>	EN A3cd		996,197,000,000			
	Odobenidae	<i>Odobenus rosmarus</i>	DD		5,367,060,000,000			
	Otariidae		<i>Arctocephalus australis</i>	LC		1,674,290,000,000		
			<i>Arctocephalus forsteri</i>	LC		1,823,240,000,000		
			<i>Arctocephalus galapagoensis</i>	EN A2a		167,512,000,000		
			<i>Arctocephalus gazella</i>	LC		39,155,300,000,000		
			<i>Arctocephalus philippii</i>	NT		163,932,000,000		
			<i>Arctocephalus pusillus</i>	LC		1,705,430,000,000		
			<i>Arctocephalus townsendi</i>	NT		1,045,950,000,000		
			<i>Arctocephalus tropicalis</i>	LC		39,249,100,000,000		
			<i>Callorhinus ursinus</i>	VU A2b		12,935,900,000,000		
			<i>Eumetopias jubatus</i>	EN A2a		3,051,310,000,000		
			<i>Neophoca cinerea</i>	EN A2bd+3d		1,347,900,000,000		
			<i>Otaria flavescens</i>	LC		2,371,930,000,000		
			<i>Phocarcos hookeri</i>	VU A3b		171,500,000,000		
			<i>Zalophus californianus</i>	LC		966,957,000,000		
			<i>Zalophus wollebaeki</i>	EN A2a		175,487,000,000		
			Phocidae		<i>Cystophora cristata</i>	VU A2b		5,167,870,000,000
					<i>Erignathus barbatus</i>	LC		12,550,800,000,000
	<i>Halichoerus grypus</i>	LC				2,443,290,000,000		
	<i>Histiophoca fasciata</i>	DD				3,625,450,000,000		
	<i>Hydrurga leptonyx</i>	LC				9,900,130,000,000		

Patrones globales de distribución de los mamíferos marinos:
inferencias macroecológicas e implicaciones para la conservación
Sandra Pompa Mansilla

		<i>Leptonychotes weddellii</i>	LC		7,146,790,000,000
		<i>Lobodon carcinophaga</i>	LC		18,961,100,000,000
		<i>Mirounga angustirostris</i>	LC		2,054,680,000,000
		<i>Mirounga leonina</i>	LC		8,976,400,000,000
		<i>Monachus monachus</i>	CR A2abc; C2a(i); E		2,730,360,000,000
		<i>Monachus schauinslandi</i>	CR A3ce+4ce		503,740,000,000
		<i>Ommatophoca rossii</i>	LC		12,649,700,000,000
		<i>Pagophilus groenlandicus</i>	LC		8,352,950,000,000
		<i>Phoca largha</i>	DD		5,173,220,000,000
		<i>Phoca vitulina</i>	LC		4,233,030,000,000
		<i>Pusa caspica</i>	EN A2abd+3bd+4abd		-
		<i>Pusa hispida</i>	LC		14,792,000,000,000
		<i>Pusa sibirica</i>	LC	AD	-
	Ursidae	<i>Ursus maritimus</i>	VU A3c		10,273,300,000,000
Cetacea	Balaenidae	<i>Balaena mysticetus</i>	LC		8,735,490,000,000
		<i>Eubalaena australis</i>	LC		66,669,400,000,000
		<i>Eubalaena glacialis</i>	EN D		-
		<i>Eubalaena japonica</i>	EN D		5,995,590,000,000
	Balaenopteridae	<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	LC		138,899,000,000,000
		<i>Balaenoptera acutorostrata subsp.</i>	LC		-
		<i>Balaenoptera bonaerensis</i>	DD		235,109,000,000,000
		<i>Balaenoptera borealis</i>	EN A1ad		325,876,000,000,000
		<i>Balaenoptera edeni</i>	DD		225,248,000,000,000
		<i>Balaenoptera musculus</i>	EN A1abd		349,620,000,000,000
		<i>Balaenoptera omurai</i>	DD		-
		<i>Balaenoptera physalus</i>	EN A1d		348,861,000,000,000
	<i>Megaptera novaeangliae</i>	LC		349,580,000,000,000	
	Delphinidae	<i>Cephalorhynchus commersonii</i>	DD		1,780,950,000,000
		<i>Cephalorhynchus eutropia</i>	NT		493,046,000,000
		<i>Cephalorhynchus heavisidii</i>	DD		802,273,000,000
		<i>Cephalorhynchus hectori</i>	EN A4d		42,555,300,000
		<i>Delphinus capensis</i>	DD		9,313,700,000,000
		<i>Delphinus delphis</i>	LC		31,026,900,000,000
		<i>Feresa attenuata</i>	DD		198,729,000,000,000
<i>Globicephala macrorhynchus</i>		DD		238,501,000,000,000	
<i>Globicephala melas</i>		DD		104,690,000,000,000	
<i>Grampus griseus</i>		LC		265,158,000,000,000	
<i>Lagenodelphis hosei</i>		LC		165,128,000,000,000	
<i>Lagenorhynchus acutus</i>		LC		8,519,550,000,000	

