



CALENTAMIENTO GLOBAL E IMPACTO HUMANO SOBRE LOS MAMÍFEROS MARINOS

Alicia Borque-Espinosa

Investigadora predoctoral de la Universitat de València
Fundación Oceanogràfic de la Comunitat Valenciana

Resumen

Casi la mitad de los mamíferos marinos del Mediterráneo están amenazados por el aumento de temperatura. Como importantes reguladores de la salud del ecosistema, su continuidad requiere de un cambio social, educativo y político que apoye a la comunidad científica para estudiar sus limitaciones biológicas. Este esfuerzo conjunto, permitirá estimar las consecuencias de nuestra actividad sobre su supervivencia, impulsando su conservación y la propia protección de nuestro patrimonio natural.

Abstract

Almost half the marine mammals in the Mediterranean are threatened by the rise in temperatures. As important regulators of the health of the ecosystem, their survival requires a social, educational and political change that will support the scientific community in studying their biological limitations. This joint effort will allow us to estimate the impact of our activity on marine mammals' survival, so that we can promote their conservation and protect our natural heritage.

1. Introducción: el calentamiento global y el océano

La evolución del ciclo climático en el planeta Tierra ha estado condicionada por su propia historia geológica y por la dinámica del sistema solar. No obstante, desde el inicio de la revolución industrial y, en paralelo a nuestro propio éxito productivo, social y económico, se ha añadido un nuevo factor que ha modificado la intensidad y la velocidad de este ciclo natural: la elevada actividad humana. Los crecientes efectos del calentamiento global han sido demostrados durante las últimas décadas gracias al intenso esfuerzo científico para evaluar y cuantificar sus consecuencias. De una forma u otra, nuestra percepción de la magnitud de este fenómeno está cambiando, y aquellas 'incómodas' variaciones en las temperaturas o las lluvias, se han transformado en fenómenos meteorológicos extremos (fuertes sequías, olas de calor y de frío, grandes temporales, etc.) que evidencian nuestra delicada situación. El océano siempre ha tenido una elevada implicación en la regulación del clima global, pero su resilien-

cia ha terminado sucumbiendo ante nuestro creciente desarrollo, situando al ecosistema más grande del planeta en una posición de gran amenaza. El deshielo de los polos, la degradación de los grandes arrecifes de coral, o el aumento de las poblaciones de determinados organismos (*blooms*), son ejemplos del impacto del calentamiento global en el océano. El entorno natural está sufriendo grandes cambios, y los seres vivos deben encontrar nuevas alternativas para sobrevivir mientras su mundo cambia vertiginosamente. Dentro de la intrincada y delicada red que constituye el ecosistema marino, cada una de estas permutas tendrá efectos en los diferentes eslabones. Como consecuencia, hasta los grandes depredadores como los mamíferos marinos, deberán tomar importantes decisiones que determinarán la supervivencia de sus poblaciones.

2. Mamíferos marinos: qué son y por qué son importantes

El término mamífero marino engloba a un conjunto de especies que dependen de este medio acuático para su supervivencia (en mayor o menor medida). Todas ellas comparten con sus congéneres terrestres las características principales de esta clase de vertebrados: son capaces de regular su temperatura corporal (homeotermia) ayudados en parte por gruesas capas de grasa, respiran a través de los pulmones, presentan pelo en al menos alguna de las fases del desarrollo, las crías se desarrollan en el vientre de las hembras (viviparismo), y pasan por una fase de lactancia durante las etapas tempranas de vida. Sin embargo, debido a que esta agrupación se basa en cuestiones ecológicas, algunas especies están evolutivamente alejadas del resto. Esto señala la existencia de múltiples intentos de colonización del medio marino por parte de antecesores terrestres pertenecientes a diferentes linajes evolutivos, que probablemente buscaban nuevos recursos alimenticios en este medio acuático¹. Después de millones de años de evolución, hoy en día convivimos con 131 especies² de mamíferos marinos (Figura 1) habitando todos los océanos del planeta, aunque su clasificación se encuentra bajo constante revisión³. Algunas de estas especies permanecen toda su vida sumergidas en el agua y son las más alejadas morfológicamente de sus parientes terrestres: las grandes ballenas con barbas (misticetos) y los delfines con dientes (odontocetos) forman el grupo de los cetáceos y, por otra parte, estarían los sirénidos (dugongos y manatíes), los únicos mamíferos marinos herbívoros. En general, estas especies presentan cuerpos morfológicamente hidrodinámicos, reducción o sustitución de las extremidades por aletas, pérdida casi total del pelo, reducción del sentido del olfato, e incluso migración de los orificio nasales hacia la parte posterior del cráneo (espiráculo) en los cetáceos.

El siguiente grupo serían los pinnípedos, aquellos mamíferos que se alimentan en el medio marino pero cuya anatomía les permite desplazarse por el medio terrestre, donde emergen eventualmente para descansar y reproducirse. Dentro de este grupo encontraríamos a los leones marinos (otáridos), las focas (fócidos) y las morsas (odobénidos). Estos cuentan con cuerpos

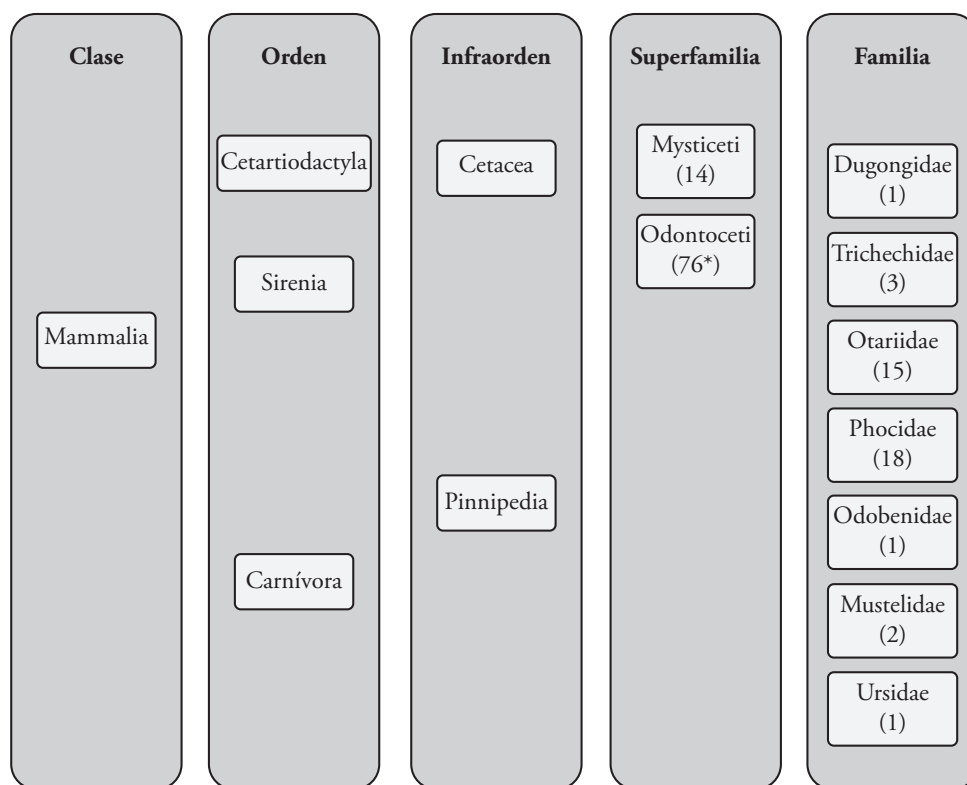
¹ BERTA *et al.* (2006).

² UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA, UICN (2019).

³ COMMITTEE ON TAXONOMY (2016).

hidrodinámicos y extremidades transformadas en aletas que les permiten la movilidad en ambos medios (aunque la gracilidad de su movimiento en tierra depende del grupo), mantienen el pelaje en diferentes grados, y poseen unos bigotes denominados *vibrisas* que les ayudan en su sentido del tacto. Por último, también se incluye dentro de los mamíferos marinos a los osos polares (úrsidos) y a las nutrias marinas (mustélidos). Estos animales todavía conservan sus cuatro extremidades sin transformar en aletas y sus sentidos se asemejan mucho más a los de los mamíferos terrestres, pero están completamente capacitados para el aprovechamiento de los recursos marinos. Este grupo de mamíferos presenta muchas otras particularidades y adaptaciones específicas⁴, algunas de las cuales se desarrollarán en detalle a lo largo del presente capítulo, para comprender cuáles son sus limitaciones biológicas frente al calentamiento global. Pero si algo tienen en común todos los mamíferos marinos es que, independientemente de su modo de vida, los encuentros con estos fantásticos animales han sido un elemento clave en la historia de la humanidad.

