



FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR Y AMBIENTALES  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA



ABUNDANCIA, ESTRUCTURA SOCIAL Y PARÁMETROS DE  
HISTORIA NATURAL DE LA ORCA (*Orcinus orca*)  
EN EL ESTRECHO DE GIBRALTAR

Ruth Esteban Pavo

TESIS DE MASTER  
MASTER ACUICULTURA Y PESCA: RECURSOS MARINOS Y  
SOSTENIBILIDAD

Puerto Real a 12 de diciembre de 2008

Juan Miguel Mancera Romero, Doctor en Ciencias Biológicas, como director de la Tesis de Master titulada: “Abundancia, Estructura social y parámetros de historia natural de la orca (*Orcinus orca*) en el Estrecho de Gibraltar” realizada por : Ruth Esteban Pavo se ha realizado bajo mi dirección en las dependencias del Departamento de Biología. Y para que así conste firmo el presente informe en \_\_\_\_\_ a\_\_\_\_\_....

Renaud de Stephanis, Doctor en Ciencias del Mar, como director de la Tesis de Master titulada: “Abundancia, Estructura social y parámetros de historia natural de la orca (*Orcinus orca*) en el Estrecho de Gibraltar” realizada por : Ruth Esteban Pavo se ha realizado bajo mi dirección en las dependencias del Departamento de investigación de CIRCE, Conservación, Información y Estudio sobre Cetáceos. Y para que así conste firmo el presente informe en \_\_\_\_\_ a\_\_\_\_\_.....

Firma del/los Director/es

Fdo.: Juan Miguel Mancera Romero

Fdo. Renaud de Stephanis

## Agradecimientos

Este documento es solo la punta del iceberg de toda una serie de años hasta la realización de mi sueño, que en principio podría ser bastante imposible para una chica nacida en Madrid, pero nada es imposible.

Los primeros no podría ser otros que mi familia desde peques, los primeros también en mi vida, soy de esta manera y he llegado hasta aquí porque ellos me criaron y educaron, pero sin olvidar que ellos fueron los primeros en apoyarme y en sacrificarse para que yo me trasladara a mi deseada costa y más concretamente a mi querida Cai.

Si hablé de mis primeros pasos, no me puedo olvidar de los trocitos de corazón que me dejé en Madrid, mis amigos, con los que compartí muchos momentos inolvidables, y los cuales siempre tienen la esperanza de que algún día vuelva. Rober, Natalia, Lore y Sonia.

Y que me encontré allí, a mi segunda familia a "las niñas", gente maravillosa con la que ya de por sí te une una afición la mar, que sin darte cuenta y en el momento más inesperado te das cuenta que no sabes que habrías hecho sin ellas tan lejos de casa, compartes todo, desde los momentos de carcajadas hasta que te duele la cara, hasta los peores momentos, y siempre han respondido, y siempre lo harán. Gracias niñas!!! Cris, Marta Madrid, Marta Toledo, Elenita, Esther, Marta Barcelona, Itzi, que se que todas llegarán realmente a donde quieran. También tuve la suerte de conocer a mis compis de casa (la mejor casa de la carrera) Lei y Kris, las personas con mayor corazón lque me he encontrado en este mundo (sin menospreciar a nadie, pero tenéis que conocerlas para entenderlo), sin olvidarme de sus respectivos novios (aunque de vez en cuando me dejéis compartirlos)

A la piña master, afortunadamente gente majísima con la que llevar con mayor ligereza todas esas horas que le restamos a la siesta (y además de sin poder ver FAMA), pero que cuando nos juntamos para celebraciones vaya peligro que tenemos, un grupo internacional de lo más unido. Kris, Mariyaye, Regina, Yvette, Tamara, Pepe, Tiago, Rui, Olivier, Urtzi, Ángela, Nazaret, Naza, Ana, Miriam, Tiziana, Felipe, Manu, Ahlam, Nawal, ...Chicos otra barbacoa después de que nos toque defender esto.

El mundo ballenero, mi sueño por fin, un mundo lleno de gente excepcional, mi tercera familia (muchas familias tengo yo ya, pero hay tiempo para todas), llena de amigos extraordinarios, siempre con un brazo para arrimar, o un hombro donde apoyarse; desde los primeros momentos me han hecho sentir de verdad útil y apoyándome en todo, además de pasar largas horas bajo un sol de justicia, que acaban por embrutecerte. Renaud, Filipino, Sergi, Ali, Juanma, Maria, Sandri, Noe, Usula, Raúl, Pauline, Susi, Pilar, Lucia, Ceci, Joan, ... los más cercanos (lo siento por si falta algún nombre), pero sin olvidar, todos aquellos compañeros de congresos de la ECS (que más que congreso es una reunión de amigos haciendo un Tour por Europa), sin olvidar por supuesto todos los voluntarios que nos han ayudado tanto en la toma y procesamiento de los datos, son muchos para nombrar pero todos igual de importantes.

