

COMPETICIÓN POR EL ESPACIO DE CETÁCEOS EN EL ESTRECHO DE GIBRALTAR A PARTIR DE RELACIONES ISOTÓPICAS EN PIEL DE CARBONO Y NITRÓGENO EN PIEL

Renaud de Stephanis / CIRCE / Sociedad Española de Cetáceos.

Susana Garcia Tiscar / Sociedad Española de Cetáceos / Departamento de Ecología, UAM.

Thomas Cornulier / / School of Biological Science, Aberdeen.

Philippe Verborgh / CIRCE / Sociedad Española de Cetáceos.

Sergi Pérez / CIRCE / Sociedad Española de Cetáceos.

Ruth Esteban / CIRCE / Sociedad Española de Cetáceos.

Christophe Guinet / Centre d'Études Biologiques de Chizé.

INTRODUCCIÓN

Las especies de cetáceos, se ven a veces asociadas con otras especies. Por ejemplo, el calderón común, es una especie, que se ha visto asociada en ocasiones con delfines de flancos blancos (*Lagenorhynchus acutus*) (Baraff 1998), con delfines de risso (*Grampus griseus*) en la isla de Santa Catalina (Shane 1995a, 1995b), delfines mulares en las islas Feroe, en el estrecho de Gibraltar (observaciones personales) y mar de Alborán (Kraus y Gihl 1971).

El estrecho de Gibraltar es el único nexo de comunicación natural entre el mar Mediterráneo y el Océano Atlántico. Sus aguas cuentan con la presencia de siete (De Stephanis *et al in press a*) de las nueve especies regularmente observadas en el Mediterráneo (Reeves *and* Notarbartolo di Sciara, 2006). De ellas, el calderón común es probablemente la más estudiada hasta el momento del globo en lo que a poblaciones salvajes no afectadas por la caza ballenera se refiere por parte del grupo de investigación CIRCE. Los grupos de calderón común del estrecho de Gibraltar se estructuran en grupos sociales jerárquicamente organizados, a partir de grupos con una media de 14 individuos (De Stephanis *et al submitted a*), y cuentan con alrededor de

216 efectivos de media entre 1999 y 2005 (Verborgh *et al submitted*), que están presentes todo el año (De Stephanis *et al submitted b*). A pesar de compartir el área del estrecho de Gibraltar con delfines comunes, listados y mulares, cachalotes, orcas y rorcuales comunes (De Stephanis *et al in press a*), se le puede encontrar estrechamente asociado a delfines mulares y cachalotes, con lo que comparte las aguas profundas y con mayor pendiente del centro del Estrecho. El calderón común comparte por tanto su hábitat con los delfines mulares, que cuentan con alrededor de 250 individuos (Pérez-Jorge 2007), presentes también a lo largo de todo el año en aguas del estrecho de Gibraltar (De Stephanis *et al in press b*), así como con cachalotes, que cuentan con alrededor de 25 individuos, presentes en el Estrecho entre los meses de marzo y agosto normalmente (De Stephanis *et al in press b*). Otras especies presentes en el estrecho de Gibraltar serán las orcas, presentes probablemente todo el año, tanto en el estrecho de Gibraltar como en aguas colindantes del golfo de Cádiz. Esta especie cuenta con alrededor de 33 individuos, repartidos en cuatro grupos sociales, (De Stephanis *et al submitted a*). Las orcas del Estrecho están especializadas en cazar sus presas en aguas poco profundas de la bahía de Barbate y del estrecho de Gibraltar durante los meses de primavera, por medio de técnicas de agotamiento al atún a través de persecuciones de alrededor de 30 minutos (Guinet *et al* 2007). Estas persecuciones provocarán fenómenos anóxicos en los atunes, que no podrán escapar de las embestidas de las orcas. Finalmente, los delfines comunes y listados se encuentran en aguas menos profundas, fundamentalmente al norte del Estrecho, donde la interfase entre el Mediterráneo y el océano Atlántico se encuentran menos profundas (Reul *et al* 2002). Esta interfase les servirá probablemente para crear una frontera que atrapará a sus presas (De Stephanis *et al in press a*), presentando estas dos especies una dieta basada en presas que surcan las aguas superficiales atlánticas del norte del estrecho de Gibraltar. Los objetivos de esta presentación serán los de analizar que tipo de segregación ecológica existe entre las tres especies presentes en las aguas profundas del Estrecho, por medio de un análisis de sus relaciones isotópicas de carbono y nitrógeno en muestras de piel. Estos resultados se pusieron en relación con las actividades antropogénicas de la zona para ver que implicaciones tiene relativo a la conservación de estas especies.

MATERIAL Y MÉTODOS

Origen de los datos

Durante los veranos 2001 y 2004 se tomaron datos desde el barco de investigación *ELSA*, propiedad del grupo de investigación CIRCE, que es una motora de 11 metros de eslora, 2,80 metros de manga, y que tiene una plataforma que permite posicionar observadores a 5 metros sobre el nivel del mar. Se siguió en todo momento los protocolos de observación desarrollados en 1999 por la SEC, Sociedad Española de Cetáceos (SEC 1999). A partir de los datos obtenidos en De Stephanis *in press a* y *b*, se compararon los porcentajes de hábitats definidos para cada especie que se entrecruzaban entre ellos a partir de un análisis clúster, lo que dio una idea del entrecruzamiento de hábitats usados por las diferentes especies.

Toma de muestras de cetáceos durante los avistamientos de cetáceos

Muestras de piel fueron obtenidas de diferentes especies de cetáceos, (calderones comunes, delfines mulares y cachalotes). Las biopsias de piel fueron conseguidas usando una ballesta de 67kg de potencia (Barnet Wildcat XL), a una distancia de entre 5 y 15 metros de los animales. Los dardos fueron disparados en la región mediolateral debajo de la aleta dorsal. Una pieza de epoxi impedía que el dardo penetrara profundamente en el animal, y ayudaba a que el dardo rebotara en el animal. Los dardos estaban diseñados para flotar y se recuperaron a partir de una red. Las biopsias incluían trozos de piel y una pequeña capa de grasa. Las puntas para delfines mulares y calderones comunes medían 2 cm de largo y 0.6 cm de diámetro interno. Para el caso de cachalotes, el largo era de 3 cm. Tanto las puntas como las flechas fueron diseñadas y fabricadas por Finn Larsen del Instituto para Investigación en Pesquerías de Dinamarca, en Charlottenlund. Todas las muestras fueron obtenidas bajo un permiso de la Dirección General para la Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente. Inmediatamente después de recuperados las muestras del agua, por medio de una red, las muestras de piel fueron congeladas a -20°C sin ningún tratamiento para ser utilizada en los análisis de isótopos estables.

