

CONSERVACIÓN DE ORCAS EN EL ESTRECHO DE GIBRALTAR A TRAVÉS DEL ESTUDIO DE SU DIETA

Susana García-Tiscar / Departamento de Ecología. Universidad Autónoma de Madrid.

Javier Almunia / Loro Parque, Tenerife.

Renaud De Stephanis / CIRCE.

Ester Molina / Departamento de Ecología. Universidad Autónoma de Madrid.

Phillippe Verborgh / CIRCE.

Ruth Esteban / Loro Parque, Tenerife.

Maria Carbo / Loro Parque, Tenerife.

Sergi Pérez / Loro Parque, Tenerife.

Angel Baltanás / Departamento de Ecología. Universidad Autónoma de Madrid.

INTRODUCCIÓN

Las orcas son un grupo de depredadores muy adaptable, que se alimentan de una gama de presas que se extienden desde los arenques (Simila y Ugarte 1993) hasta al más grande de los mamíferos marinos como es la ballena azul (Heyning y Dahlheim 1988, Jefferson et al. 1991). Según las localidades, las poblaciones de orcas parecen estar más o menos especializadas en la explotación de algunos tipos de presas. En Columbia Británica, las orcas llamadas “residentes” se han especializado en la pesca de salmón, mientras que las llamadas “transeúntes” sólo se alimentan de mamíferos marinos (Baird y Dill 1995; Ford *et al* 1998). En el archipiélago de Crozet, las poblaciones de orcas se alimentan tanto de peces, como de pingüinos reales y mamíferos marinos (Guinet 1992). Estas diferencias en la ecología trófica tienen una importancia consecuente en el modo de organización social y en el comportamiento de estas orcas (Bigg *et al.* 1985; Barret-Lennard *et al.* 1996; Baird y Dill 1996; Baird y Whitehead, en prensa).

Los trabajos que versan sobre la estructura genética de las diferentes poblaciones de orcas (Stevens *et al.* 1989, Hoelzel *et al.* 1998, Lance Barret-Lennard comm. pers) indican que poblaciones que genéticamente

están muy relacionadas pueden presentar ecologías tróficas muy diferentes (Lance Barret-Lennard comm. Pers). Estos resultados sugieren que las orcas son capaces de ajustar localmente su comportamiento en función de las presas disponibles, y de las condiciones ambientales del entorno. Apoyándose en las observaciones realizadas en Argentina (Lopez y Lopez, 1985) y en el archipiélago de Crozet (Guinet 1991, Guinet y Bouvier 1995) sobre el aprendizaje de técnicas de caza, sobre las observaciones producidas en cautividad y sobre la ontogénesis de los gritos en orcas recién nacidas (Bowles *et al* 1988), Rendell y Whitehead (2000) proponen la existencia de una transmisión cultural por aprendizaje en el seno del grupo social. Tal proceso de transferencia cultural sería la clave de la gran adaptabilidad de las orcas a condiciones medioambientales tan dispares como zonas polares y zonas tropicales, así como a recursos alimenticios muy variados (desde el arenque al más grande de los cetáceos).

A pesar de que las orcas son meros visitantes del mediterráneo, (Nortabartholo di Sciara 1987), poca gente sabe que ésta especie puede observarse de forma regular en el estrecho de Gibraltar en asociación con atún rojo (*Thunnus thynnus*). Situación documentada desde hace al menos 600 años (Morcillo com pers). Durante la época primaveral, las orcas cazan atunes que entran en el Mediterráneo, y durante el verano hacen lo mismo con los atunes que vuelven al Atlántico, una vez que se han reproducido. Numerosas interacciones son observadas, entre las orcas y las pesquerías de atún durante la época estival, con pérdidas en los pescadores españoles de alrededor 18% de las capturas en el año 2004 (datos propios). Así mismo, las orcas son observadas alrededor de las almadrabas, tanto de Barbate como de Conil, Tarifa y Zahara de los Atunes en la provincia de Cádiz. Este tipo de interacciones se ha observado en varias zonas del mundo. En Islandia, las orcas interfieren en la pesca del arenque, en aguas noruegas, las orcas interaccionan con la pesca de fletan. Así mismo, interacciones entre pesqueros de atún y orcas son observadas en aguas del Golfo de Vizcaya, Atlántico norte y océano Indico. En Tasmania, las orcas interaccionan con la pesca de trevalla (*Hyperoglyphe porosus*). Finalmente, desde hace unos años, grupos de orcas y cachalotes son observados interaccionando con las pesquerías de bacalao negro (*Disostichus eligenoides*) en aguas de Crozet (océano Indico). (Leatherwood *et al* 1987, Dahlheim 1988, Duhamel comm. pers).