No puedo olvidar al Dr Christophe Guinet. Aunque no hemos podido coincidir con el personalmente, su labor ha sido encomiable para que se pueda hablar hoy de investigación sobre cetáceos en el Estrecho y particularmente con las orcas.

Tarifa, todo un descubrimiento como lugar donde vivir, y lleno de gente amable, risueña, y con ganas de pasarlo bien en cada momento, aunque también de gente a la cual se le ajusta la frase “Dios los cría, y el levante los amontona” (Sandra Villar, 2005), pero que hacen que este rinconcito de Tierra tenga un encanto incomparable, no solo por sus paisajes, y por su proximidad a ese otro continente, tan cercano y tan lejano. Sitio en el que he encontrado mi cuarta familia (como van aumentando los familiares en mi lista) compuesta de además por los balleneros, por los pajareros (y asociados) a los cuales les he hecho un pequeño hueco en mi corazón. Leito, Estebilla, Carlillos, Vero, Maria, Vane, ,, sois muchos los siento por no nombrar a todos (muchas cigüeñas negras en Tarifa).

Y sin olvidar a todos aquellos que se quedan sin líneas de unión en mi sociograma. Ricardo, por todo tu apoyo, por llegar a ser un gran amigo, y alguien que aunque fuera desde la lejanía siempre he sentido mi apoyo y que se ha convertido en alguien imprescindible en mi vida. Todos aquellos conocidos en mis múltiples viajes por becas que hasta yo me sorprendo de donde salen. Además de los compañeros de campañas en barcos.

A mi tutor, Juanmi, muchas gracias por todo, y sobre todo por ser tan metódico en corregir, cosa que ayuda cuando no puedes leerte más de 300 veces este documento.

Finalmente y no por ello meno importante, agradecer a las entidades que han permitido financiar este estudio. Estos son la Fundación Loro Parque, La Fundación Biodiversidad y la Dirección General para la Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente.

Gracias a todos de verdad, lo último, pedir disculpas por si me dejo a alguien en el tintero (que espero que no se ahogue), pero ya sabéis, he exprimido tanto mi cerebro que no me extrañaría nada.



## Resumen

Las orcas han sido descritas en el Estrecho de Gibraltar desde hace al menos 2000 años, siempre asociadas a pesquerías de atún. Las orcas muestran dos estrategias de captura para conseguir atún. La primera de ellas consiste en el agotamiento de los atunes, persiguiéndoles durante 30 minutos aproximadamente, lo que implica un alto gasto de energía y la segunda técnica es la interacción con las pesquerías de palangre de las aguas centrales del Estrecho que se viene llevando a cabo desde comienzo de los años 90. Los objetivos de este estudio son los de estimar la abundancia y grado de residencia de las orcas en el Estrecho de Gibraltar, dilucidar cual es su estructura social, para así poder definir las distintas manadas y como se organizan espacialmente, y finalmente establecer cuales son los parámetros de historia natural, datos importantes si queremos gestionar esta especie de una forma sostenible. Se han analizado un total de 7730 fotografías de aletas dorsales de orcas, tomadas entre 1998 y 2007 en 97 avistamientos, mostrando la presencia de 42 individuos diferentes en el área de estudio. Durante las sesiones de foto-identificación, se anotó la estructura social de estas orcas, y además se ha analizado el catálogo con el programa Socprog 3.2, dando como resultado la presencia de 5 grupos sociales diferentes presentes en el Estrecho. Se ajustaron las relaciones temporales mediante al cálculo de sus lagged association rates resultando ser un sistema basado en Disasociaciones rápidas más Compañeros Constantes. Todos los grupos sociales se han observado asociados a las técnicas de captura de agotamiento pero solo 3 de ellos se observan también interaccionando con las pesquerías de palangre durante los meses de verano. Los parámetros demográficos (Tasa de supervivencia poblacional=0.989 ((95% IC: 0.941-0.993), Tasa de nacimientos=0.066, Tasa de mortalidad=0.013, Tasa de supervivencia de recién nacidos=0,968 (95% IC: 0,811-0,995) de estos 3 grupos sociales son similares a los observados en orcas residentes del Pacífico Norte. Sin embargo la tasa de crecimiento poblacional ( $\lambda=1.053$ ) y el intervalo de nacimientos (4.25 años) son respectivamente mayor y menor comparado con la población de orcas residentes del Pacífico Norte. Llegando a la cuestión de las posibles consecuencias demográficas de las interacciones entre las orcas y las pesquerías de palangre. Esta interacción quizás les permita incrementar su ganancia de energía y así invertirla en reproducción, dato a tener muy en cuenta en un posible plan de gestión o recuperación de la especie.