Procesado de las muestras

Las muestras aún congeladas de piel se colocaron en placas de Petri de vidrio y se introdujeron en la estufa a 60° centígrados durante 48 horas para su secado. Una vez secas se pulverizaron en un mortero de ágata y se guardaron en tubo de plástico tipo eppendorf hasta el momento de la extracción de lípidos. La presencia de gran cantidad de lípidos en las muestras a analizar hace que se falseen los resultados del análisis de isótopos de Carbono ($^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$) (Sotiropoulos *et al.* 2004; Hobson; *et al.* 1997; Hobson, *et al.* 1996; Ponsard, 1999), de modo que es necesario extraerlos y eliminarlos de la muestra antes del análisis. Para ello se siguió el protocolo propuesto por Morin en 2003 (Morin y Lesage. 2003). Se trata de una modificación del método de Folch para extraer lípidos. Una vez extraídos los lípidos, la muestra se pulveriza en el mortero de ágata y se envía al laboratorio de espectrometría de masas de relaciones isotópicas.

Una vez en el laboratorio de espectrometría de relaciones de masa isotópicas se redujo la muestra a un gas purificado (CO_2 , N_2 , SO_2 , SH_6 y H_2) que es analizado por el espectrómetro de masas. Se utiliza un espectrómetro de masas Micromass Cf-Isochrom de sector magnético que analiza las relaciones isotópicas $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ y $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ en CO_2 y N_2 de las muestras mediante un analizador elemental Carlo Erba 1108-Chns de flujo continuo. La precisión analítica alcanza alrededor de 0.1 y 0.2 ‰ para C y N respectivamente. Los resultados de los análisis de isótopos estables se presentan en unidades delta según la siguiente expresión:

$$\delta(\text{‰}) = \frac{R_{sa} - R_{std}}{R_{std}} * 1000$$

Donde la razón entre el isótopo ligero y el pesado se denota con la letra griega δ . R_{sa} es la proporción de isótopo ligero frente al isótopo pesado de la muestra y R_{std} es la proporción entre ambos isótopos en el

estándar. Todos los valores isotópicos descritos en la literatura están referidos a los mismos valores estándar, Viena Pee Dee Belemnita para carbono, aire atmosférico para nitrógeno, un meteorito de troilita caído en el Cañón del Diablo y para oxígeno e hidrógeno se utiliza una muestra de agua oceánica conocida como *Viena Standard Mean Ocean Water*.

Actividades antropogénicas en el estrecho de Gibraltar en relación con las poblaciones de cetáceos

Se siguió la metodología utilizada en De Stephanis *et al in press a*, para contar y mapear la presencia de embarcaciones, y poder así realizar un análisis visual de posibles las posibles interacciones existentes con las poblaciones de calderones comunes presentes en el Estrecho y con el resto de especies encontradas y estudiadas en De Stephanis *et al in press a y b*. Para ello, la distribución espacial de embarcaciones pesqueras de atún, pesquerías deportivas y embarcaciones de avistamiento de cetáceos.

RESULTADOS

Competición por el espacio de cetáceos en el estrecho de Gibraltar

La desviación estándar de los índices de asociación de los pares de especies observadas en cada cuadrícula de 2' de latitud por 2' de longitud definidas en De Stephanis *et al in press a y b* resultaron ser significativamente más altos que los que se obtuvieron desde datos aleatorios, (*simple ratio index*: $p < 0.001$; *half-weight index*: $p < 0.001$), por lo que la hipótesis nula de que existan asociaciones o usos de hábitat aleatorios en el espacio pudo ser rechazada. El diagrama Cluster de asociaciones entre especies en el espacio viene reflejado en la (figura 1) (coeficiente de correlación cofenítico =0,90) y demuestra que se pueden distinguir tres grupos de cetáceos en el Estrecho:

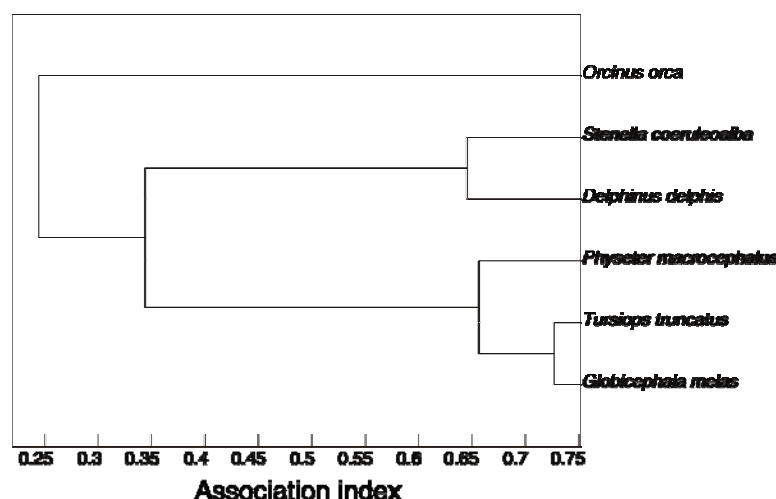


Figura 1.- Análisis cluster de asociaciones espaciales entre las diferentes especies de cetáceos presentes en el estrecho de Gibraltar en verano (CCC=0.90).

1-Delfines comunes y listados tienden a asociarse espacialmente entre ellos. El entrecruzamiento entre delfines comunes, y en listados con otros cetáceos se demostró limitada.

2-Delfines mulares, calderones comunes y cachalotes comparten gran parte de su hábitat en superficie entre ellos.

3-Los menores niveles de entrecruzamiento con otras especies se dieron en las orcas.

Relaciones isotópicas de carbono y nitrógeno en los muestreos de piel de cetáceos en el Estrecho

En la tabla 1 vienen resumidos los datos de $\delta^{13}\text{C}$ $\delta^{15}\text{N}$ de las muestras de piel de las diferentes especies de cetáceos muestreadas ente 2005 y 2006 en el estrecho de Gibraltar, agrupadas en función de los resultados obtenidos en el punto anterior. Cuando comparamos los resultados de los niveles de isótopos estables obtenidos entre delfines mulares y calderones comunes durante los meses de verano, se detectaron diferencias significativas en los niveles de $\delta^{15}\text{N}$ (calderones comunes: $11.29 \pm 0.38\%$, delfines mulares: $13.42 \pm 0.85\%$, Mann-Whitney U-tests, $U = 9$, $Z = -6.43$ $p < 0,001$) al igual que para los niveles de $\delta^{13}\text{C}$ (calderones comunes: $-16.37 \pm 0.40\%$, delfines mulares: $-16.02 \pm 0.62\%$, $U = 328.5$, $Z = -2.19024$ $p < 0,05$); (figuras 49 y 50). Al tener tan solo dos muestras de cachalote, no se pudo realizar ningún test estadístico, sin embargo estas dos muestras representaban los dos únicos cachalotes presentes (datos propios no publicados) del Estrecho durante el verano durante el que se muestreó. Los niveles de $\delta^{15}\text{N}$ de los dos cachalotes (13.44 ± 0.42) se acercan mucho a los de los delfines mulares, y nada a los de los calderones comunes, y para los niveles de $\delta^{13}\text{C}$ ($-15.72\% \pm 0$), se podría inferir diferencias con respecto a las dos especies, aunque esto no es del todo conclusivo (figuras 2 y 3).