Según estudios recientes realizados por CIRCE, la población de orcas del estrecho de Gibraltar se compone de al menos 30 individuos, distribuidos en 3 grupos sociales más o menos estables. Su distribución se explica fundamentalmente por la longitud geográfica, situándose sobre todo en la zona oeste del Estrecho, y por la profundidad, buscando las orcas, tanto en primavera como en verano (a excepción del mes de junio) aguas relativamente poco profundas. Durante los meses de marzo a mayo, los grupos de orcas se sitúan sobre todo en las zonas del golfo de Barbate, y cercanías de Conil, mientras que durante el mes de junio, éstas se encuentran en proximidad del puerto de Tarifa, y durante los meses de julio, a septiembre y octubre, se encuentran en las zonas de pesquerías de atún con anzuelo, tanto marroquíes como españolas. En prácticamente todas las ocasiones, se las observó pescando atunes rojos, sin embargo no está claro si se alimentan únicamente de esta presa, o si por el contrario, diversifican sus presas a lo largo del año, como se observó en 1880, cuando un grupo de orcas fue avistado atacando un rorcual común en aguas del estrecho de Gibraltar. En caso de ser el atún rojo la única presa de las orcas objeto de estudio, y a causa de la sobreexplotación a la que está sometida la población de atunes en el mundo, existiría un riesgo importante para la población de orcas causado por la disminución de disponibilidad de presas. Por esta causa, el objetivo principal de este trabajo es el de esclarecer si las poblaciones de orcas se alimentan únicamente de atunes rojos,

o si su dieta es más variada que lo supuesto inicialmente y, en su caso, obtener información de cuando se alimentan, donde y en que proporción de presas y cantidades.

El análisis de perfiles de isótopos estables (principalmente ^{13}C y ^{15}N) se utiliza para elucidar estructuras de redes tróficas en ambientes terrestres y marinos desde hace varias décadas. Este tipo de análisis se viene utilizando cada vez más en la identificación de dietas de depredadores, ya que la composición isotópica de un organismo está relacionada con la de sus presas (Lajtha y Michener, 1994).

Para este estudio se medirán los niveles de $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ y $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ en los tejidos del animal. Los valores de isótopos de carbono y nitrógeno varían entre los organismos y sus dietas debido a una retención selectiva del isótopo más pesado y la excreción del más ligero. Como resultado, los organismos tienen valores de isótopos más elevados que los de su dieta. (Rau *et al* 1983) El nitrógeno 15 normalmente muestra un incremento escalonado con el nivel trófico a lo largo de la cadena alimenticia, con un enriquecimiento trófico de alrededor del 3‰. Por el contrario, un animal tiene valores de carbono 13 cercanos a los de su dieta, por lo que se usa generalmente para indicar contribuciones relativas a la dieta de fuentes primarias potenciales en una red trófica. Por esta razón, se analizarán también los valores de isótopos estables de especies presas para la posterior comparación de los perfiles.

Desde el año 2000 se están utilizando modelos isotópicos que permiten el cálculo de las diferentes contribuciones de cada presa a la dieta del depredador. (Phillips y Gregg 2003; Phillips 2001; Phillips y Koch 2002; Koch y Phillips 2002; Phillips; Gregg, y Newsome 2005) Para conseguir el cálculo exacto de la contribución de una determinada presa a la dieta del depredador, es necesario aplicar un factor de “corrección por fraccionamiento isotópico”. Diferentes presas presentan diferentes composiciones isotópicas y se metabolizan de forma diferente tras la ingestión por parte del depredador. Es decir, es posible que un depredador este alimentándose de dos presas en igual proporción (50 % de la presa A y 50% de la presa B) pero que la señal isotópica en los diferentes tejidos del depredador no refleje esta proporción de modo exacto. Hay tejidos con mayor tasa metabólica que otros, de modo que es posible que en la piel del depredador del ejemplo, aparezca 30% de la presa A y 70% de la presa B ya que la presa B se metaboliza más rápidamente o de modo más eficiente. En otro tejido del depredador, la señal isotópica reflejará proporciones diferentes. Para que el cálculo de las contribuciones relativas de cada presa al depredador sea exacto y refleje el 50% 50% del ejemplo es necesario aplicar el “factor de corrección por fraccionamiento isotópico” que normalmente y para muchas especies de depredadores se encuentra descrito en la literatura científica especializada y que se calcula a partir de experimentos con animales en cautividad a los que se proporciona una dieta conocida (Hobson; *et al* 1996).

En el caso de cetáceos no hay cálculos de factores de corrección por fraccionamiento debido principalmente a dos causas; (1) la reciente aplicación de este tipo de análisis al trabajo con mamíferos marinos en general y (2) la dificultad de mantener cetáceos en cautividad para la realización del experimento. Es de gran interés por tanto la realización de experimentos con animales cautivos que permitan ajustar el cálculo de las contribuciones relativas a la dieta medido en animales en libertad.

Otro importante factor a tener en cuenta es la tasa de renovación de los diferentes tejidos en un mismo individuo, de modo que tejidos con tasa metabólica más lenta como el esmalte dental, dentina o tejido óseo proporcionarían información sobre la dieta del animal en un periodo más largo que tejidos con tasas metabólicas más rápidas como la piel o sangre. No se conoce con exactitud en cetáceos la tasa metabólica de ningún tejido, de modo que al identificar la dieta de los ejemplares en libertad objeto de estudio no sabremos si esa es la composición de la dieta del animal durante el último día, la última semana o el último mes.

Es importante tanto para trabajos con animales en libertad como para el diseño de experimentos de cálculo de factor de corrección por fraccionamiento en animales cautivos conocer la tasa de renovación de los tejidos que habitualmente se utilizan en este tipo de análisis. Habitualmente la piel y en algunas ocasiones sangre, dientes o tejido muscular (Fry 1988; Hobson *et al* 1996; Greaves *et al* 2004; Abend y Smith 1997).

Los objetivos de esta presentación serán los de exponer los avances del proyecto sobre el estudio de la dieta de las orcas a partir de relaciones isotópicas de carbono y nitrógeno en piel. Éstas se están evaluando en paralelo a un estudio que se realiza en la Fundación Loro Parque con orcas en libertad.