## Abstract

Killer whales have been described in the Strait of Gibraltar associated with tuna fisheries for at least 2000 years. Killer whales exhibit two strategies to feed on them. One, exhausting the tunas, chasing them during around 30 minutes, which implicates high energetic investment, and another one interacting with the long line fishery in the central waters of the Strait since the beginning of the 90s. The aim of this study was to asses the abundance and the residency degree of the killer whales in the Strait of Gibraltar, the social structure to define the different pods and their distribution in the area, and finally establish the life history parameters, all these are main data if we want a sustainable management of these specie. A total of 7730 pictures of dorsal fins of killer whales, taken between 1998 and 2007 in 95 sightings, have been analysed showing the presence of 42 different individuals in the area. During the photo-id sessions, group structure was noted, and the catalogue was analysed with Socprog 3.2, resulting on a total of 5 pods. The temporal relationships were fitted calculating their lagged association rates resulting in a social system based on Rapid Dissociation and Constant Companions. All the pods were seen associated with the tuna exhaustion feeding strategies but 3 of them were also observed interacting with the long line

fishery during summer months. Life history parameters (Population survival rate=0.989 (95% IC: 0.941-0.993), birth rate=0.066, mortality rate=0.013, new born survival rate=0.968 (95% IC: 0.811-0.995) of those 3 pods are similar to those observed for resident killer whales in the North Pacific. However the observed population growth rate ( $\lambda=1.053$ ) and birth intervals (4.25 years) are respectively higher and lower compared to the North Pacific resident population. Raising the question of the possible demographic consequences of the interactions between the killer whales and the long line fishery. This interaction might allow them to increase their energetic gain and invest it in reproduction, this data should be taken into account into a management or recovery plan for these species.

# ÍNDICE

<b>1. Introducción.....</b>	<b>1</b>
<i>1.2 Aspectos biológicos de la orca.....</i>	<i>2</i>
1.2.1 Tamaño.....	2
1.2.2 Pigmentación.....	3
1.2.3 Reproducción.....	5
1.2.4 Alimentación.....	6
1.2.5 Estrategia de vida.....	7
<i>1.3 Distribución de orcas en el Mundo.....</i>	<i>7</i>
1.3.1 Comedoras de mamíferos.....	9
1.3.3.-Orcas oceánicas.....	11
<i>1.4 El Estrecho de Gibraltar.....</i>	<i>12</i>
<i>1.5 Cetáceos en el Estrecho de Gibraltar.....</i>	<i>17</i>
<i>1.6 Interacciones de orcas con pesquerías.....</i>	<i>19</i>
<i>1.7 Foto-identificación.....</i>	<i>21</i>
1.7.1 Origen.....	21
1.7.2 Aplicaciones.....	22
<i>1.8 Estructura social de cetáceos.....</i>	<i>23</i>
<i>1.9 Estado de conservación.....</i>	<i>25</i>
<i>1.10 Objetivos del estudio.....</i>	<i>26</i>
<b>2. Material y Métodos .....</b>	<b>27</b>
2.1.1 Embarcaciones utilizadas entre 1999 y 2000.....	28
2.1.2 Embarcaciones utilizadas entre 2001 y 2007.....	28
<i>2.2 Foto-identificación.....</i>	<i>29</i>
2.2.1 Fotos en el mar.....	29
2.2.2 Análisis de las fotografías.....	30
<i>2.3 Estructura social.....</i>	<i>32</i>
<i>2.4 Parámetros de historia natural.....</i>	<i>33</i>
2.4.1 Tasa de supervivencia.....	33
2.4.2 Intervalo de nacimiento.....	35
2.4.3 Tasa de nacimiento y tasa de mortalidad.....	35
2.4.4 Formulaciones.....	36