Figura 1. Clasificación de las principales superfamilias y familias consideradas como mamíferos marinos y número de especies actuales, incluidas en cada grupo, según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)



* 4 de las 76 especies solo han sido avistadas en aguas continentales.

⁴ REIDENBERG (2007), PERRIN *et al.* (2009) y JEFFERSON *et al.* (2015).

2.1. Interacción humana con los mamíferos marinos: pasado y presente

Inicialmente, los mamíferos marinos (sobre todo los cetáceos) fueron objeto de respeto y temor, habitualmente representados como enormes peces que desprendían grandes cantidades de agua por los orificios de su cabeza. Posteriormente, comenzarían también a generar sentimientos de admiración, fascinación o misterio, y llenarían las diferentes culturas de nuestro planeta con fábulas, mitos, cuentos, novelas e incluso relatos religiosos, algunos de ellos tiznados de terror⁵. Cuando el ser humano sintió una mayor necesidad de explorar el medio marino y nuestros antepasados se adentraron mucho más en el vasto océano, comenzamos a explotar a estos animales en nuestro beneficio. Diversas civilizaciones utilizaron la piel, la carne, los huesos y la grasa de aquellos animales más accesibles debido a su curiosidad y tranquilidad y, durante mucho tiempo, fueron un recurso principal para muchas poblaciones. De hecho, hubo que esperar hasta la década de los años 70 para presenciar el asentamiento de un movimiento mundial en contra de la caza de ballenas, cuando muchas de sus poblaciones comenzaron a considerarse diezmadas⁶. Finalmente, sería en el año 1986 cuando entró en vigor la moratoria internacional sobre la caza de ballenas, la cual es regulada desde entonces por la Comisión Ballenera Internacional (*International Whaling Commission, IWC*)⁷. Aunque hoy en día la captura de mamíferos marinos todavía se mantiene con fines científicos o de subsistencia en ciertas regiones de nuestro planeta⁸, durante el siglo XX modificamos la percepción y el interés por nuestro entorno y el de los seres vivos que habitan en él. Por ello, los mamíferos marinos han pasado de ser criaturas descritas como terroríficas o perseguidas para nuestro consumo, a criaturas capaces de aflorar una notoria admiración, carisma y sensibilidad, así como un creciente sentimiento de protección. Actualmente, el impacto del calentamiento global y de otras amenazas relacionadas con la actividad humana, está poniendo en peligro la supervivencia de muchas especies de mamíferos marinos. La mayoría de ellos no tienen enemigos naturales, exceptuando algunos tiburones u otros mamíferos de su mismo grupo, y su causa de mortalidad más frecuente ha sido la contracción de enfermedades. Sin embargo, ya sea por su histórica explotación, como por la progresiva modificación de su entorno, el ser humano ha sido siempre su mayor peligro.

2.2. Valor ecológico

Cada uno de los seres vivos que habita nuestro planeta es poseedor de un gran valor intrínseco, por lo que todos ellos merecen de nuestra atención y respeto, ya que pertenecen a nuestro patrimonio natural. Sin embargo, en cada ecosistema encontramos un conjunto de especies que reportan un beneficio tal en términos ecológicos, que deben ser especialmente valorados. Los mamíferos marinos se encuentran, como muchas otras especies, en los eslabones más altos

⁵ ROMAN (2008).

⁶ ROMAN (2008).

⁷ IWC (2019).

⁸ ÁVILA *et al.* (2018) y IWC (2019).

de la cadena o pirámide alimentaria (trófica). Son voraces depredadores que mantienen en equilibrio a las poblaciones de presas, por lo que conservan la salud del ecosistema. Por desgracia, como consecuencia de esta elevada posición en la pirámide trófica, son acumuladores de los productos nocivos y contaminantes que incorporamos en el medio marino, por lo que también son utilizados como verdaderos indicadores del estado de salud del ecosistema. Asimismo, muchas de las poblaciones de estas especies que se encuentran dentro de programas de conservación, actúan como ‘especies paraguas’, ya que las propias acciones implementadas dentro de los programas específicos son beneficiosas colateralmente para especies que conviven con los mamíferos marinos protegidos. El creciente vigor por la conservación de este grupo de animales puede estar justificado debido a los sentimientos que despiertan en nuestra civilización, o debido al aumento de concienciación sobre nuestra responsabilidad en la protección del medio ambiente. Pero lo que verdaderamente justifica su valor de conservación (además de su propio valor intrínseco), es que mientras sigamos realizando avistamientos de estas especies significará que estamos manteniendo la salud del medio marino y, en consecuencia, la salud de nuestro propio mundo.

2.3. Estado global de conservación

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)⁹ actualiza de forma periódica un listado sobre el estado de conservación de todas las formas de vida del planeta (*Lista Roja* de la UICN), incluyéndolas en diferentes categorías en función de su probabilidad de extinción y el área de distribución evaluada¹⁰ (Figura 2). Este tipo de valoraciones presentan grandes desafíos que son en parte mitigados gracias al trabajo multidisciplinar de investigación.

No obstante, a pesar de los últimos avances tecnológicos y científicos, todavía no hemos equiparado el conocimiento del medio terrestre con el del medio marino¹¹. Este hecho se refleja en que los mamíferos marinos suponen únicamente un 2 % de la totalidad de mamíferos conocidos, pero la proporción de especies marinas bajo la categoría «datos insuficientes» es mayor con respecto a la de las terrestres¹² (Figura 3). Por otra parte, el porcentaje de especies extintas duplica al de las especies terrestres, y la proporción de especies que han sido determinadas como amenazadas (suma de las categorías CR, EN y VU, ver Figura 2), asciende al 27 %, frente al 21 % en el caso de sus congéneres terrestres (Figura 3). Además, cabe destacar que si tenemos en cuenta a las especies de las que no tenemos información suficiente (las cuales podrían estar también amenazadas), el rango de amenaza de los mamíferos marinos estaría entre el 27-47 % frente al 21-36 % de los terrestres, evidenciando la crítica situación de los primeros¹³.

⁹ Del inglés: *International Union for Conservation of Nature* (IUCN).

¹⁰ UICN (2012a).

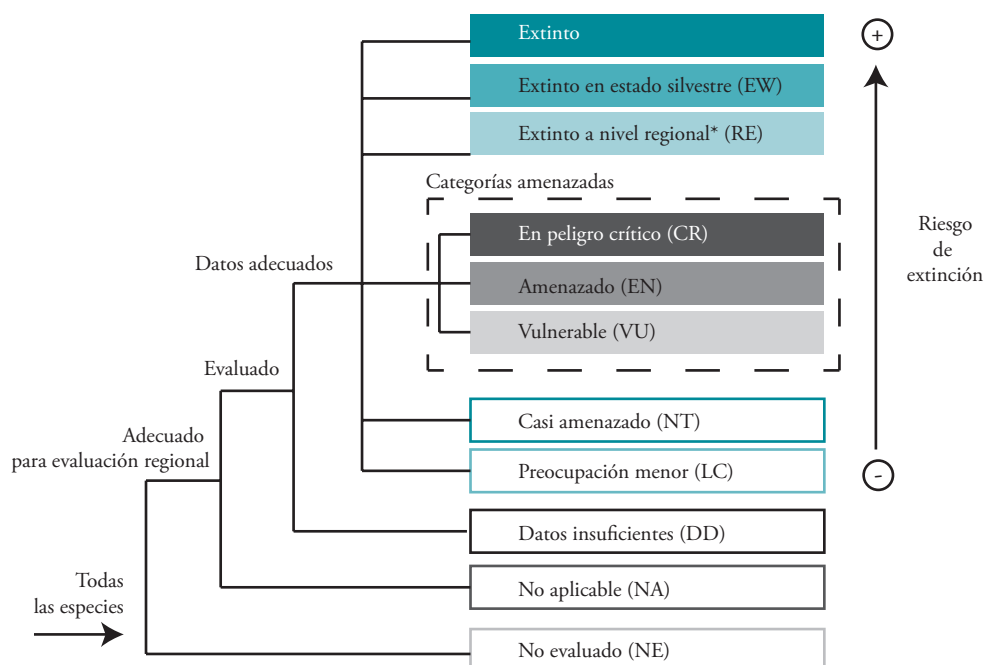
¹¹ SCHIPPER *et al.* (2008).