Especie y temporada de Muestreo	$\delta^{15}\text{N}$		$\delta^{13}\text{C}$	
	Media (SD)	Rangos	Media (SD)	Rangos
Calderón común (<i>Globicephala melas</i>) Verano (n=51)	$11,29 \pm 0,38\%$	10,12‰ a 12,05‰	$-16,37 \pm 0,40\%$	-17,26‰ a -15,25‰
Delfín mular (<i>Tursiops truncatus</i>) verano (n=21)	$13,42 \pm 0,85\%$	15,36‰ a 11,59‰	$-16,02 \pm 0,62\%$	-17,19‰ a -15,01‰
Cachalote (<i>Physeter macrocephalus</i>) verano (n=2)	$13,44 \pm 0,42$	13,14‰ a 13,73‰	$-15,72 \pm 0\%$	-15,72‰ $\pm 0\%$

Tabla 1.- Resultados de los análisis de relaciones isotópicas de carbono y nitrógeno en especies presentes en el estrecho de Gibraltar.

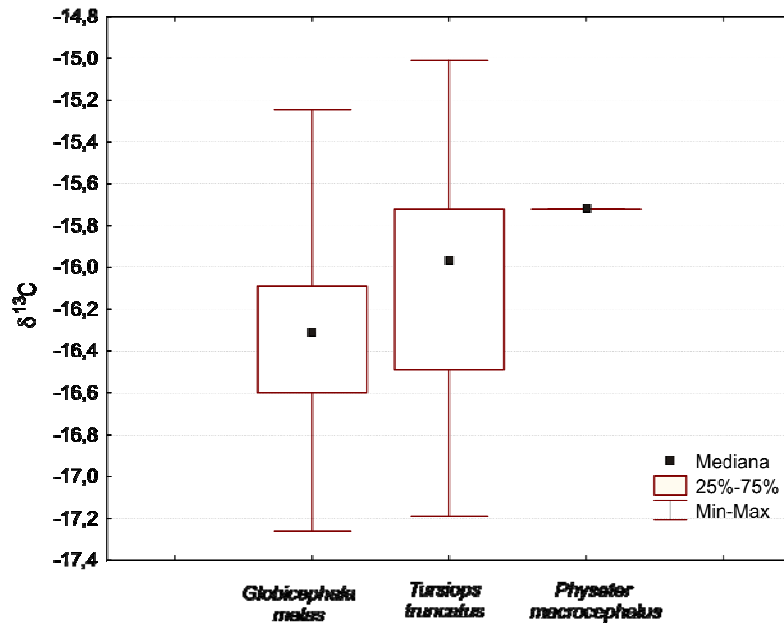


Figura 2.- Valores de $\delta^{13}\text{C}$ para delfines mulares, calderones comunes y cachalotes durante el verano en el estrecho de Gibraltar.

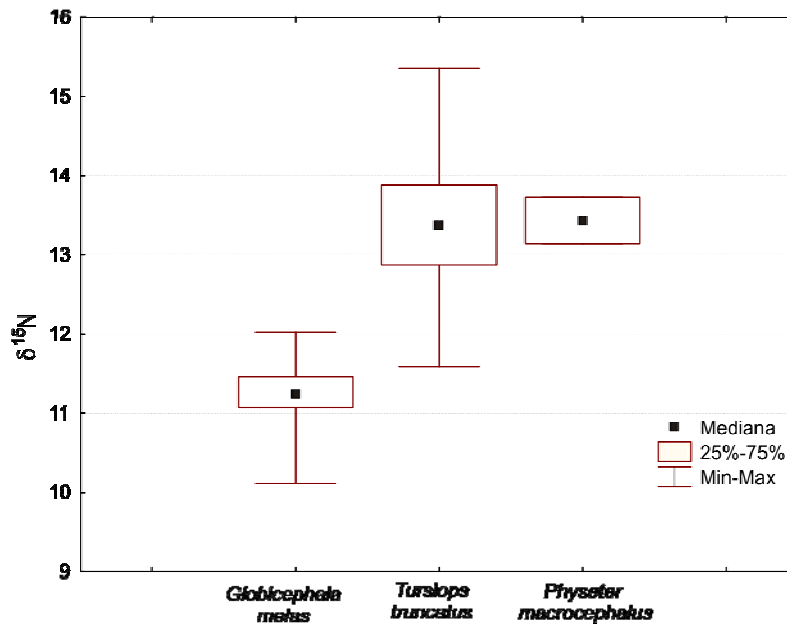


Figura 3.- Valores de $\delta^{15}\text{N}$ para delfines mulares, calderones comunes y cachalotes durante el verano en el estrecho de Gibraltar.

Actividades antropogénicas en el estrecho de Gibraltar

En las figuras 4 a 8, se pueden observar las distribuciones espaciales de las embarcaciones que transitan o trabajan en las zonas de distribución de los calderones comunes y resto de especies de cetáceos en el estrecho de Gibraltar. Estos mapas de distribución se realizaron a partir de 2.008 muestreos en la zona de estudio.