<b>3. Resultados .....</b>	<b>37</b>
3.2 Foto-identificación.....	39
3.3 Estructura social.....	41
3.4 Parámetros de historia natural.....	45
3.4.1 Modelos de “transience” y “trap dependence” .....	48
3.4.2 Tasa de supervivencia.....	48
3.4.3 Tasa de natalidad.....	48
3.4.4 Tasa de crecimiento poblacional .....	48
3.4.5 Intervalo de nacimiento .....	48
<b>4. Discusión.....</b>	<b>49</b>
4.2 Estructura social.....	52
4.3 Parámetros de historia natural.....	53
4.3.1 Modelos de “transience” y “trap dependence” .....	53
4.3.2 Tasa de supervivencia.....	54
4.3.3 Tasa de natalidad.....	54
4.3.4 Tasa de crecimiento poblacional .....	54
4.3.5 Intervalo de nacimiento .....	55
<b>5. Conclusiones.....</b>	<b>59</b>
<b>6.- Bibliografía .....</b>	<b>62</b>
<b>Anexo I .....</b>	<b>71</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Imagen ilustrativa de una orca macho adulto (superior), hembra adulta (medio) y una cría (inferior) <sup>2</sup> (Tomada de <a href="http://www.acsonline.org/factpack/KillerWhale.htm">http://www.acsonline.org/factpack/KillerWhale.htm</a> ) .....	<b>2</b>
<b>Figura 2:</b> Vistas laterales y ventrales de un macho adulto tipo (A, B) y una hembra (C, D) de <i>Orcinus orca</i> . Ilustración de R. Agoes-Makowski (Tomada de Heyning et al., 1988).....	<b>4</b>
<b>Figura 3:</b> Ejemplo de orcas acosando un grupo de cachalotes en aguas del archipiélago de Crozet (Océano Índico). (Fotografía de R. de Stephanis).....	<b>10</b>
<b>Figura 4:</b> Representación en tres dimensiones de la batimetría del Estrecho. (Extraído de de Stephanis, 2008, y basado en Sanz et al., 1988).....	<b>13</b>
<b>Figura 5:</b> Localización del Estrecho de Gibraltar. ....	<b>15</b>
<b>Figura 6:</b> Batimetría del Estrecho de Gibraltar. (Extraído de de Stephanis, 2008 según Sanz et al., 1988).....	<b>16</b>
<b>Figura 7:</b> Captura de una orca en una campaña oceanográfica a finales del siglo XIX en el Golfo de Cádiz. (Foto tomada de Richard et al., 1936).....	<b>17</b>
<b>Figura 8:</b> Detalle de orca con un pedazo de atún en la boca. (Fotografía de Stephanis). ....	<b>19</b>
<b>Figura 9:</b> Orca GIB_017 con un anzuelo enganchado al costado derecho durante el verano de 2007.....	<b>20</b>
<b>Figura 10:</b> Barco de Investigación Elsa.....	<b>29</b>
<b>Figura 11:</b> Plataforma de observación a 5 metros de altura.....	<b>29</b>
<b>Figura 12:</b> Ordenador de abordaje en el Elsa.....	<b>29</b>
<b>Figura 13:</b> La embarcación de apoyo Lobo, permite realizar fotografías de calidad.....	<b>29</b>
<b>Figura 14:</b> Detalle de la aleta dorsal y de la silla de montar (A), así como de la mancha ocular (B) en ejemplares de <i>Orcinus orca</i> .....	<b>31</b>
<b>Figura 15:</b> Descripción de los ángulos alrededor de la aleta dorsal. El ángulo es la posición del fotógrafo.....	<b>31</b>
<b>Figura 16:</b> Esfuerzo realizado en la zona de estudio a lo largo del año 2006.....	<b>38</b>
<b>Figura 17:</b> Distribución de avistamientos de orcas en aguas del Estrecho de Gibraltar. ....	<b>38</b>
<b>Figura 18:</b> Esfuerzo fotográfico y número de individuos identificados por año .....	<b>39</b>
<b>Figura 19:</b> Curva de captura de todos los individuos.....	<b>40</b>
<b>Figura 20:</b> Nuevos individuos identificados y recapturados.....	<b>40</b>
<b>Figura 21:</b> Cluster de asociaciones (Half-weight association index). (Coeficiente de Correlación Cofenítico CCC=0.97). El sexo de los individuos viene marcado con el código M para machos, F para hembras, y J para los juveniles.....	<b>42</b>
<b>Figura 22:</b> Sociograma que muestra las asociaciones entre individuos mediante líneas de unión mostrando numéricamente el índice de asociación, asociaciones fuertes (>0,5) se muestran alrededor del perímetro, representando claramente los “pods” .....	<b>43</b>
<b>Figura 23:</b> Lagged association rate (LAR, línea azul oscuro). Las barras de error vienen generadas por medio de la técnica de jackknife (+/- 1 Error estándar). El modelo que mejor representaba los datos fue el modelo que describe rápidas disasociaciones + conocidos	

casules (línea roja), o por otro lado rápidas disasociaciones + compañeros constantes (línea verde). El “null association rate” (línea azul clara) representa el teórico LAR que correspondería a una población asociada aleatoriamente..... **43**

**Figura 24:** Regresión de los modelos de sistema social al lagged association rate (LAR). El valor subrayado es el elegido que mejor describe los datos en base al QAIC (Quasi Akaike Information Criteria). ..... **44**