¹² SCHIPPER *et al.* (2008).

¹³ SCHIPPER *et al.* (2008).

Aunque estas cifras han disminuido en los últimos años¹⁴ gracias al aumento del estudio de las poblaciones y a la implementación de programas de conservación, los datos presentados en el presente capítulo siguen mostrando la necesidad de incrementar la información sobre el medio marino, y a su vez, manifiestan las consecuencias que está sufriendo el mayor ecosistema de nuestro planeta.

Figura 2. Categorías sobre el estado de amenaza en función de la probabilidad de extinción, establecidas por la UICN para la actualización de la *Lista Roja* de especies

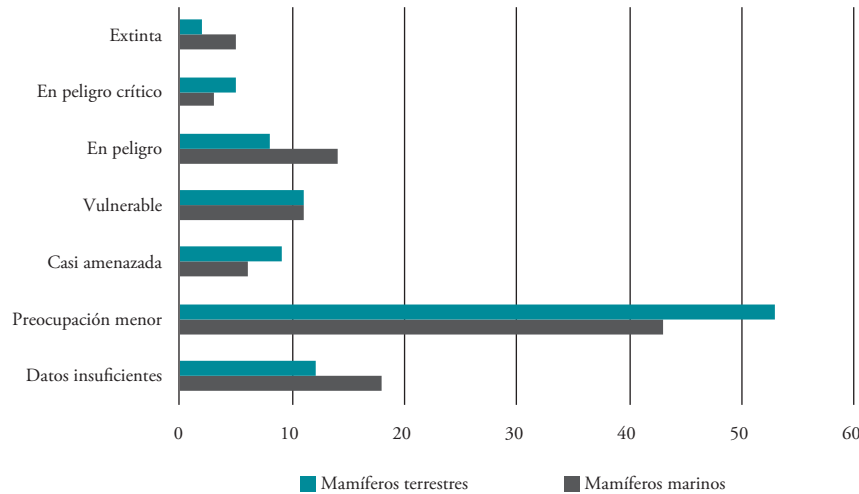


* Esta clasificación es aplicable tanto a especies como a grupos taxonómicos, pudiendo variar en función el área de distribución evaluada.

Fuente: UICN (2012a).

¹⁴ UICN (2019).

Figura 3. Diagrama que muestra la proporción de especies de mamíferos marinos (anillo interno) y de mamíferos terrestres (anillo externo), incluidas por la UICN en cada una de las categorías de la *Lista Roja*



* Solo se indican las categorías en las que hay al menos una especie. La categoría «Extinta en estado silvestre» no aparece representada en el diagrama debido a su baja proporción (dos especies de mamíferos terrestres).

Fuente: UICN (2012a).

3. Mamíferos marinos del mar Mediterráneo

El Mediterráneo es un mar semicerrado que cuenta con una amplia variedad de ambientes costeros y profundos, estructuras geológicas submarinas, y dinámicas oceanográficas que resultan en la posibilidad de una elevada riqueza de hábitats y áreas de gran productividad. Como consecuencia, sostiene una gran concentración de vida y acoge un diverso y singular número de especies, motivo por el que ha sido reconocido como uno de los puntos calientes de biodiversidad (*biodiversity hot spot*) más importantes del planeta, con aproximadamente un 20 % de especies exclusivas o endémicas de este mar¹⁵. La distribución geográfica de los mamíferos marinos viene determinada por la temperatura del mar, la morfología de la costa o topografía del fondo marino, la abundancia del alimento (directamente relacionada con las corrientes oceánicas), así como por la intensidad de la actividad humana¹⁶. En el mar Mediterráneo tenemos la suerte de contar con 11 especies de mamíferos marinos residentes¹⁷ (Tabla 1), registradas a lo largo de todo el año y que crían en la región, siendo una de ellas el segundo mamífero marino más grande del planeta: el rorcual común. Además, nuestro mar también es visitado de forma eventual o aislada

¹⁵ UICN (2012b) y Pace *et al.* (2015).

¹⁶ UICN (2012b) y Pace *et al.* (2015).

¹⁷ PACE *et al.* (2015).

por otras 10 especies¹⁸ (Tabla 2). Según la UICN, más de la mitad de las especies residentes están disminuyendo sus poblaciones y se encuentran clasificadas bajo diferentes categorías de amenaza (Tabla 1), destacando el estado de la foca monje del Mediterráneo, cuya población se encuentra entre los 350-450 individuos maduros¹⁹.

Tabla 1. Especies de mamíferos marinos visitantes* y errantes del mar Mediterráneo. Distribución y categoría global de clasificación en la *Lista Roja* según la UICN (2019)

Grupo	Especie	Nombre común	Distribución	Categoría
Odontocetos	<i>Hyperoodon ampullatus</i> (Foster, 1770)	Zifio calderón boreal	Oceánica	DD
	<i>Kogia sima</i> (Owen, 1866)	Cachalote enano	Oceánica	DD
	<i>Mesoplodon densirostris</i> (Blainville, 1817)	Zifio Blainville	Oceánica	DD
	<i>Mesoplodon europaeus</i> (Gervais, 1855)	Zifio de Gervais	Oceánica	DD
	<i>Pseudorca crassidens</i> (Owen, 1846)	Falsa orca*	Nerítica/océánica	NT
Misticetos	<i>Balaenoptera acutoristrata</i> (Lacépède, 1804)	Rorcual aliblanco*	Nerítica/océánica	LC
	<i>Megaptera novaeangliae</i> (Borowski, 1781)	Ballena jorobada*	Nerítica/océánica	LC
	<i>Balaenoptera borealis</i> (Lesson, 1828)	Rorcual boreal	Nerítica/océánica	EN
	<i>Eubalaena glacialis</i> (P. L. S Müller, 1776)	Ballena franca del norte	Nerítica/océánica	EN
	<i>Eschrichtius robustus</i> (Lilljeborg, 1861)	Ballena gris	Nerítica/océánica	LC

Tabla 2. Especies de mamíferos marinos residentes en el mar Mediterráneo. Distribución y categoría de la *Lista Roja* según la UICN referida únicamente a las poblaciones mediterráneas

Grupo	Especie	Nombre común	Distribución	Categoría
Odontocetos	<i>Delphinus delphis</i> (Linnaeus, 1758)	Delfín común	Nerítica/océánica	EN
	<i>Globicephala melas</i> (Traill, 1809)	Calderón común	Oceánica	DD
	<i>Grampus griseus</i> (G. Cuvier, 1812)	Calderón gris	Oceánica	DD
	<i>Orcinus orca</i> (Linnaeus, 1758)	Orca*	Costera	CR
	<i>Physeter macrocephalus</i> (Linnaeus, 1758)	Cachalote	Nerítica/océánica	EN
	<i>Stenella coeruleoalba</i> (Meyen, 1833)	Delfín listado	Oceánica	VU
	<i>Steno bredanensis</i> (Cuvier in Lesson, 1828)	Delfín de dientes rugosos*	Costera/nerítica	NE
	<i>Tursiops truncatus</i> (Montagu, 1821)	Delfín mular	Nerítica/océánica	VU
	<i>Ziphius cavirostris</i> (Cuvier, 1823)	Ballena de Cuvier	Nerítica/océánica	DD
Misticetos	<i>Balaenoptera physalus</i> (Lannaenus, 1758)	Rorcual común	Nerítica	VU
Fócidos	<i>Monachus monachus</i> (Hermann, 1779)	Foca monje del Mediterráneo	Costera/nerítica	CR

* Estas dos especies han sido históricamente consideradas como visitantes del Mediterráneo. No obstante, Pace et al. (2015) las añaden al cómputo de especies residentes debido a que algunas poblaciones se están asentando en el estrecho de Gibraltar (orca) y en la cuenca levantina (delfín de dientes rugosos).