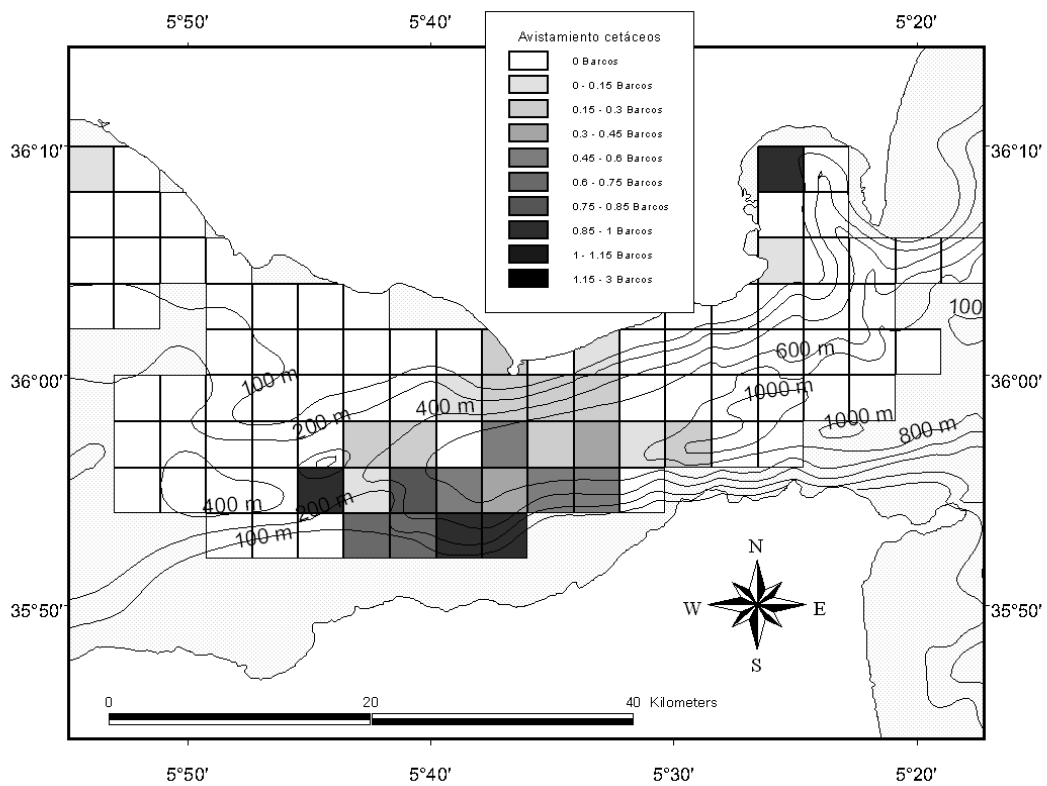


Figura 4.- Distribución de embarcaciones de avistamiento de cetáceos en el estrecho de Gibraltar entre 2001 y 2006.

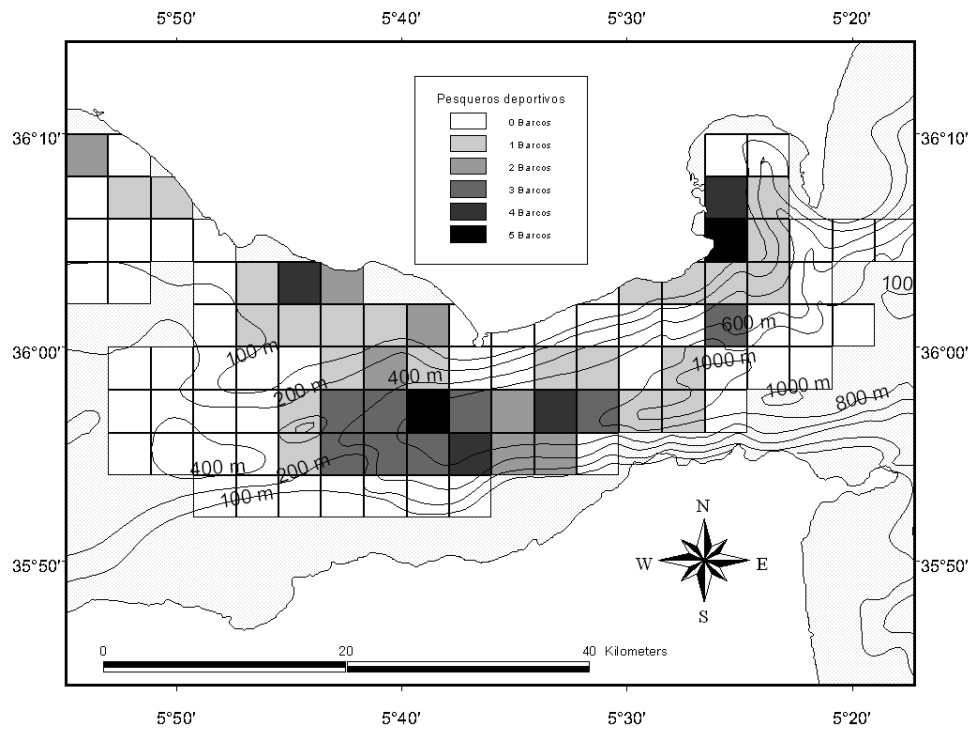


Figura 5.- Distribución de pesqueros deportivos en el estrecho de Gibraltar entre 2001 y 2006.

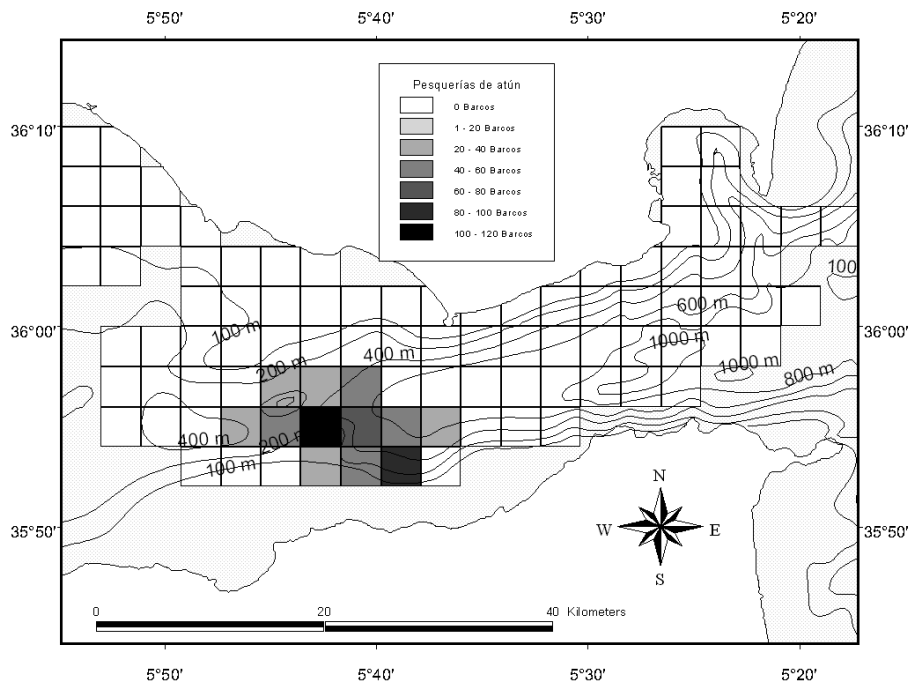


Figura 6.- Distribución de pesquerías de atún en el estrecho de Gibraltar entre 2001 y 2006.