**Figura 25:** Atún completo siendo izado a bordo de un barco de pesca tarifeño..... **46**

**Figura 26:** Orcas en las inmediaciones de los pesqueros tarifeños. .... **46**

**Figura 27:** Resultado de un ataque de orcas a un atún rojo en el Estrecho de Gibraltar..... **47**

**Figura 28:** Orca macho (Oo\_Gib\_010) en las inmediaciones de un pesquero marroquí..... **47**

**Figura 29:** Orca Vega (Oo\_GIB\_021) observada en el año 2002 en el Estrecho de Gibraltar... **50**

**Figura 30:** Orca Vega (Oo\_GIB\_021) muerta en Mayo de 2006..... **51**

**Figura 31:** Cría de orca nacida durante la segunda semana de Julio de 2006. .... **55**

**Figura 32:** Macho adulto y cría nacida en primavera de 2007..... **57**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Datos resumidos de los parámetros de historia natural obtenidos en el estudio. ....	<b>45</b>
<b>Tabla 2:</b> Datos de abundancia de poblaciones de orcas según regiones de presencia. ....	<b>52</b>
<b>Tabla 3:</b> Comparativa de los parámetros de historia natural entre las poblaciones del Océano Pacífico (Olesiuk et al., 1990), Archipiélago de Crozet (Poncellet et al., 2002), Noruega (Kuningas et al., 2007) y la población del Estrecho de Gibraltar (presente trabajo).....	<b>56</b>



# 1. Introducción

---

## 1.1 Taxonomía

La orca (*Orcinus orca*) (Fig. 1) es un vertebrado perteneciente a la Clase Mammalia,

Subclase Theria,

Infracalse Eutheria,

Orden Cetacea,

Suborden Odontoceti,

Familia Delphinidae,

Género *Orcinus*.

Los nombres comunes que suele recibir son los siguientes: orca (catalán), candorca (gallego), Ezpalarta, orka (euskera), orka (alemán), killer whale (inglés), orque (francés), kosatka (ruso), orca (polaco), spekkhogger (noruego), shachi, sakamata (japonés).



**Figura 1:** Imagen ilustrativa de una orca macho adulto (superior), hembra adulta (medio) y una cría (inferior) (Tomada de [www.acsonline.org/factpack/KillerWhale.htm](http://www.acsonline.org/factpack/KillerWhale.htm))

## 1.2 Aspectos biológicos de la orca

### 1.2.1 Tamaño

Las orcas son los miembros más grandes de la familia Delphinidae, presentando los adultos un rango de tamaño de 5 a 9 metros. Su gran tamaño, cuerpo

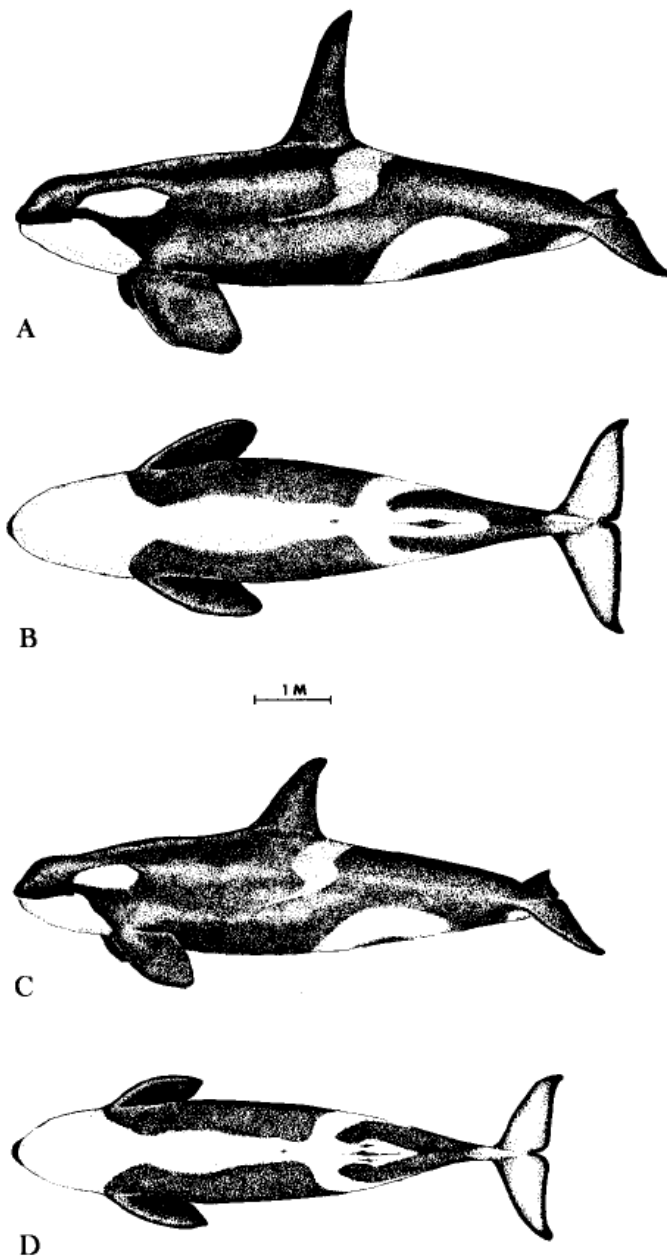
robusto, la mancha post ocular, y las aletas ovaladas les distinguen (Fig. 2). Las orcas tienen proporcionalmente la aleta dorsal más grande de los delfínidos, con un rango de una décima a una quinta parte del tamaño del cuerpo total (Heyning y Dahlheim, 1988).