¹⁸ PACE et al. (2015).

¹⁹ UICN (2019).

Además, a las especies restantes no se les ha asignado ninguna categoría de amenaza debido a la ausencia de evaluación o la falta de información, por lo que el porcentaje de especies amenazadas podría ser aún mayor. La elevada proporción de especies amenazadas en la cuenca mediterránea²⁰ es un claro reflejo de la nueva realidad de nuestro mar, el cual se está transformando poco a poco en un hogar inhóspito para la singular vida que contiene.

Un mar lleno de vida, aunque colmado de amenazas

Antiguamente, los mamíferos marinos en el mar Mediterráneo también fueron capturados por su aceite, huesos y carne²¹, pero hoy en día, los dos tercios de las especies catalogadas bajo amenaza en nuestro mar se enfrentan a un conjunto de peligros que resultan de una actividad muy diferente. La UICN ha establecido hasta 12 categorías generales de amenazas para los seres vivos del planeta, que se subdividen en función de los diferentes tipos de actividad. En el caso de los mamíferos marinos del mar Mediterráneo identificamos 8 de estas categorías, cuyo origen, tipología y consecuencias son brevemente tratadas en el presente capítulo (Tabla 3), siendo especialmente recomendable la consulta en detalle de sus complejas interacciones en la profunda revisión de Pace *et al.* (2015).

Tabla 3. Categorías de amenaza, actividades de origen humano implicadas, y consecuencias directas e indirectas para los mamíferos marinos. Se indican únicamente las categorías que encontramos en el mar Mediterráneo según la UICN

Categoría	Actividades implicadas	Consecuencias
Desarrollo residencial y comercial	Expansión urbana, industrial, comercial, turística y de ocio	Modificaciones en el medio natural
Corredores o vías de transporte y servicios	Tráfico marítimo, turístico, recreativo y comercial	Colisiones, muertes accidentales, incremento de contaminantes (químicos y acústicos) y estrés
Uso de los recursos biológico	Sobreexplotación, pesquera y pesca menor	Capturas accidentales (<i>bycatch</i>) y disminución de recursos alimenticios
Perturbaciones	Actividades de ocio, trabajo o maniobras militares	Modificaciones en el medio y estrés
Modificaciones del sistema natural	Cualquier tipo de transformación del medio	Pérdida de salud y calidad del sistema
Interacciones	Interespecíficas (con otras especies): especies invasoras o patógenos	Aumento de la competencia y mortalidad por enfermedades
	Intraespecíficas (con la propia especie): disminución del contacto con otras poblaciones aldeanas	Pérdida de variabilidad genética
Contaminación	Elementos fisicoquímicos: hidrocarburos, metales pesados, basura, etc.	Depresión del sistema inmune, disminución de la reproducción, ingestión de basura y animales atrapados
	Elementos energéticos: ruido, luz, radiación, etc.	Interferencia con los sistemas de emisión y recepción del sonido
Cambio climático	Aumento de temperatura, del dióxido de carbono disuelto en el agua y variaciones en la salinidad	Perturbaciones integrales del equilibrio del ecosistema*

* Las consecuencias del cambio climático son tratadas en particular en el siguiente apartado.

²⁰ ÁVILA *et al.* (2018).

²¹ PACE *et al.* (2015).

En la ‘pequeña’ cuenca mediterránea, hemos conseguido reunir la colección completa de impactos sobre el medio marino, ya que las 4 categorías restantes propuestas por la UICN están más vinculadas al medio terrestre o a las catástrofes naturales. Aunque es cierto que también hay factores ecológicos que afectan a los mamíferos marinos, como las interacciones con otras especies, la proporción de impactos de origen humano es incomparable. El tipo de amenaza y el grado de afectación varía en función de las características biológicas y ecológicas de cada especie, por lo que las que compartan hábitos tendrán amenazas comunes, mientras que otros peligros tendrán consecuencias en un grupo reducido de especies. Por ello, no es de extrañar que el delfín mular, una de las especies de distribución más amplia y comportamiento menos tímido, sea la especie que reúna el mayor número de impactos. O que aquellas especies menos ubiquestas, más reservadas, menos conocidas, y que viven a mayor profundidad, como el delfín de dientes rugosos, el calderón gris, la ballena de cuvier o el cachalote, sean las que reúnan un número menor (Gráfico 1). Independientemente, la cantidad de tipos de impactos no determina por sí sola el grado de amenaza de las especies, ya que el grado de afectación también tiene que ver con las características del área que sufre la perturbación y, sobre todo, de la intensidad de esta. La costa mediterránea presenta una elevada presión turística y comercial que incrementa sustancialmente la interacción con el medio marino²². Además, los efectos de nuestra actividad no son independientes, sino que en la mayoría de los casos son acumulativos y actúan de forma sinérgica. De hecho, estudios recientes han situado a la cuenca mediterránea como uno de los mares más amenazados de todo el planeta debido a su gran concentración de impactos²³, y la gravedad es todavía mayor si tenemos en cuenta su elevada riqueza de biodiversidad y endemismos. Las especies de mamíferos marinos del mar Mediterráneo están en su mayoría amenazadas por el uso de recursos biológicos, la contaminación, y las perturbaciones (Gráfico 2). No obstante, los efectos del calentamiento global están produciendo notables modificaciones en las dinámicas oceanográficas, con estimas de un aumento de la temperatura de hasta 0,35 °C por década entre los años 2000 y 2100, por lo que nuestra cuenca ha llegado a ser considerada como una de las regiones de mayor vulnerabilidad ante este cambio.

Diversos análisis apuntan a que los efectos del calentamiento global van a determinar el futuro de la biodiversidad del mar Mediterráneo y, en el caso de los mamíferos marinos, ya contamos con el 45 % de las especies bajo su amenaza (Gráfico 2). Pero para comprender cómo perjudica este fenómeno a estos animales, debemos empezar a pensar en el océano como un conjunto de factores estrechamente interconectados.

²² PACE *et al.* (2015) y LEJEUSNE *et al.* (2010).

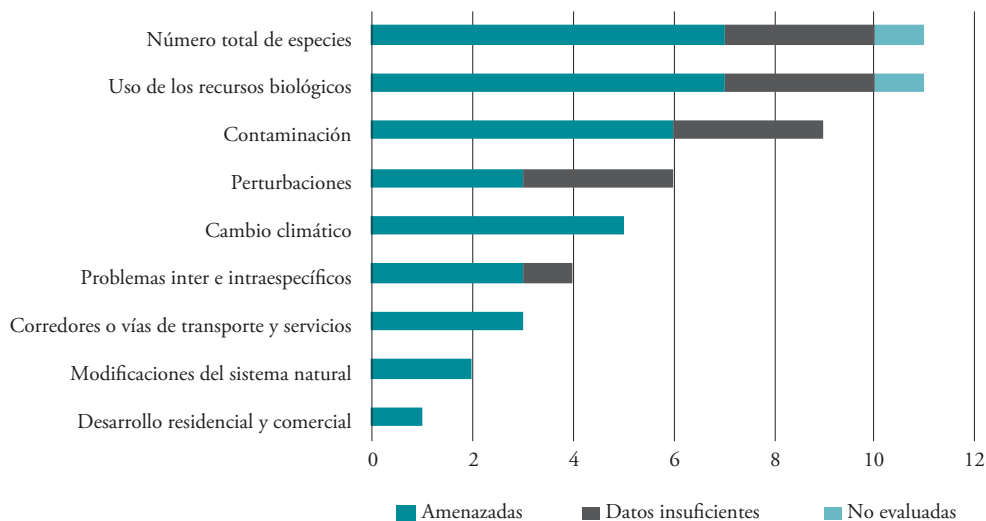
²³ HALPERN *et al.* (2008) y ÁVILA *et al.* (2018).