Patrones globales de distribución de los mamíferos marinos:
inferencias macroecológicas e implicaciones para la conservación

Sandra Pompa Mansilla

	<i>Lagenorhynchus albirostris</i>	LC		10,168,600,000,000
	<i>Lagenorhynchus australis</i>	DD		590,641,000,000
	<i>Lagenorhynchus cruciger</i>	LC		61,848,200,000,000
	<i>Lagenorhynchus obliquidens</i>	LC		20,853,700,000,000
	<i>Lagenorhynchus obscurus</i>	DD		6,186,320,000,000
	<i>Lissodelphis borealis</i>	LC		12,737,400,000,000
	<i>Lissodelphis peronii</i>	DD		78,075,800,000,000
	<i>Orcinus orca</i>	DD		159,671,000,000,000
	<i>Orcaella brevirostris</i>	VU A4cd		4,252,570,000,000
	<i>Orcaella heinsohni</i>	NT		1,264,170,000,000
	<i>Peponocephala electra</i>	LC		167,492,000,000,000
	<i>Pseudorca crassidens</i>	DD		115,652,000,000,000
	<i>Sotalia fluviatilis</i>	DD		2,115,420,000,000
	<i>Sotalia guianensis</i>	DD		-
	<i>Sousa chinensis</i>	NT		15,839,700,000,000
	<i>Sousa teuszii</i>	VU C2a(i)		1,554,490,000,000
	<i>Stenella attenuata</i>	LC		185,346,000,000,000
	<i>Stenella clymene</i>	DD		40,843,500,000,000
	<i>Stenella coeruleoalba</i>	LC		247,740,000,000,000
	<i>Stenella frontalis</i>	DD		45,684,100,000,000
	<i>Stenella longirostris</i>	DD		197,320,000,000,000
	<i>Steno bredanensis</i>	LC		220,032,000,000,000
	<i>Tursiops aduncus</i>	DD		26,634,700,000,000
	<i>Tursiops truncatus</i>	LC		232,786,000,000,000
Eschrichtiidae	<i>Eschrichtius robustus</i>	LC		5,640,160,000,000
Iniidae	<i>Inia geoffrensis</i>	DD	AD	-
Kogidae	<i>Kogia breviceps</i>	DD		251,271,000,000,000
	<i>Kogia sima</i>	DD		235,194,000,000,000
Lipotidae	<i>Lipotes vexillifer</i>	CR C2a(ii), D	AD	-
Monodontidae	<i>Delphinapterus leucas</i>	NT		10,167,800,000,000
	<i>Monodon monoceros</i>	NT		6,370,340,000,000
Neobalaenidae	<i>Caperea marginata</i>	DD		49,073,400,000,000
Phocoenidae	<i>Neophocaena phocaenoides</i>	VU A2cde		4,086,040,000,000
	<i>Phocoena dioptrica</i>	DD		2,431,640,000,000
	<i>Phocoena phocoena</i>	LC		9,201,080,000,000
	<i>Phocoena sinus</i>	CR A4d; C2a(ii)		18,195,900,000
	<i>Phocoena spinipinnis</i>	DD		1,274,860,000,000
	<i>Phocoenoides dalli</i>	LC		19,888,000,000,000