Generalmente las hembras alcanzan un tamaño de 7 metros y los machos de 8,2 metros (Mitchell, 1975); sin embargo, se han detectado tallas máximas de 8,5 metros para las hembras y 9,8 metros en el caso de los machos (Perrin y Reilly, 1984). Se tienen pocos datos de pesos pero el peso máximo registrado fue de 3.100 kg para una hembra de 6,35 metros y 4.000 kg para un macho de 6,04 metros (Hoyt, 1981). Su cabeza es redondeada sin ningún pico distinguible. Las grandes aletas ovaladas están posicionadas aproximadamente a un cuarto de distancia desde el morro a la aleta caudal, en contraste con el resto de delfínidos que presentan una aleta en forma de hoz. En los machos las aletas llegan a medir 2 metros (Harper, 1927) pudiendo constituir el 20% del tamaño del cuerpo; mientras en las hembras las aletas representan del 11 al 13% del tamaño del cuerpo. En los machos adultos la aleta dorsal es triangular y puede llegar a medir 1,8 metros de altura, mientras que para las hembras adultas y los machos juveniles es menor de 0,9 metros de alto y claramente falcado. La altura de la aleta dorsal es un carácter muy útil para distinguir los machos dentro de los "pods" o manadas (conjunto de individuos que permanecen asociados toda su vida). El sexo de machos subadultos es difícil de distinguirlo.

### 1.2.2 Pigmentación

Las orcas son uno de los cetáceos más notablemente pigmentados, permitiendo que la identificación en el mar sea más fácil. Las orcas son oscuras, con un dorso normalmente negro azabache y un vientre blanco bien marcado. La zona blanca se extiende desde la mandíbula inferior, posteriormente se constriñe entre las aletas pectorales, después se ensancha ligeramente terminando justo después de la región urogenital. A continuación del área blanca ventral existe una mancha lateral en el flanco (Mitchell, 1970) que se expande dorsoposteriormente por encima de la región urogenital. La parte posterior de la aleta dorsal presenta una pigmentación blanca o grisacea, y que comúnmente se llama silla de montar. Tienen una mancha postocular blanca. Las áreas de colores claros a menudo son amarillentas, especialmente en los animales Antárticos (Berzin y Vladimirov, 1982, 1983; Evans et al., 1982) pero la coloración amarillenta también se ha observado en el Pacífico Norte (Scheffer y Slip, 1948). En general los individuos juveniles tienden a ser más amarillentos que los adultos.

Se han podido observar individuos melanísticos (Scheffer y Slip, 1948) y parcialmente albinos (Carl, 1960; Scheffer, Slip, 1948 y Renner y Bell, 2008) en el Pacífico Norte. De todas formas existe una variación individual y geográfica en los parámetros de pigmentación de las orcas (Carl, 1946; Evans et al. 1982).



**Figura 2:** Vistas laterales y ventrales de un macho adulto tipo (A, B) y una hembra (C, D) de *Orcinus orca*. Ilustración de R. Agoes-Makowski (Tomada de Heyning et al., 1988).

### 1.2.3 Reproducción

Los ciclos de nacimientos parecen no ser fijos a lo largo del mundo, con épocas de apareamiento y cría dispersas en varios meses. En el Atlántico Noreste, el apareamiento ocurre desde finales de otoño hasta mediados de invierno (Jonsgård y Lyshoel, 1970). La poligamia existe entre las orcas, y quizás se produzca un control social en la reproducción (Heyning y Dahelheim, 1988). La proporción de sexos parece ser de 1:1, pero se han llegado a medir proporciones de machos y hembras de 0,48:1 y 0,83:1 en el Pacífico Noreste (Balcomb et al., 1982; Bigg, 1982) y 1,34:1 en las Islas Marion (Condy et al., 1978).

El tamaño medio de los machos al alcanzar la madurez sexual es de 5,2 a 6,2 metros. El último estirón en el crecimiento de los machos adolescentes se ha observado entre los 5,5 hasta los 6,1 metros, en el momento en el que alcanzan la madurez sexual (Christensen, 1984). Antes de esto, la curva de crecimiento de los machos y hembras es idéntica.