Gráfico 1. Principales impactos que amenazan las poblaciones de las especies de mamíferos marinos residentes en el mar Mediterráneo

	Delfin mular	Foca monje	Rorcual común	Delfin listado	Orca	Calderón común	Delfin común	Cachalote	Ballena de Cuvier	Calderón gris	Delfin de dientes rugosos
Cambio climático											
Contaminación											
Problemas inter e intraespecíficos											
Modificaciones del sistema natural											
Perturbaciones											
Uso de los recursos biológicos											
Corredores o vías de transporte											
Desarrollo residencial y comercial											
Número de impactos sobre total (8)	7	4	4	4	4	4	4	3	3	3	1

* Las actividades concretas, así como la intensidad de sus efectos pueden ser consultadas en detalle en UICN (2019).

Gráfico 2. Número de especies de mamíferos marinos del mar Mediterráneo agrupadas por categoría de amenaza y diferenciadas por su estado de conservación



4. El futuro de los mamíferos marinos: un nuevo escenario ecológico

La dinámica de los ecosistemas está determinada por las características fisicoquímicas del entorno (factores abióticos) y la actividad de los seres vivos que habitan en este (factores bióticos), de forma que los cambios producidos en cualquiera de los niveles tendrán consecuencias en el sistema. Este ciclo periódico ‘causa-efecto’ ha sido un proceso natural sobre el cual ha operado la evolución para la regulación del funcionamiento de los ecosistemas. Sin embargo, la velocidad de cambio del calentamiento global es demasiado elevada en comparación a la de los procesos terrestres, por lo que el equilibrio natural está siendo alterado²⁴. El aumento de la temperatura global se debe a la creciente producción del principal gas de efecto invernadero: el dióxido de carbono (CO₂). Este patrón físico y químico se extiende hasta el medio acuático, por lo que ambos factores son culpables de las alteraciones que están sufriendo el océano y todos sus habitantes²⁵. Por una parte, el aumento del CO₂ disuelto en el agua aumenta la acidificación del medio marino, por lo que muchos organismos dependientes de la composición química del agua, como diversos componentes de la base de la pirámide alimentaria (fitoplancton y zooplancton), están viendo comprometida su supervivencia. Por otra parte, el aumento de temperatura induce el deshielo de los polos y el aumento del nivel del mar, variaciones en la salinidad del medio, aumento del rango de las latitudes templadas, cambios en la dinámica del viento, de las corrientes y de los ciclos oceanográficos²⁶. Como consecuencia, el hábitat de muchas especies está desapareciendo poco a poco, las especies cuya supervivencia depende de la temperatura están modificando su área de distribución, y las poblaciones de organismos que sustentan las cadenas tróficas también están disminuyendo su abundancia por el cambio en las dinámicas oceánicas²⁷. En el caso particular de los mamíferos marinos, muchas especies sufren de forma directa los cambios en la temperatura: las especies ligadas al medio terrestre o regiones cubiertas de hielo están perdiendo su hábitat, y aquellas cuya biología está adaptada a latitudes concretas podrían ver reducido su rango de distribución²⁸. Por último, otras especies más tolerantes a los cambios de temperatura podrían aumentar su distribución geográfica, pero con la consecuente incertidumbre en cuanto a la cantidad y calidad de recursos, así como a la presencia de especies competidoras o depredadoras que puedan encontrar²⁹.

Al mismo tiempo, las consecuencias del calentamiento global sobre la estructura de los factores bióticos del ecosistema marino derivan en un impacto indirecto de vital relevancia: el acceso a los recursos alimenticios. Las especies de mamíferos marinos que dependen de las áreas de gran productividad primaria se enfrentan a épocas de escasez de alimento, viéndose especialmente afectadas las especies que invierten un inmenso gasto energético durante sus

²⁴ SIMMONDS y ISAAC (2007).

²⁵ GIBSON *et al.* (2007) y BRIERLEY y KINGSFORD (2009).

²⁶ BRIERLEY y KINGSFORD (2009).

²⁷ GIBSON *et al.* (2007).

²⁸ SIMMONDS y ISAAC (2007) y GIBSON *et al.* (2007).

²⁹ GIBSON *et al.* (2007).

extensas migraciones³⁰. O también aquellas especies que están especializadas en la explotación de un recurso alimenticio concreto, debido a estructuras o comportamientos específicos, o porque sus presas son nutricionalmente óptimas para su supervivencia. Como resultado de los cambios en la distribución y la abundancia del alimento, algunas especies deberán optar por consumir recursos menos nutritivos, y otras quizás tendrán que realizar un esfuerzo mayor durante su búsqueda³¹, lo que conllevaría posibles variaciones en su distribución, comportamiento, éxito reproductivo, abundancia de individuos, y susceptibilidad ante la contaminación y las enfermedades³².

Como hemos visto en el apartado anterior, las estimas y evaluaciones del posible marco futuro en el mar Mediterráneo no son para nada esperanzadoras, y podemos pronosticar cualquiera de los escenarios descritos. El cambio en la temperatura del agua, la salinidad, y la acidificación³³, podrían no tener consecuencias directas sobre la supervivencia de los mamíferos marinos, pero producirán cambios en la distribución y abundancia del plancton que tendrán repercusiones en los niveles consecutivos, hasta alcanzar a las especies de mamíferos marinos. También podría tener lugar la instalación definitiva de nuevas especies que conllevaría al aumento de la competencia por el alimento. La respuesta del ecosistema es la que está evidenciando el principal problema: el ritmo del cambio climático no permite una adaptación progresiva, sino que nos está conduciendo hacia un cambio vertiginoso del que no tenemos control. Los mamíferos marinos van a depender de su respuesta biológica ante las variaciones del entorno, mientras que la salud del ecosistema seguirá dependiendo de su existencia. Y será la búsqueda y óptima adquisición del alimento, uno de los principales factores que intervendrán en el devenir de estas especies.

5. Alimentarse o respirar, esa es la cuestión

Desde su exitoso regreso al medio acuático, el océano ha moldeado las características biológicas de los mamíferos marinos, proporcionándoles las herramientas que les han permitido su eficaz explotación, pero alejándoles evolutivamente de sus parientes terrestres³⁴. Uno de los principales factores implicados fue el diverso mundo de posibilidades nutritivas, que favoreció la aparición de una elevada diversidad de adaptaciones y estrategias alimenticias, y permitió el acceso a los recursos. Como resultado, actualmente encontramos desde especies herbívoras, hasta especies carnívoras que se alimentan de una gran variedad de presas (*krill*, animales con conchas o gelatinosos, peces, aves, e incluso otros mamíferos) mediante sistemas de filtración, estrategias de caza cooperativa, e incluso elaboradas técnicas de confusión para sus presas³⁵. No obstante, sobrevivir en el medio marino supuso todo un reto: el agua era más densa que el

³⁰ GIBSON *et al.* (2007) y SIMMONDS y ISAAC (2007).

³¹ GIBSON *et al.* (2007).

³² LIONELLO *et al.* (2012).

³³ LIONELLO *et al.* (2012).

³⁴ BERTA *et al.* (2006).

³⁵ JEFFERSON *et al.* (2015) y BERTA *et al.* (2006).

aire y la presión ambiental aumentaba con la profundidad, la temperatura corporal se perdía más rápidamente, y la oscuridad total se cernía a elevadas profundidades. Pero, sin lugar a duda, hubo un factor decisivo que determinó la dirección de la evolución de estos animales, y es que, mientras su alimento se encontraba sumergido, su acceso al oxígeno (O_2) permanecía en la superficie. Debido a las grandes diferencias y limitaciones ecológicas que supuso la colonización del medio marino, este grupo de mamíferos no solo tuvo que adquirir diversas adaptaciones anatómicas y sensoriales³⁶, sino que también tuvieron que modificar su fisiología. Los mecanismos fisiológicos engloban al conjunto de procesos celulares que, bajo unas condiciones ambientales determinadas, permiten el correcto funcionamiento de los órganos y la integración de los diferentes sistemas. Aunque todas las funciones de los procesos fisiológicos son de vital relevancia, podríamos destacar dos aspectos básicos para el éxito de la colonización de un ambiente: el coste que supone alcanzar un estado de bienestar en el nuevo medio, y el compromiso entre la eficacia en la asimilación del recurso alimenticio y el precio energético de su búsqueda. Esto condujo a que la presión evolutiva también favoreciera la aparición de modificaciones fisiológicas que permitieran la supervivencia de los mamíferos marinos en los diferentes hábitats donde se encontraba su alimento favorito y, gracias a ello, hoy en día su riqueza de especies se extiende desde el norte hasta el sur de los océanos de nuestro planeta, llegando incluso a alcanzar las grandes profundidades del océano. Como única consecuencia, el precio que tuvieron que pagar los mamíferos marinos para lograr el equilibrio entre la adquisición de energía y su consumo, resultó en uno de los comportamientos que mayor fascinación ha causado entre la comunidad científica: el buceo.