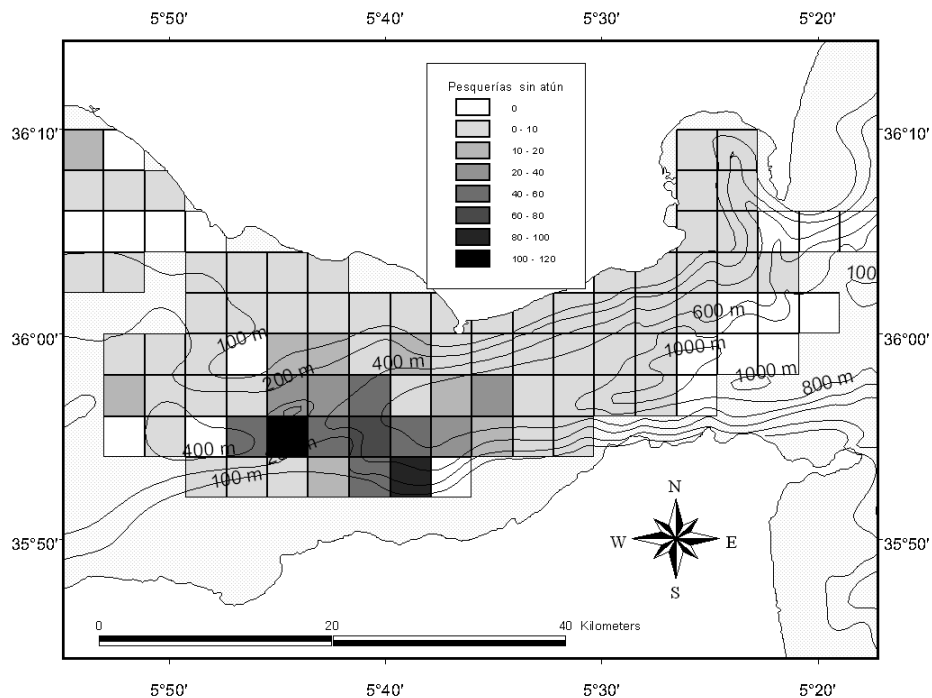


Figura 7.- Distribución de pesqueros comerciales diferentes a los atuneros de cetáceos en el estrecho de Gibraltar entre 2001 y 2006.

DISCUSIÓN

De Stephanis *et al in press a y b*, demostró que el estrecho de Gibraltar está caracterizado por seis especies de cetáceos al menos durante los meses de verano. Siete de las nueve especies de cetáceos comúnmente observadas en el Mediterráneo han sido descritas en el estrecho de Gibraltar (Reeves y Notarbartolo di Sciara 2006). Reul *et al.* (2002) estimaron que 5.570 toneladas de carbono diario eran transportados hacia el Mediterráneo, mientras que 1.140 toneladas de carbono diario lo eran hacia el Atlántico por el flujo profundo de aguas mediterráneas. El estrecho de Gibraltar está caracterizado por procesos de mezcla producidos a través de afloramientos pulsados inducidos por las mareas y constreñidos por la batimetría (Echevarría *et al.* 2002). Estos fenómenos vienen reflejados por el fenómeno de hervideros de marea que ocurren cerca de Kamara Ridge, y que producen advección vertical y procesos de mezcla (Bruno *et al* 2000). El Estrecho es por tanto una zona muy productiva, y la hipótesis más probable para explicar esta alta densidad de cetáceos en el Estrecho, debe ser la disponibilidad de presas a lo largo del Estrecho. En el caso del rorcual común, estaríamos ante una de las únicas especies que migraría por el estrecho de Gibraltar (Guinet *et al* 2005).

Tres grupos de cetáceos fueron identificados en función de su distribución en el Estrecho. Por un lado, los delfines comunes y listados se hallaron distribuidos en gran parte del Estrecho, y tienen preferencias por las

partes norte del mismo, distribuidos en aguas profundas del talud del canal norte del Estrecho. De Stephanis *et al in press a y b* sugieren que tanto delfines comunes como delfines listados restringirían la mayoría, o casi todas sus actividades de alimentación a las aguas superficiales atlánticas. Además la interfase de aguas atlántico-mediterráneas podría actuar como una frontera para sus presas (peces y cefalópodos) y esta interfase se sitúa a menor profundidad en la parte norte del Estrecho, lo que podría aumentar su éxito en sus estrategias de alimentación.

Los delfines mulares, calderones comunes y cachalotes comparten gran parte de sus zonas de alimentación, y se encontraron básicamente en las aguas profundas del canal principal del Estrecho. Finalmente, el tercer grupo incluye una sola especie, la orca que se suele observar en aguas del oeste del Estrecho, que se puede ver asociada a las pesquerías de atún de la zona. Las diferencias en la distribución espacial de estas seis especies deberían de estar ligadas a diferentes estrategias de alimentación, ya sea diferenciando el tipo de presas, o en caso de explotar el mismo tipo de presas diferenciando masas de agua explotadas.

Respecto al segundo grupo de cetáceos, los calderones comunes y cachalotes suelen ser sobre todo cazadores de cefalópodos, y son especies que suelen realizar grandes inmersiones. Por ello, la distribución espacial en verano de estas dos especies a lo largo del Estrecho, podría ser indicativa de una distribución de grandes especies de calamares. Para el caso de los calderones comunes, se ha visto en De Stephanis sometido a que su dieta en verano estaría ligada sobre todo a cefalópodos, y en menor medida a peces. Sin embargo, no queda claro porqué el delfín mular, cuya dieta se basa sobre todo en peces (Gunter 1942, Tomilin 1957, Evans 1980, Barros y Odell 1990, Gannier 1995) tiende a estar espacialmente asociado con cachalotes y calderones comunes.

En el año 2004, se demostró que los cachalotes del Estrecho solían realizar inmersiones hasta el fondo marino, al menos durante los meses de finales de primavera (Laplanche *et al* 2004). Los delfines mulares presentan una distribución similar a la de los cachalotes. Sin embargo, sus capacidades de inmersión no bajan de los 10 a 50 metros, (Hastie *et al* 2006), lo que indica que deberían de restringir sus inmersiones a esa capa de aguas, que serían las capas de aguas atlánticas del Estrecho. Los delfines mulares se alimentan oportunamente y se considera que tienen una dieta basada principalmente en presas demersales (Barros y Odell 1990, Gannier 1995), lo que es improbable en este estudio en relación con su distribución en las aguas muy profundas del estrecho de Gibraltar, donde una alimentación pelágica parece ser la única estrategia de alimentación posible.

El tercer grupo, el de las orcas presentaba una distribución espacial distinta al resto de especies de cetáceos observada en el Estrecho. En todas las observaciones realizadas de orcas, se las observó interaccionando con las pesquerías de atún presentes en el Estrecho, como se puede observar realizando una observación visual entre la distribución espacial de las orcas (De Stephanis *et al in press a y b*) y la distribución espacial de las pesquerías de atún rojo (*Thunnus thynnus*) obtenidas en este estudio. La distribución espacial en verano de la orca está por tanto estrechamente asociada a la localización geográfica de esta pesquería, que se concentra al este de la cresta Kamara para la flota marroquí, y en el paso entre Monte Seco y Monte Tartesos para la flota española.