Olesiuk et al. (1990) predijeron que el comienzo de la producción de testosterona (inicio de la pubertad) era responsable del incremento del índice HWR (altura de su aleta dorsal dividido por la anchura de su aleta dorsal) que probablemente ocurra de 2 a 3 años antes de la madurez sexual (y HWR de  $\geq 1,4$ ). Usando esta asunción, predijo que la edad de la pubertad de las orcas era de 7,5-14,5 años. Robeck y Monfort (2005) gracias a un estudio con orcas en cautividad determinaron, basándose en las concentraciones de testosterona en la grasa, la edad en un rango de 8 a 12 años. Cuando en este último estudio se clasificó a los machos como sexualmente maduros usando datos de concentraciones de testosterona en grasa, no siempre se observaba el tamaño de al menos 1,4 para HWR. Aunque HWR pueda resultar útil para generalizaciones en poblaciones, debemos considerar que la tasa de crecimiento de las aletas dorsales pueda variar entre individuos debido a factores diferentes a la concentración de la testosterona. Además pueden influir factores como diferencias genéticas en tasas de crecimiento, el tamaño final del individuo o el estado social (Robeck y Monfort, 2005). Sin embargo esta disparidad en los datos de la madurez sexual puede estar reflejada por el incremento y consistencia de planes de nutrición mejorados para los animales en cautividad, el bajo tamaño de la población, estimaciones inapropiadas de la edad de los animales en libertad o alguna combinación de estos factores, que todavía son desconocidos (Robeck y Monfort, 2005)

Experimentos con orcas en cautividad demuestran una producción constante de espermatozoides a lo largo del año manteniéndose siempre por encima de 1 ng/ml, mostrando periodos de elevación (primavera). Sin embargo la producción de esperma no exhibe ningún patrón estacional obvio, puesto que en periodos de baja secreción de testosterona, la espermatogénesis se mantiene (Robeck y Monfort, 2005).

Las hembras alcanzan la madurez sexual entre los 4,6 y los 5,4 metros (Perrin y Reilly, 1984). Presentando los animales de Atlántico Noreste los menores valores y los del Antártico las mayores (Perrin y Reilly, 1984).

Las orcas presentan valores de embarazo anual entre 13,7 % a 39,2% del total de la población (siendo la probabilidad estimada más baja la más fiable), mientras que los valores de la tasa anual de nacimiento son entre el 4 al 5% (Dahlheim, 1981). El periodo de latencia entre partos presenta valores de entre 3 a 8 años, indicando los datos que las estimas mayores son las más típicas en estos animales. Sin embargo, algunas evidencias sugieren que la tasa de nacimiento depende de la densidad de la población (Fowler, 1984; Kasuya y Marsh, 1984).

El periodo de gestación, obtenidos de orcas que han sido criadas en cautiverio, es de 19 meses (Hoyt, 1981); mientras que en poblaciones salvajes se ha estimado que este periodo de gestación sería de 15 meses (Perrin y Reilly, 1984).

El destete parece ocurrir cuando la cría alcanza un tamaño de 4,3 m (Nishiwaki y Handa, 1958) con un periodo de lactancia de 12 meses (Bryden, 1972). Sin embargo, las crías siguen siendo dependientes de sus madres durante al menos 2 años.

#### 1.2.4 Alimentación

Las orcas son carnívoros marinos de alto nivel en la red trófica y además oportunistas con dietas que difieren estacionalmente y regionalmente. Principalmente se alimentan de peces, aunque también depredan mamíferos y aves marinas. De 362 contenidos estomacales de *Orcinus orca* examinados en la región Antártica, el 60% contenían sólo peces, y del resto el 31% también contenían rorcual aliblanco (*Balaenoptera acurostrata*), el 4% pinnípedos, y el 3% calamares (Ivashin, 1981). Análisis de los contenidos estomacales de orcas del Pacífico Norte muestran en orden de aparición: calamares, pescados, cetáceos, pinnípedos, y mezclas de estos (Nishiwaki y Handa, 1958). También existen registros de orcas comiendo pingüinos (Visser et al., 2008) y tiburón blanco (*Carcharodon carcharias*) (Pyle, et al., 1999). Además las orcas muestran comportamiento de depredación de grandes ballenas, lo que les han dado su nombre de “ballenas asesinas” (Gaskin, 1982; Hancock, 1965;

Jongsgard, 1968; Rice, 1968; Tarp, 1979; Whitehead y Glass, 1985), que no es más que una mala traducción del inglés Killer whales, siendo la traducción correcta “asesina de ballenas”. Se desconoce la cantidad diaria de ingesta, pero Mitchell (1975) estimó que las orcas consumen el 4% de su peso corporal al día. En la mayoría de las regiones geográficas, los movimientos de las orcas están relacionados con aquellos movimientos que realizan su fuente de alimento. Sergeant y Fisher (1975) creen que los movimientos al este de Canadá están asociados con las migraciones de las focas y rorcuales. Jongsgäd y Lyshoel (1970) concluyeron que la distribución y migración de las orcas en el Atlántico Noreste parece depender de la migración del arenque, aspecto que fue confirmado a través del seguimiento de orcas con balizas Argos en los fiordos de Noruega (Simila et al., 2005).