	Physeteridae	<i>Physeter macrocephalus</i>	VU A1d		239,682,000,000,000
	Platanistidae	<i>Platanista gangetica</i>	EN A2abcde	AD	-
		<i>Platanista minor</i>	-	AD	-
	Pontoporidae	<i>Pontoporia blainvillei</i>	VU A3d		480,376,000,000
	Ziphiidae	<i>Berardius arnuxii</i>	DD		101,075,000,000,000
		<i>Berardius bairdii</i>	DD		23,620,500,000,000
		<i>Hyperoodon ampullatus</i>	DD		12,598,000,000,000
		<i>Hyperoodon planifrons</i>	LC		86,815,900,000,000
		<i>Indopacetus pacificus</i>	DD		106,594,000,000,000
		<i>Mesoplodon bidens</i>	DD		13,884,300,000,000
		<i>Mesoplodon bowdoini</i>	DD		4,419,570,000,000
		<i>Mesoplodon carlhubbsi</i>	DD		1,096,570,000,000
		<i>Mesoplodon densirostris</i>	DD		257,754,000,000,000
		<i>Mesoplodon europaeus</i>	DD		12,338,600,000,000
		<i>Mesoplodon ginkgodens</i>	DD		3,486,050,000,000
		<i>Mesoplodon grayi</i>	DD		66,140,000,000,000
		<i>Mesoplodon hectori</i>	DD		5,066,070,000,000
		<i>Mesoplodon layardii</i>	DD		83,734,500,000,000
		<i>Mesoplodon mirus</i>	DD		6,300,090,000,000
		<i>Mesoplodon perrini</i>	DD		8,015,760,000,000
		<i>Mesoplodon peruvianus</i>	DD		12,321,700,000,000
		<i>Mesoplodon stejnegeri</i>	DD		6,809,010,000,000
		<i>Mesoplodon traversii</i>	DD		-
		<i>Tasmacetus shepherdi</i>	DD		4,419,310,000,000
	<i>Ziphius cavirostris</i>	LC		280,013,000,000,000	
Sirenia	Dugongidae	<i>Dugong dugon</i>	VU A2bcd		6,586,460,000,000
	Trichechidae	<i>Trichechus inunguis</i>	VU A3cd	AD	-
		<i>Trichechus manatus</i>	VU C1		2,189,720,000,000
		<i>Trichechus senegalensis</i>	VU A3cd, C1		-

III. Cálculo de áreas (Proyección Goodes Homolosine)

La proyección Goode homolosine (o proyección interrumpida Goode homolosine) es una proyección compuesta, interrumpida, pseudocilíndrica y equi-área empleada para mapas mundiales. Su propiedad equi-área la hace útil para la representación de datos en formato raster. La proyección está compuesta de 12 regiones que forman 6 lóbulos interrumpidos. Los lóbulos son las secciones más extremas de la proyección Mollweide y están cuidadosamente divididas en 6 inter-regiones a lo largo del ecuador que están sujetas a una proyección sinusoidal. Debido a que Mollweide es a veces referida como “proyección homolográfica”, los dos nombres “homolográfico” y “sinusoidal” se fusionan en “homolosine” que Goode aplicó en esta proyección. Si se mira cuidadosamente los bordes de los lóbulos, se

puede ver una muy sutil discontinuidad en aproximadamente los paralelos 41. La naturaleza equi-area de Goode deriva del hecho de que sus proyecciones base son a su vez equi-area.

La proyección la desarrolló John Paul Goode en 1923 para proveer una alternativa efectiva a la interpretación de las relaciones de interpretación de áreas globales con un mapa mercator. Esta proyección fue muy común en los años 60, cuando se ganó el nombre de “el mapa de naranja pelada” dado su parecido a una naranja aplastada y pelada circularmente. A partir de ese entonces, la proyección de Petersen, que distorsiona las formas de los continentes ha sido más empleada (ESRI 2010).

IV. Especies en sitios irremplazables para la conservación

Sitios prioritarios para la conservación a escala global donde se indica la riqueza de especies, endemismos, especies amenazadas, ecoregiones donde se localizan y las amenazas de la ecoregión (37). Sitios irremplazables (aquellas que no se encuentran en ningún otro sitio) están indicados con un asterisco, dichas áreas albergan sólo una especie.