El estrecho de Gibraltar presenta por tanto segregación espacial de los calderones comunes con delfines listados, delfines comunes, y orcas, existiendo por lo menos una diversificación en cuanto a zonas de alimentación con estas especies, y quedando la duda de si existe solapamiento en el tipo de presas capturadas. De la misma manera se ha visto que los calderones comunes solaparán su zona de distribución con cachalotes y delfines mulares. Por un lado, los análisis de pieles de delfines mulares realizados durante el verano en el estrecho de Gibraltar, reflejan que tanto los niveles de $\delta^{15}\text{N}$ como los niveles de $\delta^{13}\text{C}$ son significativamente diferentes. Cuando comparamos los niveles de $\delta^{15}\text{N}$, se ve claramente como habría un salto de cadena trófica entre las dos especies. Este salto es el mismo que existe con los cachalotes muestreados durante el verano en el Estrecho, a pesar de tener pocos datos. Esto parece confirmar por un lado, que existe una diferencia entre la dieta de los calderones comunes y los delfines mulares, y que es muy probable, como indica las diferencias en $\delta^{13}\text{C}$, que además haya una diferencia en las aguas explotadas por ambas especies. También se puede concluir que la dieta de los cachalotes y de los calderones comunes es diferente, como cabía esperar para dos especies que tienen las mismas capacidades de inmersión, y por tanto que estas tres especies se segregan en profundidad de caza para el caso de los cachalotes y los delfines mulares, a pesar de tener el mismo tipo de dieta, y se segregarán en tipo de presas/dieta para el caso de los cachalotes y calderones comunes, al igual que para el caso de los calderones comunes y los delfines mulares, adaptándose cada uno por tanto a un tipo de dieta y distribución espacial, contando con la batimetría y/o masas de aguas.

El estrecho de Gibraltar es una zona altamente transitada y explotada por parte del hombre. Por un lado, el estrecho de Gibraltar es el segundo canal de navegación más transitado del mundo, con más de 90.000 embarcaciones de gran tonelaje cruzándolo diariamente, tanto en su eje norte-sur, como en su eje este-oeste. Por otro lado, el Estrecho está también transitado durante todo el año, pero sobre todo durante los meses de abril a octubre (Penche *et al* 2007) por una actividad de avistamiento de cetáceos muy importante. Además, en el estrecho de Gibraltar existen actividades pesqueras tanto a nivel comercial, como a nivel deportivo. Otra actividad que se desarrolla en gran medida en las zonas de distribución de los calderones comunes son las actividades pesqueras. Por un lado, la pesca de tipo comercial se desarrolla a lo largo de todo el año, y gran parte de las actividades se desarrolla en las zonas de distribución de los cetáceos de aguas profundas del Estrecho. De la misma forma, otro tipo de actividades que se desarrolla en sus zonas de distribución, son las actividades de pesca deportiva, sobre todo en los meses de verano, cuando la pesca de atún con curricán se desarrolla en gran medida.

Como se ha visto también en De Stephanis *et al sometido c*, los calderones comunes tienden a alimentarse por grupos sociales. Sin embargo, también se ha visto que los diferentes grupos sociales se alimentan del mismo tipo de presas, por lo que a pesar de alimentarse en zonas diferentes, en caso de escasez de alimento, se podría dar el caso de que existieran consecuencias en las estrategias de caza de la especie, y que existiera competencia por el alimento en el seno de los grupos o entre los grupos, como se ha descrito en mamíferos terrestre (Mech 1977, Ferreras *et al* 1992,). En este tipo de competencia espacial, en la que no se da muerte directamente a los competidores, sino que se les desplaza a zonas menos favorables, donde con frecuencia tienen tasas de mortalidad más elevadas porque hay menos alimento. Por ejemplo, en un estudio con lobos en Minnesota realizado en un periodo en el que la población estaba disminuyendo, la mortalidad de los miembros de parejas jóvenes recién formadas fue cuatro veces superior a la de los miembros de parejas de

lobos adultos. La causa es que los jóvenes son expulsados por los adultos de los lugares mejores y se ven obligados a establecerse en lugares más humanizados, por lo que aumenta mucho su mortalidad (Mech 1977). Esto se denomina "distribución despótica". Por ejemplo, en el lince ibérico (*Felis pardina*) hay también un trabajo que describe este fenómeno de distribución despótica. En Doñana se ha demostrado que la mortalidad de los machos adultos residentes dentro del parque nacional es muy inferior (durante el periodo de estudio fue nula) a la de los machos adultos que ocupaban territorios fuera del parque (48% anual) y menor que la de los dispersantes sin territorio (70-86% anual). Los lincees, al competir entre ellos, desplazan a los individuos más jóvenes o más pequeños a las áreas de menor calidad (Ferrerías *et al* 1992). Los lobos también compiten por el alimento con otros miembros de su propia manada. En Minnesota, se ha comprobado que la supervivencia de los cachorros es directamente proporcional al tamaño de la manada en poblaciones poco densas, e inversamente proporcional en las más saturadas. Esto sugiere que cuando la disponibilidad de alimento es elevada los miembros de la manada cooperan para sacar adelante a los cachorros, pero en el caso opuesto compiten con ellos, limitando de esta forma la productividad de la manada (Harrington *et al* 1983). Este mismo tipo de problemática podría inferirse en los grupos sociales de calderones comunes, en caso de escasez de alimento. De la misma forma, podría existir competencia por los alimentos con las otras dos especies de cetáceos que comparten su hábitat con el calderón común, como son el delfín listado y el cachalote. En caso de que los recursos de alguna de estas especies fuesen escasos, el equilibrio que existe actualmente podría romperse, por lo que alguna de las especies podría cambiar su tipo de alimentación y provocar cambios ya sea en su distribución espacial, o densidad en alguna de las otras especies. Estos cambios en las posibles presas de estas especies podrían venir de varias partes. Se debería de investigar si estas especies se alimentan de especies explotadas a nivel comercial por las diferentes pesquerías del estrecho de Gibraltar.

CONCLUSIÓN

Se han detectado tres grupos de cetáceos estrechamente relacionados en base a sus distribuciones espaciales. Tanto cachalotes, calderones comunes y delfines mulares están espacialmente asociados a la zona de aguas profundas del canal principal del estrecho de Gibraltar, mientras que delfines comunes y delfines listados, están asociados a aguas menos profundas y de pendiente del norte del estrecho de Gibraltar. Las orcas estarán asociadas a las aguas del oeste del Estrecho, estrechamente relacionadas con las pesquerías de atún de la zona. Los rorcuales comunes tienen una abundancia relativa muy baja durante los meses de verano.

Delfines listados y delfines comunes se alimentarían de presas en aguas atlánticas superficiales de las zonas del norte del Estrecho, y presentarían una dieta bastante oportunista.

Los calderones comunes presentarían una dieta a un nivel trófico por debajo de los delfines mulares y cachalotes, existiendo por tanto una segregación ecológica basada en el tipo de presas entre éstos durante los meses de verano. Los delfines mulares y cachalotes explotarán un tipo de presas diferentes, y existirá entre ellos una segregación ecológica en la vertical, basada en sus características y posibilidades de inmersión en

el Estrecho, los cachalotes explotando los fondos del Estrecho, y los delfines mulares explotando las mismas presas en aguas más superficiales.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto ha sido financiado por la Fundación Loro Parque y el proyecto LIFE02NAT/E/8610. Este trabajo no habría sido posible sin la ayuda inestimable de N. Seller Fernandez, J. Salazar Sierra, Z. Munilla, Y. Yaget, J. de la Fuente and D. Alarcon de CIRCE, y A. Baltanas, R. Redondo, V. Peiró and F. José Caballero, de la Universidad Autónoma de Madrid, así como de todas las empresas de avistamientos de cetáceos del Estrecho, WW España, Turmares SL, Aventura Marina and Firmm.