¿Qué sucede cuando los mamíferos marinos se sumergen?

La respiración es un proceso que consiste en la utilización de O_2 para la producción de energía y la consecuente formación de CO_2 , y los principales sistemas implicados en los animales pulmonados son: el sistema respiratorio que se encarga de facilitar el acceso del aire exterior introduciéndolo en el organismo, y el sistema circulatorio cuya función es el reparto del O_2 desde los pulmones hasta los órganos, tejidos y, finalmente, las células. Estos dos sistemas deben tener una conexión y sincronización perfectas para poder realizar su tarea de forma efectiva, siendo los procesos fisiológicos los que se encargan de integrarlos. Los mamíferos marinos poseen parte de los mecanismos fisiológicos originales de sus ancestros terrestres, pero moldeados y optimizados para permitir largos periodos sin aporte de O_2 bajo la superficie del océano. A grandes rasgos, cuando los mamíferos marinos llenan sus pulmones de aire antes de comenzar la inmersión, se produce un aumento de la frecuencia cardiaca (taquicardia) con el fin de repartir rápidamente el O_2 y preparar todos los tejidos para el buceo. Muchas especies tienen una mayor cantidad de glóbulos rojos, las células sanguíneas que contienen la proteína encargada de la captación del oxígeno: la hemoglobina. Además, también es característica la elevada presencia en el músculo de otra proteína cuya afinidad por el oxígeno es aún mayor:

³⁶ BERTA *et al.* (2006) y REIDENBERG (2007).

la mioglobina. Por ello, el paso de la sangre por los pulmones retira rápidamente el oxígeno que será depositado en todos los tejidos, pero con mayor afinidad en los músculos, preparándolos para el elevado gasto energético del buceo. Muy poco después tiene lugar una disminución de la frecuencia cardíaca (bradicardia) y una restricción diferencial de la circulación sanguínea (vasoconstricción), de forma que el O_2 restante es enviado a los órganos de mayor importancia como el corazón y el cerebro, evitando los órganos viscerales que disminuyen su actividad (metabolismo). Además, estos animales han desarrollado una locomoción muy eficaz durante el buceo que, ayudada por sus cuerpos hidrodinámicos, les convierte en verdaderos ahorradores energéticos. Finalmente, cuando estos animales ascienden hacia la superficie, se produce nuevamente una taquicardia y la recirculación de la sangre, con el fin de recoger el CO_2 producido y como anticipación al reparto del nuevo O_2 .

Los ajustes fisiológicos que tienen lugar durante el buceo son un compromiso entre conseguir el objetivo de la inmersión (alimento), el tiempo y el gasto necesario de O_2 . Un océano donde cada vez sea más difícil encontrar el alimento, desequilibra el balance energético de esta ecuación, ya que el coste de la búsqueda podría no verse recompensado. Estos animales pueden tener respuestas fisiológicas diferenciales en función de sus necesidades, pero lo que no pueden es modificar completamente sus mecanismos debido a un drástico cambio en su entorno. Pero ¿sabemos dónde están sus límites fisiológicos?

6. Últimos avances en el estudio fisiológico de los mamíferos marinos

El estudio del comportamiento del buceo siempre ha conllevado una gran dificultad debido a nuestras limitaciones tecnológicas, pero gracias al reciente desarrollo en la exploración marina³⁷, hoy en día hemos podido registrar récords de inmersiones de más de una hora de duración y kilómetros de profundidad en algunas especies³⁸, lo que demuestra la gran capacidad fisiológica de estos animales. Además, el intenso esfuerzo científico a lo largo de las últimas décadas ha conducido a una mejora sustancial del entendimiento de los ajustes que tienen lugar durante el buceo, que pueden ser estudiados y consultados incluso en volúmenes específicos³⁹. Las primeras investigaciones trataron sobre el estudio de la capacidad de los mamíferos marinos para permanecer largos periodos de tiempo sin renovación de O_2 ⁴⁰. Paralelamente, los investigadores también dirigieron su progreso hacia el estudio de la anatomía⁴¹ (estructura, composición y morfología) y del funcionamiento de los procesos respiratorios⁴² (mecánica pulmonar), por lo que empezamos a descubrir algunas de las características que los diferencian

³⁷ CASTELLINI (2012).

³⁸ BERTA *et al.* (2006), PONGANIS (2011) y ROPERT-COUDERT *et al.* (2018).

³⁹ CASTELLINI y MELLISH (2015) y PONGANIS (2015).

⁴⁰ CASTELLINI (2012).

⁴¹ PISCITELLI *et al.* (2010) y MOORE *et al.* (2014).

⁴² FAHLMAN *et al.* (2017).

de los mamíferos terrestres⁴³. Los estudios sobre mecánica pulmonar también han permitido la elaboración de teorías sobre cómo estos animales evitan la enfermedad descompresiva⁴⁴, también llamada ‘enfermedad del buzo’, sobre la cual encontramos dedicado un capítulo completo en el presente volumen. Muchos de estos avances científicos tuvieron lugar gracias al estudio anatómico de animales varados y, en sus orígenes, algunas de las investigaciones sobre mecánica pulmonar se realizaron mediante el estudio de animales capturados para tal fin. Sin embargo, algunos científicos consideran que esta información debe ser tratada con precaución, dado que algunas de las características funcionales no pueden ser entendidas si los organismos no están vivos y, por otro lado, los mecanismos fisiológicos que operan durante una situación de peligro (como puede ser una captura), podrían no ser un reflejo real del comportamiento en condiciones habituales. Independientemente, los estudios iniciales arrojaron luz suficiente al respecto de las diferencias entre los mamíferos marinos y los terrestres, como para demostrar la necesidad de intensificar el estudio de su particular biología. Por este motivo, durante las últimas décadas la metodología para el estudio de la fisiología respiratoria de los mamíferos marinos ha dado un giro excepcional gracias al trabajo mediante la participación voluntaria de animales bajo el cuidado humano⁴⁵. El trabajo científico en colaboración con los animales excluye componentes adicionales que pudieran adulterar los resultados obtenidos, y permite la obtención de información de muchas especies diferentes. Una de las herramientas aplicadas para incrementar nuestro conocimiento sobre el funcionamiento del sistema respiratorio, son las técnicas de función pulmonar⁴⁶ (o espirometrías), originales del ámbito de la medicina humana. Gracias a la adaptación de estos equipos de medición a las diferentes especies, podemos obtener información sobre sus volúmenes y flujos pulmonares, así como de su gasto energético (tasa de utilización de O₂ y producción de CO₂). Conocer cuánta energía necesitan incorporar para su supervivencia, así como los límites fisiológicos de su sistema respiratorio, respondería a muchas de las preguntas que surgen debido a los posibles cambios en la cantidad, calidad y distribución de sus presas: ¿cuánto alimento necesitan para su supervivencia? ¿Podrán sobrevivir alimentándose de presas menos energéticas? ¿Son capaces de aumentar sus tiempos de inmersión si sus presas cambian su distribución? Además, otro de los aspectos destacables del uso de esta metodología es su aplicación veterinaria, ya que la información obtenida puede ser utilizada para comprender las frecuentes enfermedades pulmonares que padecen los animales que se encuentran en el océano. Científicos de la Fundación Oceanogràfic, en colaboración con otras múltiples instituciones de investigación, están actualmente aplicando esta metodología de participación voluntaria para realizar diversos estudios fisiológicos sobre la especie más amenazada del mar Mediterráneo: el delfín mular⁴⁷. Pero también destaca el estudio de especies como las belugas⁴⁸ o las morsas⁴⁹, cuyo hábitat, el Ártico, también se encuentra especialmente amenazado por el cambio climático. Esta versátil metodología implica

⁴³ FAHLMAN *et al.* (2017).