	Sitios prioritarios	# Especies	Endemismos/Distribución restringida	Categoría de amenaza de la ecoregión*	Nombre y número de la ecoregión*	Estatus estimado de conservación de la ecoregión*
Mayor Riqueza	South African	16	4	VU, EN	209: Benguela Current 211: Agulhas Current	V RS
	Argentinean	15	4	VU, EN	205: Patagonian Southwest Atlantic	V
	Australian	14	4	VU, EN	206: Southern Australian 222: Great Barrier	RS RS
	Baja Californian	25	7	VU, EN, CR	214: Gulf of California	CE
	Peruvian	19	5	VU, EN	210: Humboldt Current	V
	Japanese	25	7	VU, EN, LR	217: Nansei Shoto	CE
	New Zealand	13	2	VU, EN, LR	207: New Zealand	V
	Northwestern African	25	7	VU, EN, LR	216: Canary Current	CE
Irremplazables	Northeastern American	25	7	VU, EN, LR	202: Chesapeake Bay	V
	Hawaiian Islands	1 ¹	1	EN	227: Hawaiian Marine	V
	Galapagos Islands	1 ²	1	VU	215: Galapagos Marine	V
	San Félix and Juan Fernández Islands	1 ³	1	VU	210: Humboldt Current	V
	Amazon River	2 ⁴	1	VU	147: Amazon River And Flooded Forests	RS
	Mediterranean Sea	1 ⁵	1	CR	199: Mediterranean Sea	CE
	Indus River	1 ⁶	1	No Listada	No Listada	No Listada
	Ganges River	1 ⁷	1	EN	No Listada	No Listada
	Yang-tse River	1 ⁸	1	EX	149: Yang-Tse River And Lakes	CE
	Baikal Lake	1 ⁹	1	LR	184: Lake Baikal	V
	Caspian Sea	1 ¹⁰	1	VU	No Listada	No Listada
Kerguelen Islands	1 ¹¹	1	No Listada	No Listada	No Listada	

¹*Monachus schauinslandi*, ²*Arctocephalus galapagoensis*, ³*A. philippii*, ⁴*Inia geoffrensis*, *Trichechus inunguis* (ambas de agua dulce), y *Sotalia fluviatilis*, ⁵*Monachus monachus*, ⁶*Platanista minor* (freshwater), ⁷*Platanista gangetica* (freshwater), ⁸*Lipotes vexillifer* (agua dulce), ⁹*Pusa sibirica* (agua dulce), ¹⁰*Pusa caspica*, ¹¹*Cephalorhynchus commersonii* y *A gazella*.

* VU=Vulnerable, EN= Amenazada, CR= Críticamente amenazada, LR= Riesgo leve, EX= Extinto, CE: Críticamente amenazada, V: Vulnerable, RS: Relativamente estable o intacto. Datos de Olson y Dinerstein (2002).

V. Áreas protegidas establecidas y las amenazas en los sitios prioritarios para la conservación definidos en este trabajo

En la siguiente tabla, las áreas marinas protegidas (AMP) o santuarios (SAC) dentro de los sitios prioritarios para la conservación se mencionan como un indicador de protección y manejo para reducir el impacto de las actividades humanas. Las especies presentes también se registraron para cada sitio, así como también las amenazas como sobrepesca y contaminación (datos modificados de Hoyt, 2005).

World Commission on Protected Areas (WCPA) - Región IUCN	SAC y MPA con localización y tamaño* incluidas dentro de un sitio prioritario para la conservación (*sólo marinas)	Mamíferos marinos presentes incluyendo las especies amenazadas	Amenazas detectadas	Mamíferos marinos amenazados
Pacífico Noreste (15)	Baja Californian			
	Reserva de la Biósfera El Vizcaíno (5 km incluyendo la Laguna Ojo de Liebre, San Ignacio y Guerrero Negro)	Hábitat compartido de grandes ballenas y delfines, frecuentado por cetáceos migratorios. Sirve de sitio de reproducción y crianza y, para algunas especies de sitio de alimentación. Es un sitio de migración anual de ballena gris. Laguna San Ignacio es el sitio principal de nacimiento y crianza de ballena gris en México y permanece inalterado por el desarrollo industrial. También coexisten la ballena de Sei, Minke, Azul, el rorcual tropical y los cachalotes.	Daño ecosistémico por salineras, contaminación por desechos y por ruido.	
	Reserva de la Biósfera Archipiélago Revillagigedo (6,193 km ²)	Uno de los sitios clave de reproducción de ballena jorobada en el Pacífico Norte. El plan de manejo está bajo revisión.	Pesca ilegal.	
	Reserva de la Biósfera Islas Marias (4,052 km ²)	Sitio de reproducción de ballena jorobada; el plan de manejo está bajo revisión.	Pesca ilegal.	
	Parque Nacional Bahía de Loreto (1,820 km ²)	Quizás no incluya hábitats críticos extensos para cetáceos <i>per se</i> , pero el parque beneficia los sitios de alimentación.		
	Reserva de la Biósfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado (9,600 km ²)	Protege a la críticamente amenazada Vaquita marina y los humedales del Delta del Río Colorado.	Pesca/Captura incidental.	Vaquita