MATERIAL Y MÉTODOS

Orcas en el estrecho de Gibraltar

Durante el año 2006 se han tomado muestras de seis ejemplares de orcas de la población del estrecho de Gibraltar. Todas las muestras se tomaron mediante biopsia remota de modo que sólo se cuenta con piel para el análisis de isótopos. Se han analizado también tres muestras (piel, músculo e hígado) procedentes de un animal varado en Algeciras el día 29 de mayo de 2006.

La toma de muestras, y los análisis para obtener las relaciones isotópicas se realizó siguiendo la misma metodología que la descrita por de Stephanis en su presentación sobre competición por los recursos de cetáceos en el Estrecho.

RESULTADOS ORCAS DEL ESTRECHO

La tabla 1 presenta los valores delta medidos para las muestras de orcas obtenidas el año 2006. Y la figura 1 representa en el plano los mismos resultados.

Para obtener una primera aproximación a la dieta de los animales analizados se ha comparado el valor medio de las muestras de orcas con valores isotópicos de otras especies de dieta conocida publicados en la literatura. La figura 2 presenta los valores $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ medios y desviaciones estándar de 12 especies de

cetáceos de dieta conocida y de las orcas analizadas. En la figura 3 se representan las orcas analizadas en este estudio y se comparan con valores isotópicos de orcas en otros lugares del mundo publicados en la literatura científica. Para obtener un análisis algo más detallado de la dieta de las orcas, se presentan en la figura 4 los valores isotópicos medidos en orcas y los medidos en posibles presas analizadas en el estrecho de Gibraltar. Se seleccionaron ocho especies de peces que por su posición trófica podrían ser presas de las orcas analizadas. Las especies seleccionadas para esta primera aproximación fueron el atún rojo (*Thunnus thynnus*), la caballa (*Scomber scombrus*), el voraz (*Pagellus bogaraveo*), el jurel común (*Trachurus trachurus sbsp trachurus*), el sable (*Lepidopus caudatus*), el chicharro o jurel azul (*Trachurus picturatus*), la chova (*Pomatomus saltator*) y el jurel mediterráneo (*Trachurus mediterraneus*). Se han analizado además muestras de otras 19 especies de peces, pero los resultados no están disponibles a día 10 de mayo de 2007.

CÓDIGO	TIPO DE MUESTRA	ESPECIE	TEJIDO	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$	SEXO
OOR 1	Cetáceo varado	<i>Orcinus orca</i>	Músculo	13.16	-15.95	Hembra
OOR 2	Cetáceo varado	<i>Orcinus orca</i>	Piel	13.30	-15.50	Hembra
OOR 3	Cetáceo varado	<i>Orcinus orca</i>	Hígado	13.91	-15.88	Hembra
OOR 4	Biopsia	<i>Orcinus orca</i>	Piel	12.61	-17.54	Desconocido
OOR 5	Biopsia	<i>Orcinus orca</i>	Piel	12.47	-16.76	Desconocido
OOR 6	Biopsia	<i>Orcinus orca</i>	Piel	14.69	-16.46	Desconocido
OOR 7	Biopsia	<i>Orcinus orca</i>	Piel	12.27	-16.79	Desconocido
OOR 8	Biopsia	<i>Orcinus orca</i>	Piel	12.19	-16.88	Desconocido
OOR 9	Biopsia	<i>Orcinus orca</i>	Piel	12.66	-16.27	Desconocido

Tabla 1. -Valores delta medidos en las muestras de las orcas del estrecho de Gibraltar.

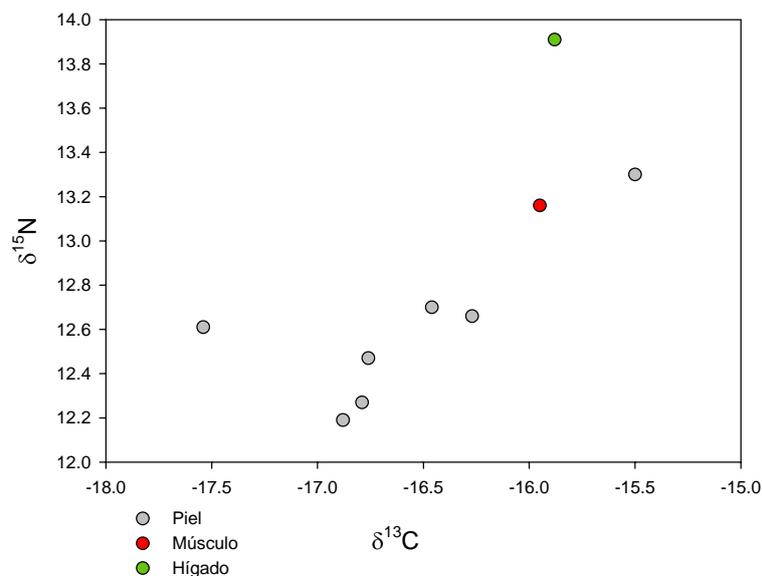


Figura 1. -Diagrama de dispersión de los resultados medidos en orcas del estrecho de Gibraltar. Los colores representan los distintos tejidos analizados.