BIBLIOGRAFÍA

- ABEND, A. G. y T. D. Smith: "Differences in ratios of stable isotopes of nitrogen in long-finned pilot whales (*Globicephala melas*) in the western and eastern North Atlantic.", *ICES Journal of Marine Science*, 52 (1995), pp. 837-841.
- ABEND, A. G. y T. D. Smith: "Differences in stable isotope ratios of carbon and nitrogen between long-finned pilot whales (*Globicephala melas*) and their primary prey in the western north Atlantic.", *ICES Journal of Marine Science*, 54 (1997), pp. 500-503.
- ACKMAN, R.G., y C.A. Eaton: "Lipids of the fin whale (*Balaenoptera physalus*) from North Atlantic waters. III. Occurrence of eicosenoic and docosenoic fatty acids in the zooplankton *Meganyctiphanes norvegica* (M. Sars) and their effect on whale oil composition", *Canadian Journal of Biochemistry*, 44, (1966), pp. 1561-1566.
- AGUIAR DOS SANTOS, R. y M. Haimvici: "Cephalopods in the diet of marine mammals stranded or incidentally caught along southeastern and southern Brazil (21-34°S)", *Fisheries Research* 52, (2001), pp. 99-112.
- AMOS, B. y A. R. Hoelzel: "Long-term preservation of whale skin for DNA analysis. Genetic ecology of whales and dolphins. Report of the International Whaling Commission", *International Whaling Commission*, Cambridge, (1991), pp. 99-103.
- AMOS, B. y otros: "A review of molecular evidence relating to social organisation and breeding system in the long-finned pilot whale. In *Biology of Northern Hemisphere Pilot Whales*", *International Whaling Commission*, Cambridge, (1993) pp. 209-218.
- AUGER-MÉTHÉ, M. y H. Whitehead: "The use of natural markings in studies of long-finned pilot whale (*Globicephala melas*)", *Marine Mammal Science* 23, (2007), pp. 77-93.
- AWKERMAN, J. y otros: "Geographical variations in carbon and nitrogen stable isotope ratios in squid", *Canadian Journal of Zoology*, 85, (2007), pp. 273-279.
- BARAFF, L. S.: "Long-term association of an individual long-finned pilot whale and atlantic white-sided dolphins", *Marine Mammal Science*, 14(1), (1998), pp. 155-161.
- BARRETT-LENNARD, L.G.: *Population structure and mating patterns of killer whales (*Orcinus orca*) as revealed by DNA analysis*. Ph.D., University of British Columbia, (2000).

- BIGG, M.A. y otros: "Social organization and genealogy of resident killer whales (*Orcinus orca*) in the coastal waters of British Columbia and Washington State", *International Whaling Commission Special Issue* 12, (1990), pp. 383-405.
- BJØRKE, H. y H. Gjørseter: "Who eats the larger *Gonatus fabricii* (Lichtenstein) in the Norwegian Sea?", *International Council for the Exploration of the Sea*, CM/M, 10, (1998).
- BLOCH, D. y otros: "Age and growth parameters of the long-finned pilot whale off the Faroe Islands. In *Biology of Northern Hemisphere Pilot Whales*". *International Whaling Commission*, Cambridge, (1993), pp. 163-208.
- CAÑADAS, A. y otros: "Habitat preference modelling as a conservation tool: proposals for marine protected areas for cetaceans in southern Spanish waters", *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 15, (2005), pp. 495-521.
- CLARKE, M. y N. Goodall: "Cephalopods in the diets of three odontocete cetacean species stranded at Tierra del Fuego, *Globicephala melaena* (Traill, 1809), *Hyperoodon planifrons* (Flower, 1882) and *Cephalorhynchus commersonii* (Lacepede, 1806)", *Antarctic science*, 6(2), (1994), pp. 149-154.
- CLARKE, M.R. y otros: "The importance of cephalopods in the diets of marine mammals and other top predators", *International Council for the Exploration of the Sea*, ICES CM 1998/M, 8, (1998).
- CONNOR, R.C.: "Group living in whales and dolphins. In *Cetacean societies: field studies of dolphins and whales*", *University of Chicago Press*, Chicago, (2000) pp. 199-218.
- DE STEPHANIS, R. y otros: "Summer spatial distribution of cetaceans in the Strait of Gibraltar in relation to the oceanographic context", *Marine Ecology Progress Series*, (2007) in press.
- DE STEPHANIS, R. y otros (submitted b): "Distribución temporal de cetáceos en el Estrecho de Gibraltar. ¿Es realmente un canal de migración para cetáceos el Estrecho?", *Almoraima*, 35, (2007), pp. 137-146.
- DE STEPHANIS, R. y otros (submitted a): "Temporal and spatial distribution of long-finned pilot whales along the year between 1999 and 2006 in the Strait of Gibraltar". *Canadian Journal of Zoology*.
- DE STEPHANIS, R. y otros (submitted b): "Social structure of long finned pilot whales (*Globicephala melas*) in the strait of Gibraltar", *Acta Ethologica*.
- DESSPORTES G. y R. Mouritsen: "Preliminary results on the diet of long-finned pilot whales off the Faroe Islands", *International Whaling Commission special Issue*, 14, (1993), pp. 305-324.
- ECHEVARRÍA, F. y otros: "Physical-biological coupling in the Strait of Gibraltar". *Deep Sea Research Part II*, 49, (2002), pp. 4115-4130.
- EVANS, K. y M. Hindell: "The diet of sperm whales (*Physeter macrocephalus*) in southern Australian waters", *ICES Journal of Marine Science*, 61, (2004), pp. 1313-1329.
- FLINN, R. D. y otros: "Diets of fin, sei, and sperm whales in British Columbia: an analysis of commercial whaling records, 1963-1967", *Marine Mammal Science*, 18(3), (2002), pp. 663-679.
- FULLARD, K.: *Microsatellite analysis of long-finned pilot whales*. Ph.D. thesis, Cambridge University, Cambridge, 2000.
- GANNON, D. P. y otros: "Feeding ecology of long-finned pilot whales *Globicephala melas* in the western North Atlantic", *Marine Ecology Progress Series*, 148, (1997), pp. 1-10.
- GINSBERG, J.R. y T.P. Young: "Measuring association between individuals or groups in behavioural studies", *Animal Behaviour*, 44, (1992), pp. 377-379.
- GUINET, C. y otros: "Killer whale predation on bluefin tuna: exploring the hypothesis of the endurance-exhaustion technique", *Marine Ecology Progress Series*, (in press).
- HOBSON, K. A. y otros: "Using stable isotopes to determine seabird trophic relationships", *Journal of Animal Ecology*, 63, (1994), pp. 786-798.
- HOBSON, K.A.: "Stable isotope analysis of marbled murrelets: evidence for freshwater feeding and determination of trophic level", *Condor*, 92, (1990), pp. 897-903.
- HOBSON, K.A. y H.E. Welch: "Determination of trophic relationships within a high Arctic food web using $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ analysis", *Marine Ecology Progress Series*, 84, (1992), pp. 9-18.
- HOBSON, K.A. y otros: "Stable carbon and nitrogen isotopic fractionation between diet and tissues of captive seals; implications for dietary reconstructions involving marine mammals", *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 53, (1996), pp.528-533.
- HOBSON, Keith A. y otros: "Preservation of blood and tissue samples for stable-carbon and stable-nitrogen isotopes analysis", *Canadian Journal of Zoology*, 75, (1997), pp. 1720-1723.
- IVERSON, S.J. y otros: "Prenatal and postnatal transfer of fatty acids from mother to pup in the hooded seal (*Cystophora cristata*)", *Journal of Comparative Physiology B*, 165, (1995), pp. 1-12.
- JANKOWSKI, M.: *Long-finned pilot whale movement and social structure: residency, population mixing, and identification of social units*, Master's thesis, Department of Biology, Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia, 2005.