**Patrones globales de distribución de los mamíferos marinos:
inferencias macroecológicas e implicaciones para la conservación**

Sandra Pompa Mansilla

	Refugio de Ballenas Grises de Bahía Magdalena	Área Marina Protegida propuesta para proteger el hábitat de reproducción y crianza de ballena gris.		
	Santuario Marino Nacional de la Bahía de Monterey (13,802 km ²)	Abundantes cetáceos y otros mamíferos marinos. Nutria marina y el León Marino de Steller.	Explotación de gas y petróleo, tiradero de desechos y otras descargas, pesquerías.	
	Santuario Nacional del Golfo de Farallones (3251 km ²)			
	Santuario Marino Nacional Banco Cordell (1,363 km ²)	Hábitat crítico de mamíferos y aves marinas.	Operaciones navales frecuentes.	
	Santuario Marino Nacional Channel Islands (4,295 km ²)	Protege hábitats críticos para mamíferos marinos incluyendo cetáceos, roquerías extensos de pinnípedos y aves marinas.	Explotación de gas y petróleo, tiradero de desechos y otras descargas, pesquerías.	
Pacífico Sudeste (17)	Peruvian			
	Reserva Nacional Paracas (2,177 km ²)	Existe poca investigación científica en el sitio a excepción de los tursiones y las interacciones entre pequeños cetáceos y las pesquerías.		Nutria marina, león marino del Sur y el lobo fino.
	Islas Galápagos			
	Reserva de recursos marinos y santuario de ballenas de las Galápagos (158,000 km ²)	Lobo fino y león marino de las Galápagos; área de reproducción y crianza de cetáceos y área de reproducción visitada por cetáceos migratorios.	Tráfico de embarcaciones, pesca comercial y turismo.	
Islas San Félix & Juan Fernández				

**Patrones globales de distribución de los mamíferos marinos:
inferencias macroecológicas e implicaciones para la conservación**

Sandra Pompa Mansilla

	Área Marina Protegida Caldera	Contiene el 43% de la diversidad de cetáceos registrados para Chile. Ballena de Sei, Minke antártica, Azul, de Bryde y de Aleta.	Pesca comercial, caza ilegal de delfines y mal manejo.	
	Reserva Nacional de Pingüinos de Humboldt (8.6 km ²)	Propuesta para la expansión del Área Marina Protegida Los Choros. Cachalotes.	Pobre control de actividades de avistamiento y caza de delfines.	
	Northeastern American			
Atlántico Noroeste (4)	Santuario Marino Nacional Monitor (3.4 km ²)	El Santuario es muy pequeño para que sea costeable un esfuerzo de protección amén de su expansión en tamaño y un manejo adecuado. Ballena franca del Atlántico Norte, ballena de Sei, Minke, de Aleta, Azul y de Bryde, cachalotes y manatíes.	Industria de avistamiento de ballenas, tiraderos de desechos tóxicos, colisiones de cetáceos con embarcaciones.	Ballena franca del Atlántico Norte.
	Argentinean			
	Santuario del Atlántico Sur	Aún en propuesta	Caza ballenera comercial.	
	Reserva Natural Bahía Anegada (73.86 km ²)	Áreas de reproducción y crianza de leones marinos sudamericanos y un sitio importante para el estudio de la Franciscana; no tiene plan de manejo. Franciscana.		Franciscana.
	Parque Marino Provincial Golfo San José	Área de crianza crítica para las ballenas francas del Sur.	Industria de avistamiento de ballenas.	
Atlántico Sur (9)	Reserva Faunística Punta Loma (17.1 km ²)	Ballenas de Sei, Minke, Azul, de Bryde y de Aleta.	Contaminación del agua, tráfico de embarcaciones y un incremento en la pesca en la zona.	