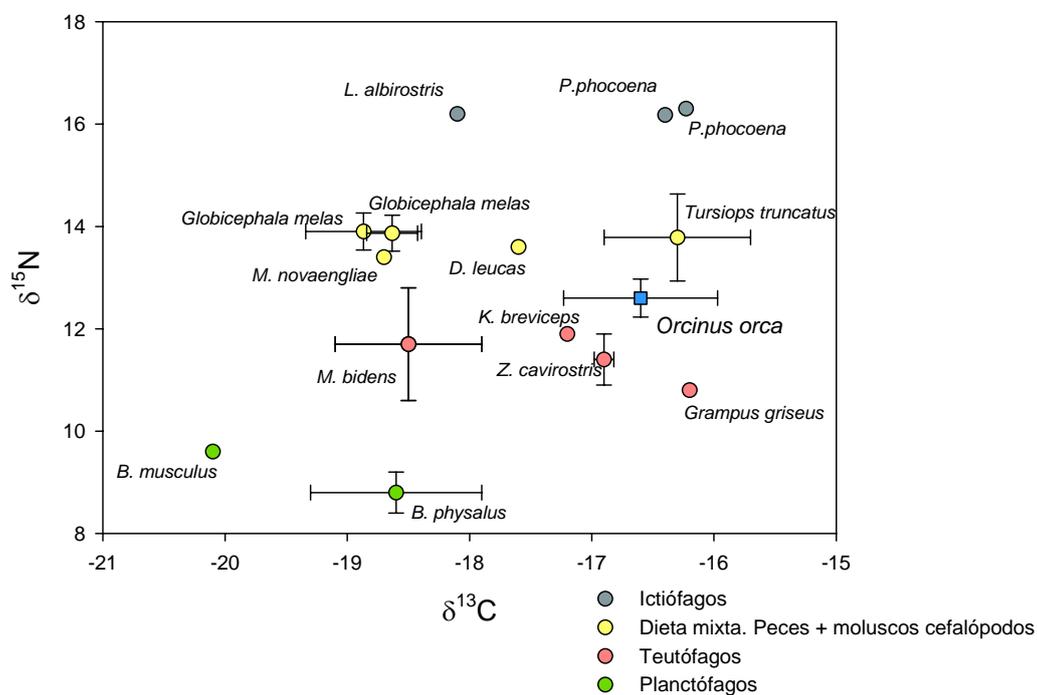


Figura 2. - Diagrama de dispersión de los resultados medidos en orcas del estrecho de Gibraltar y otras especies de cetáceos de dieta conocida. Valores para el resto de especies de Ostrom y Lien 1993; Schoeninger 1984; Abend y Smith 1997; Pauly, Trites, Capuli, y Christensen 1998; y Lesage 2001.

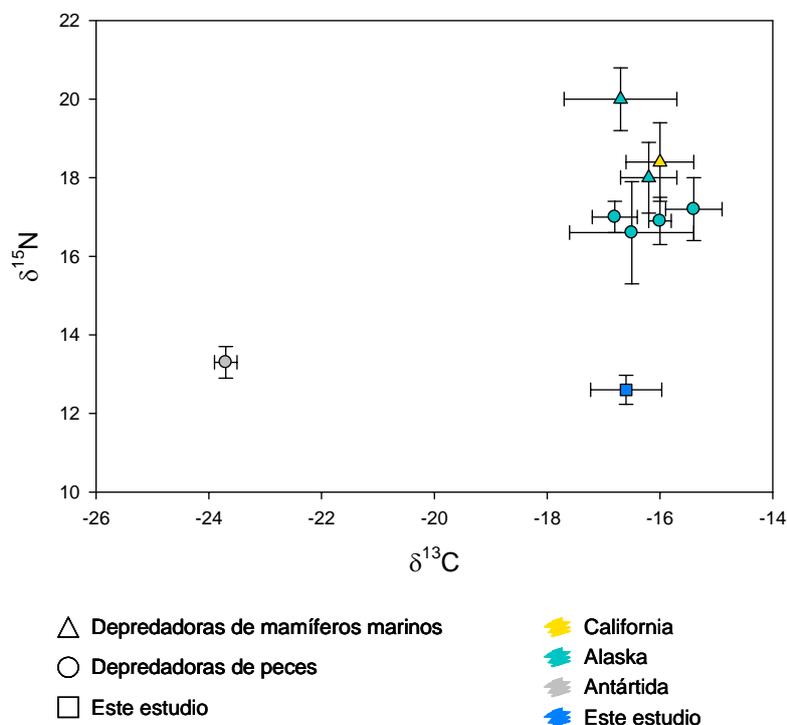


Figura 3. - Diagrama de dispersión de los resultados medidos en orcas del estrecho de Gibraltar y otras orcas analizadas en otros lugares del mundo. Valores para el resto de orcas de Herman *et al.* 2005; y Krahn *et al.* 2007.

Para comprobar si los valores de orcas y atunes medidos se corresponden con los teóricos en caso de una dieta exclusiva de atún rojo se pueden utilizar las siguientes expresiones.

$$\delta_{estimada-N} = \sum_{i=1}^n (Dieta_i \cdot x \delta^{15} N_i) + Fraccionamiento$$

$$\delta_{estimada-C} = \sum_{i=1}^n (Dieta_i \cdot x \delta^{13} C_i) + Fraccionamiento$$

Donde n es el número de especies diferentes consumidas en la dieta; en este caso una única especie. $Dieta_i$ es la proporción de la presa i en la dieta de las orcas en este caso sería el 100%, $\delta^{15}N$ y $\delta^{13}C$ son los valores isotópicos medidos en las presas y los fraccionamientos, son los posibles valores de fraccionamiento isotópico descritos en la literatura.

Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 2, y la comparación con los valores reales medidos en las muestras de orcas del estrecho de Gibraltar se presenta en la tabla 3. En la figura 5 se puede observar con claridad la gran diferencia que existe entre valores observados y esperados en caso de dieta con atún rojo como única presa tanto para fraccionamientos isotópicos altos (3,0) como bajos (1,7). Parece que la dieta de las orcas no se compone exclusivamente de atún, y es necesario incluir otras posibles presas en el análisis isotópico

La contribución relativa de cada presa a la dieta de las orcas se ha explorado utilizando el modelo de mezcla isotópica propuesto por Phillips y Gregg en el año 2003. Para utilizar el modelo correctamente es necesario corregir los valores de las presas con el correspondiente factor de fraccionamiento. Existen ahora mismo dos valores de fraccionamiento aceptados para cetáceos. El más aceptado, obtenido a partir del fraccionamiento trófico calculado en mamíferos terrestres es igual a 3.8‰ para valores $\delta^{15}N$, y 1.3‰ para valores $\delta^{13}C$ (Hobson *et al.* 1996, 2002). El otro valor encontrado para cetáceos es de 1.7‰ para valores $\delta^{15}N$, y 0.5‰ para valores $\delta^{13}C$ (Abend y Smith 1997). En este caso se han utilizado los dos valores para correr sendos modelos. En ambos casos los resultados han sido negativos y no se ha encontrado ninguna combinación de presas de las analizadas (las presentadas en la figura 4) que explique satisfactoriamente los valores isotópicos de las orcas del estrecho de Gibraltar.

N	Proporcion	$\delta^{15}N$	Fraccionamiento	Valor esperado
Atún rojo	1	11.73	1.7	13.43
N	Proporcion	$\delta^{15}N$	Fraccionamiento	Valor esperado
Atún rojo	1	11.73	3	14.73
C	Proporcion	$\delta^{13}C$	Fraccionamiento	Valor esperado
Atún rojo	1	-17.93	1.7	-16.23
C	Proporcion	$\delta^{13}C$	Fraccionamiento	Valor esperado
Atún rojo	1	-17.93	3	-14.93

Tabla 2. - Valores delta esperados en orcas del estrecho de Gibraltar con dieta exclusiva de atún rojo.

	$\delta^{15}\text{N}$ esperado	$\delta^{15}\text{N}$ observado	$\delta^{13}\text{C}$ esperado	$\delta^{13}\text{C}$ observado
fraccionamiento= 1.7	13.44	12.48±0.21	-16.24	-16.78±0.43
fraccionamiento= 3.0	14.74	12.48±0.21	-14.94	-16.78±0.43

Tabla 3.- Valores delta esperados y observados en orcas del estrecho de Gibraltar con dieta exclusiva de atún rojo.

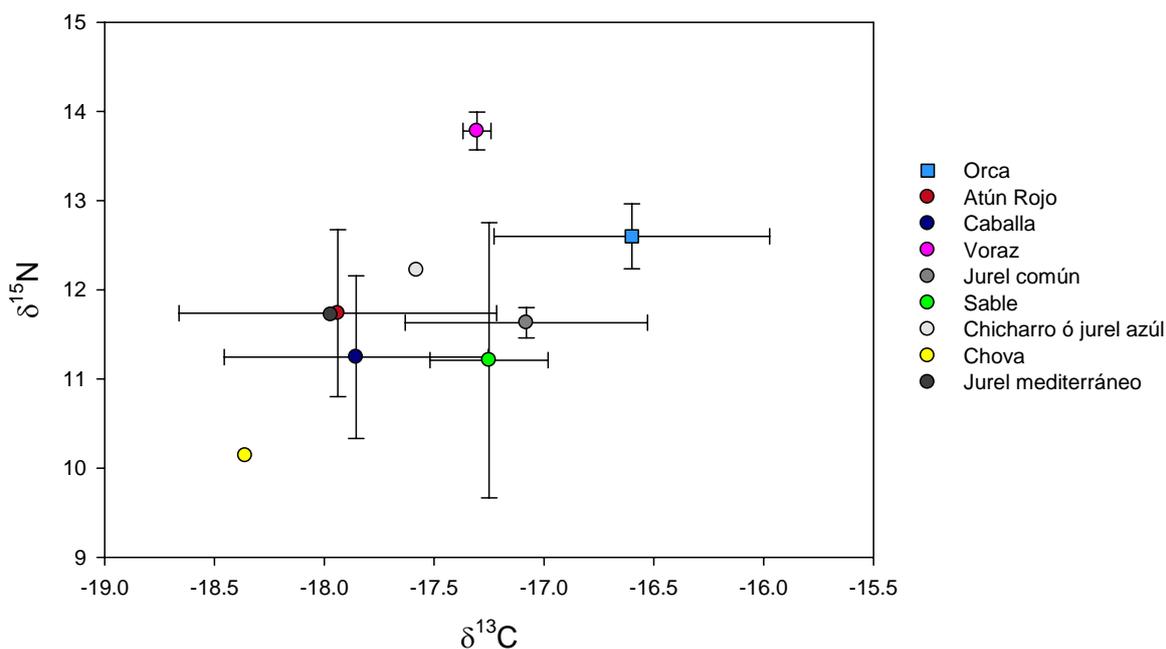


Figura 4. - Diagrama de dispersión de los resultados medidos en orcas y presas posibles en el estrecho de Gibraltar