⁴⁴ GARCÍA PÁRRAGA *et al.* (2018).

⁴⁵ FAHLMAN *et al.* (2015), FAHLMAN y MADIGAN (2016), FAHLMAN *et al.* (2019) y FAHLMAN (datos no publicados).

⁴⁶ GARCÍA-RÍOA *et al.* (2013).

⁴⁷ MIEDLER *et al.* (2015) y FAHLMAN *et al.* (2019).

⁴⁸ FAHLMAN *et al.* (2018).

⁴⁹ BORQUE-ESPINOSA *et al.* (datos no publicados).

el trabajo multidisciplinar entre cuidadores, científicos y veterinarios, asegurando la obtención de información bajo los necesarios estándares de bienestar animal. Sin embargo, si algo hemos de destacar dentro de esta gran colaboración, es la aportación de los animales implicados en estos estudios, ya que son ellos los que están proporcionando datos de extrema relevancia que nos ayudarán a entender la situación de las especies que actualmente se encuentran bajo un elevado y creciente grado de preocupación.

7. Conclusiones

El océano sigue siendo ese inmenso, fascinante y desconocido acompañante de nuestra existencia. Todavía no habíamos llegado a conocer y comprender la vida que contiene, o a descubrir muchos de sus rincones y secretos, y cuando pensábamos que avanzábamos en el camino, nos dimos cuenta de que habíamos propiciado su lenta e inexorable destrucción. El impacto del calentamiento global está ganando posiciones en los últimos años y sus efectos nos envían claros mensajes de alarma a través de los cambios en el paisaje, dinámicas marinas, y la distribución y composición de especies. Por ello, debemos concentrar nuestro esfuerzo en la mejora de las herramientas de predicción de las futuras condiciones ecológicas, así como de sus consecuencias, de forma que seamos capaces de pronosticar la respuesta de todos los niveles del sistema. Los grandes depredadores como los mamíferos marinos tienen un papel fundamental en el mantenimiento de la salud del ecosistema, por lo que el estudio de su biología y ecología es de vital relevancia para valorar con precisión los posibles escenarios futuros. El estudio del funcionamiento del sistema respiratorio y del consumo energético de estos animales, nos proporcionará información que ayudará a comprender los límites del buceo, permitiéndonos la inclusión de estas restricciones en los programas de conservación. Sin embargo, nuestra situación no solo requiere de una participación activa de la comunidad científica, sino que también reclama una respuesta inmediata desde todos los niveles de la sociedad. Durante los próximos años, políticos, educadores y científicos, tendrán que unir fuerzas y establecer fuertes vínculos que resulten en la creación y ejecución responsable de programas de conservación y educación, que ayuden a mitigar los riesgos y amenazas de estos animales. Siendo igualmente importante la aportación individual de cada uno de los ciudadanos a través de pequeños cambios en nuestros hábitos, y la demanda de acciones que protejan nuestro patrimonio natural. Por ello, todos nosotros tenemos una responsabilidad conjunta: procurar salvaguardar la oportunidad de convivencia y supervivencia de la biodiversidad de nuestro planeta.

Referencias bibliográficas

- AVILA, I. C.; KASCHNER, K. y DORMANN, C. F. (2018): «Current global risks to marine mammals: Taking stock of the threats»; en *Biological Conservation* 221; pp. 44-58.
- BERTA, A., SUMICH, J. L. y KOVACS, K. M. (2006): *Marine Mammals-Evolutionary Biology*. Amsterdam, Academic Press.
- BORQUE-ESPINOSA, A.; FERRERO-FERNÁNDEZ, D.; CAPACCIONI AZZATI, R. y FAHLMAN A.: «Lung function through voluntary participation in healthy adult female walruses (*Odobenus rosmarus*) resting stationed in water and on land». Datos no publicados.
- BRIERLEY, A. S. y KINGSFORD, M. J. (2009): «Impacts of Climate Change on Marine Organisms and Ecosystems»; en *Current Biology* (14 19); pp. R602-R614.
- CASTELLINI, M. (2012): «Life Under Water: Physiological Adaptations to Diving and Living at Sea»; en *Comprehensive Physiology* 2); pp. 18889-11919.
- CASTELLINI, M. A. y MELLISH, J. A. (2015): *Marine Mammal Physiology: Requisites for Ocean Living*. CRC Press.
- COMMITTEE ON TAXONOMY (2016): List of Marine Mammal Species and Subspecies. Society for Marine Mammalogy. Disponible en: <https://www.marinemammalscience.org/specie-sinformation/list-marine-mammal-species-subspecies/>. Visitado el 15 de mayo de 2019.
- FAHLMAN, A. y MADIGAN, J. (2016): «Respiratory function in voluntary participating Patagonia sea lions in sternal recumbency»; en *Frontiers in Physiology* (528 7); pp. 1-9.
- FAHLMAN, A.; LORING, S. H.; LEVINE, G.; ROCHO-LEVINE, J.; AUSTIN, T. y BRODSKY, M. (2015): «Lung mechanics and pulmonary function testing in cetaceans »; en *Journal of Experimental Biology* 218); pp. 2030-2038.
- FAHLMAN, A.; MOORE, M. J. y GARCÍA-PARRAGA, D. (2017): «Respiratory function and mechanics in pinnipeds and cetaceans»; en *Journal of Experimental Biology* (10 220); pp. 1761-1763.
- FAHLMAN, A.; EPPLE, A.; GARCÍA-PARRAGA, D.; ROBECK, T.; HAULENA, M.; PISCITELLI-DOSHKOV, M. y BRODSKY, M. (2018): «Characterizing respiratory capacity in belugas (*Delphinapterus leucas*)»; en *Respiratory Physiology & Neurobiology* pp.
- FAHLMAN, A.; BRODSKY, M.; MIEDLER, S.; DENNISON, S.; IVANČIĆ, M.; LEVINE, G.; ROCHO-LEVINE, J.; MANLEY, M.; ROCABERT, J. y BORQUE-ESPINOSA, A. (2019): «Ventilation and gas exchange before and after voluntary static surface breath-holds in clinically healthy bottlenose dolphins, (*Tursiops truncatus*)»; en *The Journal of Experimental Biology* pp. jeb.192211.
- FAHLMAN, A., MEEGAN, J. y BORQUE-ESPINOSA, A.: «Respiratory function in voluntary participating California sea lions (*Zalophus californianus*) in water and on land». Datos no publicados.