	Reserva Faunística Provincial Punta Norte (0.06 km ²)	Cachalotes.	Pesquerías.	
	Reserva Natural Punta Pirámides (1.32 km ²)			
	Reserva Natural Península Valdés (3,600 km ² incluyendo tierra)			
	Northwestern African Key Conservation Site			
	Santuario Sud-Atlántico	Aún en propuesta.	Caza ballenera comercial.	
	Santuario Marino de cetáceos Islas Canarias	Aún en propuesta, contiene al menos 26 especies de cetáceos. Ballena de Sei, Minke, Azul, de Bryde y de Aleta; delfín jorobado del Atlántico.	Contaminación por ruido y operaciones navales frecuentes, pesquerías, contaminación, petróleo, gas y desarrollo humano.	
	Parque Natural Archipiélago Chinijo (91 km ²)	Cachalotes.		
Oeste de África (8)	Parque Natural Marino Whales y Santuario Franja Marina Tenos Rasca (695 km ²)			
	Santuario Franja Marina Santiago - Valle Gran Rey (131.4 km ²)			
	Santuario Sebadales de La Graciosa (11.9 km ²)			
	Santuario Mar de las Calmas (99 km ²)			
	Santuario Sebadales de Corralejo (19.4 km ²)			
	South African			
	Área Marina Protegida Dwesa-Cwebe (176 km ²)	No existe plan de manejo ni de zonificación	Pesquerías, pesca/captura incidental, contaminación y	
	Área Marina Protegida Mkambati (130 km ²)	No existe plan de manejo ni de zonificación		
	Área Marina Protegida Hluleka	No existe plan de manejo ni de zonificación		

**Patrones globales de distribución de los mamíferos marinos:
inferencias macroecológicas e implicaciones para la conservación**

Sandra Pompa Mansilla

	Área Marina Protegida Trafalgar (2.5 km ²)	Manejo muy limitado	desarrollo humano, caza ilegal de delfines.	
Pacífico Noroeste (16)	Japanese			
	Monumento Nacional Área de Reunión de la Marsopa sin Aleta (1.5 km)	Cachalotes, marsopa sin aleta.	Pesquerías, pesca/captura incidental, contaminación y desarrollo humano, caza ilegal de delfines, tráfico de embarcaciones, cacería furtiva excavaciones de minas de oro.	
	Parque Nacional Seto-naikai (628 km ²)	Ballena franca del Pacífico Norte, Ballenas de Sei y Minke.		
	Reserva Natural Kurilskiy (2 km)	Ballena Azul, de Bryde y de Aleta.		
Reserva Natural (567 km ² incluyendo tierra)				
Australia - Nueva Zelanda (18)	Australian			
	Parque y Reserva Marina Islas Solitarias (710 km ²)	El plan de manejo contempla hábitats clave para la protección de cetáceos.	Tráfico de embarcaciones turísticas y comerciales, enmallamiento, ruido y competencia por el recurso alimentario.	
	Parque Marino Cabo Byron (227 km ²)	11 especies de cetáceos. Es un sitio importante de monitoreo de ballenas jorobadas migratorias, así como un refugio para madres con cría. Ballenas de Sei, Minke, Azules, de Bryde y de Aleta, delfín de Irrawady y dugongos.	Pesquerías, enmallamientos, motos acuáticas y tráfico de embarcaciones comerciales.	
	Parque Marino Jervis Bay (220 km ²)	Cachalotes.	Industria de avistamiento de	

**Patrones globales de distribución de los mamíferos marinos:
inferencias macroecológicas e implicaciones para la conservación**