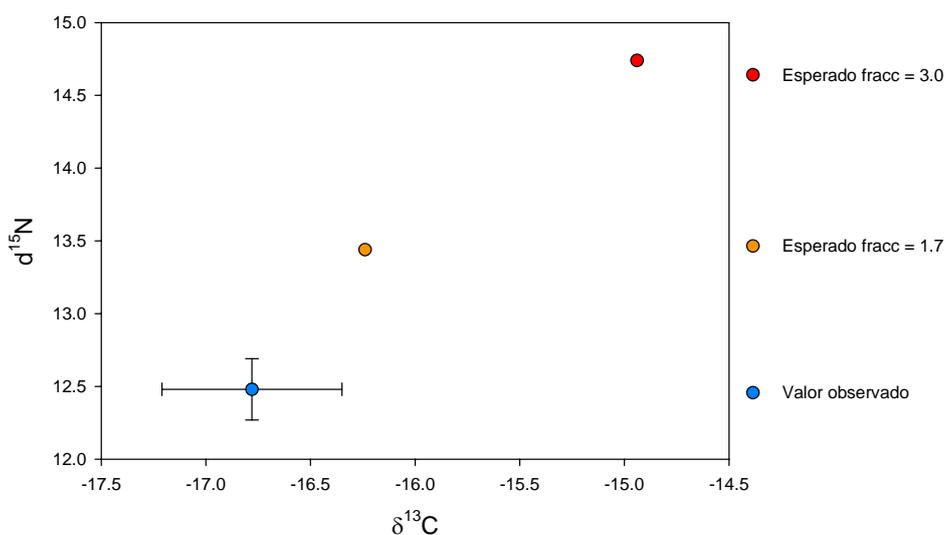


Figura 5. - Diagrama de dispersión de los valores observados y esperados en caso de dieta exclusiva de atún rojo.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

Aunque aún no hay suficiente número de muestras para afirmar nada, parece que el animal varado (procedente del grupo de Barbate) y los animales biopsiados (procedentes todos ellos del grupo del estrecho de Gibraltar) son diferentes en cuanto a su perfil isotópico. El valor $\delta^{15}\text{N}$ medio medido en animales vivos es igual a 13.30 ± 0.36 ; el valor medido en la piel del animal varado es 0.82‰ mayor, y aunque se sale del intervalo de confianza no supone una diferencia considerable en el nivel trófico. Sin embargo el valor $\delta^{13}\text{C}$ medido en los animales vivos es igual a -16.78 ± 0.62 y el animal varado se encuentra enriquecido en 1.28‰, lo que supone una diferencia interesante y podría ser indicativo de dietas diferentes con distintos aportes de nutrientes de origen pelágico (cuanto más empobrecido está el animal mayor proporción de carbono fijado por organismos fotosintético pelágicos). En cualquier caso imposible de determinar hasta que no se consigan más muestras del grupo de orcas de Barbate.

Si se presta atención a los valores encontrados en los distintos tejidos del animal varado se aprecia que no hay grandes diferencias entre piel y músculo, y son algo mayores al incluir el hígado en la comparación. No se conocen las tasas de renovación de ninguno de estos tres tejidos en orcas por lo que es imposible saber qué periodo de tiempo integra cada una de esas medidas. Se estima que la tasa de renovación de la piel oscila entre varios días y unas pocas semanas (Lesage, comunicación personal) y que la del tejido muscular es más lenta y la del hígado es totalmente desconocida. Si existen diferencias entre los valores medidos en diferentes tejidos se puede deducir que el animal ha cambiado su dieta y el lugar de alimentación recientemente. En este caso las diferencias entre la piel y el músculo no indican cambio de dieta ni de área, pero es necesario apuntar que las muestras provienen de un animal muy delgado que probablemente ya estaba metabolizando tejido muscular en el momento de su muerte y es posible que este proceso interfiera en la correcta interpretación de los resultados.

En cuanto a la comparación con otros mamíferos marinos del Atlántico y del estrecho de Gibraltar, las orcas se encuentran en un nivel intermedio entre las especies de dieta mixta (que se alimentan de especies de peces y de moluscos cefalópodos) y especies que se consideran exclusivamente teutófagas. Esta situación tiene dos posibles interpretaciones, la primera es una dieta compuesta principalmente por cefalópodos y que incluye de modo accesorio algunas especies de peces, la segunda interpretación más plausible en este caso, es la de una dieta basada en especies de hábitos pelágicos que se alimenten a su vez de krill o pequeños peces y crustáceos. Este tipo de dieta, explica que un superdepredador cómo la orca presente valores $\delta^{15}\text{N}$ tan bajos. Las cadenas tróficas pelágicas son más cortas que las costeras. Asumiendo que la presa principal de la orca es el atún rojo, se puede intuir una cadena trófica simplificada similar a esta, fitoplancton → zooplancton → pequeños peces y crustáceos → atún rojo → orca. El superdepredador estaría en el nivel trófico 5. Las redes costeras mucho más complejas hacen que los “eslabones” intermedios de la cadena sean más numerosos y más variados y los organismos están más enriquecidos en $\delta^{15}\text{N}$. Se puede asumir que los valores $\delta^{15}\text{N}$ medidos en las orcas en libertad son compatibles con una dieta basada fundamentalmente en aportes pelágicos.