- KELLY, J.F.: "Stable isotopes of nitrogen and carbon in the study of avian and mammalian trophic ecology". *Canadian Journal of Zoology*, 78, (2000), pp. 1-27.
- KIRSCH, P.E. y otros: "Effect of diet on body composition and blubber fatty acids in captive harp seals (*Phoca groenlandica*)", *Physiological and Biochemical Zoology*, 73, (2000), pp. 45-59.
- KIRSCH, P.E. y otros: "Dietary effects on the fatty acid signature of whole Atlantic cod (*Gadus morhua*)", *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 55, (1998), pp. 1378-1386.
- KLEM, A.: "Studies in the biochemistry of whale oils", *Hvalrad Skr.* 11, (1935), pp. 49-108.
- KRAUS, C. y M. Gihl: *On the presence of Tursiops truncatus in schools of Globicephala melanea off the Faeroe Islands. Investigations on Cetacea*, G. Pilleri ed., Bern, Switzerland, 1971.
- LACOMBE, H. y C. Richez: *The regime of the Strait of Gibraltar. In: Nihoul JCJ (ed) Hydrodynamics of semi-enclosed seas*, Elsevier, Amsterdam, 1982, pp. 13-73.
- LAPLANCHE, C. y otros: "The Strait of Gibraltar as a feeding ground for the sperm whale", *Congreso anual de la sociedad Europea de Cetáceos*, Suecia, (2004).
- LAWSON, J.W. y K.A. Hobson: "Diet of harp seals (*Pagophilus groenlandicus*) in nearshore northeast Newfoundland: inferences from stable-carbon ($\delta^{13}C$) and nitrogen ($\delta^{15}N$) isotope analyses", *Marine Mammal Science*, 16, (2000), pp.578-591.
- MICHENER, R. H. y D. M. Schell: "Stable isotope ratios as tracers in marine aquatic food webs" in *Stable isotopes in ecology and environmental science*, pp. 138-157, K. Lajtha and R. H. Michener, Eds., 1994.
- MORIN, Y. y V. Lesage: "Effects of dimethyl sulfoxide (DMSO) and lipid extraction methods on stable carbon and nitrogen isotope ratios in the skin of odontocetes and mysticetes", *15 Conference of the Society for Marine Mammalogy*, Greensboro, NC. EEUU, diciembre 2003.
- OTTENSMEYER, C.A. y H. Whitehead: "Behavioural evidence for social units in long-finned pilot whales", *Canadian Journal of Zoology*, 81, (2003), pp. 1327-1338.
- PARRILLA, G. y otros: "Hidrología del agua mediterránea en el Estrecho de Gibraltar durante el Experimento Gibraltar (octubre 1985-octubre 1986)", *Seminario sobre la oceanografía física del Estrecho de Gibraltar* (Madrid, 24-28 de octubre 1988), pp. 95-121.
- PÉREZ, Jorge: *Estimas de abundancia de delfines mulares en el Estrecho de Gibraltar*, Msc, Universidad de Cádiz, 2007.
- REEVES, R. y G. Notarbartolo di Sciara: *The status and distribution of cetaceans in the Black Sea and Mediterranean Sea*. IUCN Centre for Mediterranean Cooperation, Malaga, 2006, pp. 137.
- REUL, A. y otros: "Exchange of planktonic biomass through the strait of Gibraltar in late summer conditions", *Deep Sea Research Part II*, 49, (2002), pp. 4131-4144.
- ROSEL, P.E.: "PCR-based sex determination in Odontocete cetaceans", *Conservation Genetics*, 4, (2003), pp. 647-649.
- ROUVINEN, K. y T. Kiiskinen: "Influence of dietary fat source on the body fat composition of mink (*Mustela vison*) and blue fox (*Alopex lagopus*)", *Acta Agriculturae Scandinavica*, 39, (1989), pp. 279-288.
- SANTOS, M.B. y otros: "Assessing the importance of cephalopods in the diets of marine mammals and other top predators: problems and solutions", *Fisheries Research*, 52, (2001), pp. 121-139.
- SANZ, J.L.: Mapa Batimétrico del Estrecho de Gibraltar, 1988, "Proyecto Hércules 1980-1983". Instituto Español de Oceanografía.
- SHANE, S. H.: "Relationship between pilot whales and Risso's dolphins at Santa Catalina Island, California, USA", *Marine Ecology Progress Series*, 123, (1995), pp. 5-11.
- SHANE, S. H.: "Behavior patterns of pilot whales and Risso's dolphins off Santa Catalina Island, California", *Aquatic Mammals*, 21(3), (1995), pp. 195-197.
- SHAW, C. N. y otros: "A reliable molecular method of gender determination for mammals". *Journal of Mammalogy*, 84, (2003), pp. 123-128.
- SOTIROPOULOS, M.A. y otros: "Effects of lipid extraction on stable carbon and nitrogen isotope analyses of fish tissues: potential consequences for food web studies", *Ecology of Freshwater Fish*, 13, (2004), pp. 155-160.
- SYDEMAN, W.: "Trophic relationships among seabirds in central California: Combined stable isotope and conventional dietary approach", *The Condor*, 99, (1997), pp. 327-336.
- TIESZEN, LL.: "Carbon isotope fractionation in biological materials", *Nature*, 276, (1978), pp. 97-98.
- VERBORGH, P. y otros: "Abundance, And Residency Of Long-Finned Pilot Whales Between 1999 And 2005 In The Strait Of Gibraltar", *Marine Mammal Science*, submitted.
- WADA, E. y otros: "The use of stable isotopes for food web analysis", *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 30, (1991), pp. 361-371.
- ZHAO, L. y otros: "Trophic interactions of Antarctic seals as determined by stable isotope signatures", *Polar Biology*, volumen 27, número 6, (2004), pp.368-373.