Sandra Pompa Mansilla

			ballenas.	
	Parque Marino Port Stephens (140 km ² aprox.)	Puede ser propuesta.	Industria de avistamiento de delfines.	
	New Zealand			
	Santuario de Mamíferos Marinos Banks Península y una supuesta expansión (1,140 km ²)	Ballenas de Sei, Minke, Azules, de Bryde y de Aleta.	Pesquerías, enmallamiento de delfines.	
	Reserva Marina Akaroa Harbour	Aún en propuesta.		Delfín de Héctor
	Santuario Marino Doubtful Sound	Aún en propuesta.	Industria de avistamiento de delfines.	
	Hawaiian Islands			
Pacífico Sur (14)	Santuario Marino Nacional de Ballenas Jorobadas de las Islas Hawaianas (3,368 km ²)	Sitio clave para la reproducción y crianza de ballenas jorobadas. Foca monje Hawaiana, cachalotes, ballenas de Sei, Minke, Azules, de Bryde y de Aleta.	Pesquerías y actividades militares.	Foca Monje de Hawaii
	Mediterranean Sea			
Mediterráneo (3)	59 Áreas Marinas Protegidas o Santuarios (al menos 91,568 km ²)	14 especies con apéndices de convenciones, directrices y acuerdos internacionales aplicables, una población de delfín común a la baja (>100). Foca Monje del Mediterráneo.	Niveles de contaminación elevados y pesquerías.	Foca Monje del Mediterráneo.
Antártico (1)	Kerguelen Islands			

	Islas Heard y McDonald (65,000 km ²)	No fueron diseñadas específicamente en torno al hábitat de los cetáceos debido a su tamaño, pero contiene parte significativa del mismo. Ballenas de Sei, Minke, Azules, de Bryde y de Aleta, cachalotes.		
--	--	---	--	--

V. Referencias

- Beasley, I. *et al.* (2005) Description of a new dolphin, the Australian snubfin dolphin *Orcaella heinsohni* sp. n. (Cetacea, Delphinidae). *Mar. mamm. sci.* 21(3): 365-40. (2005).
- Caballero, S. *et al.* (2008) Molecular systematics of South American dolphins Sotalia: Sister taxa determination and phylogenetic relationships, with insights into a multi-locus phylogeny of the Delphinidae. *Mol. phyl. evol.* 23: 358-386.
- Cunha, H. A. *et al.* (2005) Riverine and marine ecotypes of Sotalia dolphins are different species. *Marine Biology* 148: 449-457.
- Dalebout, M. *et al.* (2002) A new species of beaked whale *Mesoplodon perrini* sp. (Cetacea: Ziphiidae) discovered through phylogenetic analyses of mitochondrial DNA sequences. *Mar. mamm. sci.* 18(3): 577–608.
- ESRI (2010). ArcGIS 9.2 Desktop Help.
http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/index.cfm?TopicName=Goodes_Homolosine
- Garrigue, C., Clua, E. y Breitenstein, D. (2003) Identification of a juvenile pygmy blue whale (*Balaenoptera musculus brevipinna*) in New Caledonia, South-West Pacific. SC/55/SH4.
- Hoyt, E. (2005). *Marine Protected Areas for whales, dolphins and porpoises*. Earthscan. London, England. 492 p.
- Ichihara, T. (1996) en Norris, K.S. (ed.) Whales, dolphins and porpoises. Los Ángeles: *University of California Press*. pp. 79-113.
- IUCN (2011). *The 2010.4 version of the IUCN red list of threatened species*. IUCN, Gland, Switzerland (2011).
<<http://www.iucnredlist.org/>>
- Kanda, N. *et al.* (2007) Population genetic structure of Brydes Whale (*Balaenoptera brydei*) at the inter-oceanic and trans-equatorial levels. *Cons. Gen.* 8: 853-864.
- Olson, D. y Dinerstein, E. (2002) The global 200: Priority ecoregions for global conservation. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 89: 199-224.
- Perrin, W. (1982) en World Cetacean Database, Perrin, W. F. eds. Accessed through the World Register of Marine <<http://marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=380525> on 2009-08-06>
- Pitman, R. *et al.* (2007) A dwarf form of killer whale in Antarctica. *Jour. Mamm.* 88(1): 43-48.
- Reeves, R., Stewart, B., Clapham, P. & Powell, J. (2002) Guide to Marine Mammals of the World. *Nat. Audubon Soc.*, Alfred A. Knopf. USA.
- Wilson, D. E. & Reeder, M. (2005) Mammal Species of the World. A Taxonomic and Geographic Reference (3rd ed), *Johns Hopkins University Press*, 2,142 pp.