En lo referente a la comparación con valores medidos en orcas en otras partes del mundo, las orcas analizadas en este estudio presentan valores muy alejados tanto de las orcas del Pacífico cómo de las orcas

antárticas. Al no contar con valores de referencia no podemos saber si las orcas del Pacífico están tan enriquecidas en nitrógeno porque están en niveles tróficos más altos, o simplemente porque las redes tróficas de esa área presentan valores basales más elevados que los que se encuentran en áreas como el estrecho de Gibraltar o la Antártida. Es imposible realizar ninguna comparación más exhaustiva hasta que no se cuente con valores de orcas de áreas cercanas al estrecho de Gibraltar.

Cuando se presentan en la misma figura los valores de las orcas y sus posibles presas y antes de los resultados del modelo de mezcla isotópico se pueden intuir algunos detalles importantes. Atendiendo a la diferencia en los valores $\delta^{15}\text{N}$ entre atunes rojos y orcas, parece los fraccionamientos teóricos no coinciden y es posible que exista alguna otra presa importante en la dieta de los depredadores. Como muestra la figura 3.5 aún considerando cualquiera de los dos valores de fraccionamiento isotópico probables, el atún no se corresponde con la presa única de las orcas. Se puede descartar el voraz como la especie que complementa la dieta, ya que en ese caso las orcas estarían más enriquecidas en nitrógeno y en carbono de lo que están en realidad. Es posible que la o las otras presas sean sables, caballas o chovas. A la espera de los resultados de sardina y otros pequeños pelágicos. En cualquier caso hay que considerar que los atunes muestreados son todos de salida, es decir están abandonando el mar Mediterráneo tras el desove y aún no tenemos muestras de atunes de entrada que podrían tener un valor $\delta^{15}\text{N}$ bastante diferente y ayudar a explicar con mayor claridad los valores isotópicos de las orcas. Se espera que al finalizar los experimentos se cuente con información más rigurosa acerca de los fraccionamientos isotópicos que ayuden a elucidar esta situación.

Los intentos de modelización de la dieta con los modelos de mezcla isotópica de Phillips y Gregg han sido improductivos. La explicación más probable es la omisión de alguna presa que contribuye de modo importante a la dieta de las orcas pero que no se ha analizado. A la espera de los resultados de sardina (*Sardina pilchardus*), boga (*Boops boops*), lubina (*Dicentrarchus labrax*), baila (*Dicentrarchus punctatus*), pargo (*Pagrus pagrus*), dorada (*Spaurus aurata*), aligote (*Pagellus acarne*), hurta (*Pagrus auriga*) y breca (*Pagellus erythrinus*). Otra explicación posible es la falta de muestras de atunes de entrada y otra posibilidad es que el fraccionamiento trófico entre orcas y atunes no sea un valor entre 1,7 y 3,0 como se espera sino algo menor. No sería responsable aventurar más sin los resultados de las orcas en Loro Parque.

BIBLIOGRAFÍA

- ABEND, Alan G. y Tim Smith: "Differences in stable isotope ratios of carbon y nitrogen between long-finned pilot whales (*Globicephala melas*) y their primary prey in the western north Atlantic", *ICES Journal of Marine Science*, 54 (1997), pp.500-503.
- BAIRD R.W., y H.Whitehead: "Social organization of mammal-eating killer whales: group stability and dispersal patterns", *Canadian Journal of Zoology*. En prensa.
- BAIRD R.W. y L.M. Dill: "Occurrence y Behaviour of transient killer whales: seasonal y pod specific variability, foraging behaviour, y prey handling", *Canadian Journal of Zoology*, 73 (1995), pp 1300-1311.
- BAIRD R.W. y L.M. Dill: "Ecological y social determinants of group size in transient killer whales", *Behavioral Ecology*, 7 (1996), pp.408-416.
- BARRETT-LENNARD L.G.: "A cetacean biopsy system using lightweight pneumatic darts, y its effects on the behavior of Killer Whales", *Marine Mammal Science*, 12 (1), (1996), pp.14-27.
- BIGG M.A. y otros: "Two sympatric forms of killer whales off British Columbia y Washington". In Abstract of the Sixth Biennial Conference on the Biology of marine Mammals, November 1985, Vancouver B.C. [Abst.]
- BOWLES A.E. y otros: "Ontogeny of stereotyped calling of a killer whale calf, *Orcinus orca*, during the first year", *Rit Fiskideildar* 11, (1988), pp.251-275.
- DAHLHEIM M. E.: "Killer whale (*Orcinus orca*) depredation on longline catches of sablefish (*Anoplopoma fimbria*) in Alaskan waters", *NWAFIC Processed Report* 88 (1988), pp. 14-31.
- FORD J.K.B. y otros: "Dietary specialization in two sympatric populations of killer whales (*Orcinus orca*) in coastal British Columbia y adjacent waters", *Canadian Journal of Zoology*, 76, (1998), pp.1-16.
- FRY, Brian: "Food web structure on Georges Bank from stable C, N y S, isotopic compositions", *Limnology and Oceanography*, 33(5), (1988), pp.1182-1190.
- GREAVES, D. K. y otros: "Growth rate y shedding of vibrassae in the gray seal (*Halichoerus grypus*): A cautionary note for stable isotope diet analysis", *Marine Mammal Science*, 20(2), (2004), pp.296-304.
- GUINET C.: "Intentional stranding apprenticeship y social play in Killer Whales (*Orcinus orca*)", *Canadian Journal of Zoology*, 69, (1991), pp. 2712-2716.
- GUINET C.: "Comportement de chasse des orques (*Orcinus orca*) dans l'archipel Crozet". *Canadian Journal of Zoology*, 70 (1992), pp. 1656-1667.
- GUINET C. y J. Bouvier: "Development of intentional stranding hunting techniques in Killer whale (*Orcinus orca*) calves at Crozet Archipelago", *Canadian Journal of Zoology*, 73, (1995), pp.27-33.
- HERMAN, D. y otros: "Feeding ecology of eastern North Pacific killer whales *Orcinus orca* from fatty acid, stable isotope, and organochlorine analyses of blubber biopsies", *Marine Ecology Progress Series*, 302, (2005), pp. 275-291.
- HEYNING J.E. y M.E. Dahlheim: "*Orcinus orca*", *Mammalian Species* 304, (1988), pp. 1-9.
- HOBSON, Keith A. y otros: "Stable carbon y nitrogen isotopic fractionation between diet y tissues of captive seals; implications for dietary reconstructions involving marine mammals", *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53, (1996), pp. 528-533.
- HOBSON, K.A. y otros: "A stable isotopes model for north Water food web: implications for evaluating trophodynamics and the flow of energy and contaminants", *Deep Sea Research II*, 49, (2002), pp. 5131-5150.
- HOBSON, K 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.
- HOELZEL A.R. y otros: "Low genetic variation among killer whales (*Orcinus orca*) in the eastern North Pacific, y genetic differentiation between foraging specialist", *Journal of Heridity*, 89, (1998), pp. 121-128.
- JEFFERSON T. y otros: "A review of killer whale interactions with other marine mammals: predation to co-existence", *Mammal review*, 21 (1991), pp. 151-180.
- KOCH, Paul L. y Donald L. Phillips: "Incorporating concentration dependence in stable isotope mixing models: a reply to Robbins, Hildebrant y Farley", *Oecologia*, 133, (2002), pp. 14-18.
- KRAHN, M. M. y otros: "Use of chemical tracers in assessing the diet and foraging regions of eastern North Pacific Killer Whales", *Marine Environment Research*, 63 (2007), pp. 114-91.
- LAJTHA, K. y R.H. Michener: *Stable isotopes in Ecology y Environmental Science*, Blackwell Scientific Publications (1994), p. 316.
- LEATHERWOOD J.S. y otros: "Records of the « Blackfish » (killer, false killer, pilot, pigmy killer, y melon headed whales) in the Indian Ocean Cetacean Sanctuary, 1772-1986", *Rep. Int. Whaling Commn* (1987).
- LESAGE, V. y otros: "Marine mammals and the community structure of the Estuary and Gulf of St Lawrence, Canada: Evidence from stable isotope analysis", *Marine Ecology Progress Series*, 210, (2001), pp. 203-221.