- GARCÍA PÁRRAGA, D., MOORE, M. y FAHLMAN, A. (2018): «Pulmonary ventilation–perfusion mismatch: a novel hypothesis for how diving vertebrates may avoid the bends»; en *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* (1877 285); pp.
- GARCÍA-RÍOA, F., CALLE, M., BURGOS, F., CASAN, P., DEL CAMPO, F., GALDIZ, J. B., GINER, J., GONZÁLEZ-MANGADO, N., ORTEGA, F. y MAESTU, L. P. (2013): «Spirometry»; en *Archivos de Bronconeumología* (9 49); pp.:88-401.
- HALPERN, B. S.; WALBRIDGE, S.; SELKOE, K. A.; KAPPEL, C. V.; MICHELI, F.; D'AGROSA, C.; BRUNO, J. F.; CASEY, K. S.; EBERT, C.; FOX, H. E.; FUJITA, R.; HEINEMANN, D.; LENIHAN, H. S.; MADIN, E. M. P.; PERRY, M. T.; SELIG, E. R.; SPALDING, M.; STENECK, R. y WATSON, R. (2008): «A Global Map of Human Impact on Marine Ecosystems»; en *Science* (5865 319); pp. 948-952.
- IPCC. (2014): «Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change». Cambridge and New York. Cambridge University Press.
- IWC (2019): <https://iwc.int/home>. Visitado el 15 de mayo de 2019.
- JEFFERSON, T. A.; WEBBER, M. A. y PITMAN, R. L. (2015): *Marine Mammals of the World: A Comprehensive Guide to Their Identification*. Elsevier Science.
- LEJEUSNE, C.; CHEVALDONNÉ, P.; PERGENT-MARTINI, C.; BOUDOURESQUE, C. F. y PÉREZ, T. (2010): «Climate change effects on a miniature ocean: the highly diverse, highly impacted Mediterranean Sea»; en *Trends in Ecology & Evolution* (4 25); pp. 250-260.
- LIONELLO, P.; GACIC, M.; GOMIS, D.; GARCIA-HERRERA, R.; GIORGI, F.; PLANTON, S.; TRIGO, R.; THEOCHARIS, A.; TSIMPLIS, M. N.; ULBRICH, U. y XOPLAKI, E. (2012): «Program focuses on climate of the Mediterranean region»; en *Eos, Transactions American Geophysical Union* (10 93); pp. 105-106.
- MIEDLER, S.; FAHLMAN, A.; VALLS TORRES, M.; ÁLVARO ÁLVAREZ, T. y GARCÍA-PARRAGA, D. (2015): «Evaluating cardiac physiology through echocardiography in bottlenose dolphins: using stroke volume and cardiac output to estimate systolic left ventricular function during rest and following exercise»; en *Journal of Experimental Biology* (22 218); pp. 3604-3610.
- MOORE, C.; MOORE, M. J.; TRUMBLE, S.; NIEMEYER, M.; LENTELL, B.; MCLELLAN, W.; COSTIDIS, A. y FAHLMAN, A. (2014): «A Comparative Analysis of Marine Mammal Tracheas»; en *Journal of Experimental Biology* (217); pp. 1154-1166.
- N GIBSON, R.; J A ATKINSON, R.; D M GORDON, J.; EDITORS, T.; IN, F.; LEARMONTH, J.; D. MACLEOD, C.; SANTOS, M.; PIERCE, G.; CRICK, H. y ROBINSON, R. (2007): «Potential Effects Of Climate Change On Marine Mammals»; en *dir.*; pp. 431-464.

- PACE, D. S.; TIZZI, R. y MUSSI, B. (2015): «Cetaceans Value and Conservation in the Mediterranean Sea»; en *Journal of Biodiversity & Endangered Species* S1:004); pp. 1-24.
- PERRIN, W. F.; WÜRSIG, B. y THEWISSEN, J. G. M. (2009): *Encyclopedia of Marine Mammals*. Amsterdam, Academic Press.
- PISCITELLI, M. A.; MCLELLAN, W. A.; ROMMEL, S. A.; BLUM, J. E.; BARCO, S. G. y PABST, D. A. (2010): «Lung size and thoracic morphology in shallow- and deep-diving cetaceans»; en *Journal of Morphology* (6 271); pp. 654-673.
- PONGANIS, P. J. (2011): «Diving Mammals»; en *Comprehensive Physiology* 1); pp. 517-535.
- PONGANIS, P. J. (2015): *Diving Physiology of Marine Mammals and Seabirds*. Cornwall, UK, Cambridge University Press.
- REIDENBERG, J. S. (2007): «Anatomical adaptations of aquatic mammals»; en *The Anatomical Record: Advances in Integrative Anatomy and Evolutionary Biology* (6 290); pp. 507-513.
- ROMAN, J. (2008): *Ballena*. Barcelona, Editorial Melusina.
- ROPERT-COUDERT, Y.; KATO, A.; ROBBINS, A. y HUMPHRIES, G. R. W. (2018): The Penguin book version 3.0. World Wide Web electronic publication. En: <http://www.penguin.net>
- SCHIPPER, J.; CHANSON, J. S.; CHIOZZA, F.; COX, N. A.; HOFFMANN, M.; KATARIYA, V.; LAMOREUX, J.; RODRIGUES, A. S. L.; STUART, S. N.; TEMPLE, H. J.; BAILLIE, J.; BOITANI, L.; LACHER, T. E.; MITTERMEIER, R. A.; SMITH, A. T.; ABSOLON, D.; AGUIAR, J. M.; AMORI, G.; BAKKOUR, N.; BALDI, R.; BERRIDGE, R. J.; BIELBY, J.; BLACK, P. A.; BLANC, J. J.; BROOKS, T. M.; BURTON, J. A.; BUTYNSKI, T. M.; CATULLO, G.; CHAPMAN, R.; COKELISS, Z.; COLLEN, B.; CONROY, J.; COOKE, J. G.; DA FONSECA, G. A. B.; DEROCHE, A. E.; DUBLIN, H. T.; DUCKWORTH, J. W.; EMMONS, L.; EMSLIE, R. H.; FESTA-BIANCHET, M.; FOSTER, M.; FOSTER, S.; GARSHELIS, D. L.; GATES, C.; GIMÉNEZ-DIXON, M.; GONZALEZ, S.; GONZÁLEZ-MAYA, J. F.; GOOD, T. C.; HAMMERSON, G.; HAMMOND, P. S.; HAPPOLD, D.; HAPPOLD, M.; HARE, J.; HARRIS, R. B.; HAWKINS, C. E.; HAYWOOD, M.; HEANEY, L. R.; HEDGES, S.; HELGEN, K. M.; HILTON-TAYLOR, C.; HUSSAIN, S. A.; ISHII, N.; JEFFERSON, T. A.; JENKINS, R. K. B.; JOHNSTON, C. H.; KEITH, M.; KINGDON, J.; KNOX, D. H.; KOVACS, K. M.; LANGHAMMER, P.; LEUS, K.; LEWISON, R.; LICHTENSTEIN, G.; LOWRY, L. F.; MACAVOY, Z.; MACE, G. M.; MALLON, D. P.; MASI, M.; MCKNIGHT, M. W.; MEDELLÍN, R. A.; MEDICI, P.; MILLS, G.; MOEHLMAN, P. D.; MOLUR, S.; MORA, A.; NOWELL, K.; OATES, J. F.; OLECH, W.; OLIVER, W. R. L.; OPREA, M.; PATTERSON, B. D.; PERRIN, W. F.; POLIDORO, B. A.; POLLOCK, C.; POWEL, A.; PROTAS, Y.; RACEY, P.; RAGLE, J.; RAMANI, P.; RATHBUN, G.; REEVES, R. R.; REILLY, S. B.; REYNOLDS, J. E.; RONDINI, C.; ROSELL-AMBAL, R. G.; RULLI, M.; RYLANDS, A. B.; SAVINI, S.; SCHANK, C. J.; SECHREST, W.; SELF-SULLIVAN, C.; SHOEMAKER, A.; SILLERO-ZUBIRI, C.; DE SILVA, N.;

SMITH, D. E.; SRINIVASULU, C.; STEPHENSON, P. J.; VAN STRIEN, N.; TALUKDAR, B. K.; TAYLOR, B. L.; TIMMINS, R.; TIRIRA, D. G.; TOGNETTI, M. F.; TSYTSULINA, K.; VEIGA, L. M.; VIÉ, J. C.; WILLIAMSON, E. A.; WYATT, S. A.; XIE, Y. y YOUNG, B. E. (2008): «The Status of the World's Land and Marine Mammals: Diversity, Threat, and Knowledge»; en *Science* (5899 322); pp. 225-230.

SHALTOU, M. y OMSTEDT, A. (2014): «Recent sea surface temperature trends and future scenarios for the Mediterranean Sea»; en *Oceanologia* (3 56); pp. 411-443.

SIMMONDS, M. P. y ISAAC, S. J. (2007): «The impacts of climate change on marine mammals: early signs of significant problems»; en *Oryx* (1 41); pp. 19-26.

UICN (2012a): *Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN: Versión 3.1. Segunda edición*. Gland, Suiza y Cambridge. UICN. Disponible en: <https://www.iucn.org/es/content/categor%C3%ADas-y-criterios-de-la-lista-roja-de-la-uicn-versi%C3%B3n-3-1-segunda-edici%C3%B3n>. Visitado el 1 de mayo de 2019.

UICN (2012b): «Mamíferos y tortugas marinos del Mediterráneo y del mar Negro». Gland y Málaga. UICN.

UICN (2019): The IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2019-1. Disponible en: <http://www.iucnredlist.org>. Visitado el 24 de marzo de 2019.