- LOPEZ J.C. y J.C. Lopez: "Killer whales (*Orcinus orca*) y their behavior of intentional stranding while hunting nearshore", *Journal of Mammalogy*, 66, (1985), pp. 181-183.
- MORIN, Y. y V. Lesage: "Effects of DMSO and lipid extraction methods on stable carbon and nitrogen isotopes ratios in the skin of odontocetes and mysticetes", *Proceedings of the 15th biennial conference on the biology of marine mammals*, 2003, Greensboro.NC.
- NORTARBARTOLO DI SCIARA G.: "Killer whale, *Orcinus orca*, in the Mediterranean Sea", *Marine Mammal Science*, 3, (1987) pp. 356-360.
- OSTROM, P. y otros: "Evaluation of the diet of Sowerby's beaked whale (*Mesoplodon bidens*), based on isotopic comparison among northwestern Atlantic cetaceans", *Canadian Journal of Zoology*, 71, (1993), pp. 858-861.
- PAULY, D. y otros: "Diet composition and trophic levels of marine mammals", *ICES Journal of Marine Science*, 55, (1998), pp. 467-481.
- PHILLIPS, Donald L. y Jillian W. Gregg: "Source partitioning using stable isotopes: coping with too many sources", *Oecologia*, 136, (2003), pp. 261-169.
- PHILLIPS, D.L. y P.L. Koch: "Incorporating concentration dependence in stable isotope mixing models", *Oecologia*, 130, (2002), pp. 114-125.
- PHILLIPS, L.: "Mixing models in analyses of diet using multiple stable isotopes: a critique", *Oecologia*, 127, (2001), pp. 166-170.
- PHILLIPS, D.L. y otros: "Combining sources in stable isotopes mixing models: alternative methods", *Oecologia*, (2005).
- PONSARD, S.: "Effects of several preservation methods on the isotopic content of *Drosophila* samples", *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris, Sciences De La Vie*, 322, (1999), pp. 35-41.
- RAU, G. H. y otros : 1983. "Animal $^{13}C/^{12}C$ correlates with trophic level in pelagic food webs", *Ecology*, 64(5), (1983), pp. 1314-1318.
- RENDELL L. y H. Whitehead: "Culture in whales y dolphins", *Behavioural y Brain Science*, (in press), (2000).
- SCHOENINGER, M.J.: 1984 "Nitrogen and carbon isotopic composition of bone collagen from marine and terrestrial mammals", *Geochimica And Cosmochimica Acta*, (1984), pp. 625-639.
- SIMILA, T. y F. Ugarte: "Surface y underwater observations of cooperatively feeding killer whales in northern Norway", *Canadian Journal of Zoology* 71, (1993), pp. 1494-1499.
- 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.
- STEVENS T.A. y otros: "Preliminary findings of restriction fragment differences in mitochondrial DNA among killer whales (*Orcinus orca*)", *Canadian Journal of Zoology* 67, (1989), pp. 2592-2595.