### 1.2.5 Estrategia de vida

La esperanza de vida de las orcas está estimada en 25 años (Jongsgard y Lyshoynes, 1952), pero se han registrado animales más longevos con 35-40 años (Mitchell y Baker, 1980). Estas edades fueron determinadas mediante una sección de los dientes, contando las capas de dentina y cemento. Sin embargo en la sección de los dientes de *Orcinus orca* se distingue las capas de dentina, pero existen muchas capas accesorias que dificultan su interpretación (Perrin y Myrick, 1980). Cuando la estimación de esperanza de vida se han determinado gracias a estudios a largo plazo con foto-identificación se ha estimado que ésta puede variar desde los 30 a 46 años para las hembras (con un máximo de 80 años), mientras que para los machos varía de 19 a 31 años (con un máximo de 70 años) (Olesiuk et al., 1990). La tasa de mortalidad natural de las orcas es desconocida pero, basando en información de la esperanza de vida, puede que sea aproximadamente del 5% al año de la población total (Heyning et al., 1988).

Las orcas no tienen otro predador importante que no sea el hombre. En varias partes del mundo, las orcas han sido cazadas en busca de la carne y del aceite (la producción de aceite de *Orcinus orca* ha sido estimada entre 750 y 950 kg por animal (Tomilin, 1957), o matadas por ser un potencial competidor para los pescadores (Dahlheim, 1981).

## 1.3 Distribución de orcas en el Mundo

Las orcas se encuentran distribuidas a lo largo de toda la Tierra, y se localizan en todos los océanos del Mundo. Las orcas pueden vivir en un amplio rango de

temperaturas, desde las frías aguas polares a las aguas cálidas de los trópicos. Se sabe que son comunes en muchas áreas costeras, particularmente en altas latitudes, pero también se encuentran presentes en alta mar y aguas tropicales (Leatherwood y Dahlheim, 1978). Las orcas presentan diversos patrones de movimientos migratorios, a menudo asociados a incrementos en la disponibilidad de las presas en el Pacífico Noreste (Braham y Dahlheim, 1982; Baird y Dill, 1995), costa de Japón (Kasuya, 1971), Atlántico Norte y aguas noruegas (Sirgusonsson y Leatherwoody 1988.), Atlántico Sur (Iñiguez, 2001), y hemisferio sur (Mikhalev et al., 1981; Kasamatsu y Joyce, 1995).

Las orcas han sido estudiadas desde hace décadas en varias regiones costeras, siendo las más destacadas la Columbia Británica y el Estado de Washington. Estos estudios han aportado valiosa y abundante información sobre su ecología, estructura poblacional, demografía, comportamiento social y genética (Bigg et al., 1990; Oliseuk et al., 1990; Ford et al., 1994; Baird y Dill, 1995; Hoelzel et al., 1998; Barret-Lennard, 2000). Por el contrario, se conoce muy poco de las orcas en otras regiones del mundo, aunque varios estudios sugieren la importancia de su papel funcional de depredación en el Atlántico Norte y los océanos del hemisferio sur.

Las orcas hoy en día son consideradas como una única especie cosmopolita, *Orcinus orca*, aunque se han sugerido especies diferentes basándose en patrones de coloración, dieta, y rasgos comportamentales, encontrados en los océanos del sur (Mikhalev et al. 1981; Berzin y Vladimirov 1983), en el Pacífico Norte (Baird et al., 1992; Baird, 1994) y en las aguas antárticas (Berzin y Vladimirov, 1982 y 1983; Pitman y Ensor, 2003). Existen diferencias substanciales en los hábitos alimenticios, comportamiento, genética, morfología y patrones de movimiento que han dado la descripción de poblaciones distintas a lo largo del mundo (Baird, 2000; Dahlheim y Hayning, 1999), incluyendo a varias poblaciones que cohabitan en la misma región que aparentemente no interactúan o se aparean. Las orcas presentes en el Pacífico Norte presentan al menos dos tipos (y quizás tres tipos) distintos, denominadas: residentes, transeúntes y oceánicas (comúnmente designadas como "offshore"). Estos tipos difieren en sus hábitos alimenticios y en una variedad de características morfológicas, ecológicas y comportamentales (Ford et al., 1994; Baird, 2000). Investigaciones genéticas han revelado marcadas diferencias entre los grupos de residentes y transeúntes (Hoelzel et al., 1998; Barret-Lennard, 2000; Barret-Lennard y Ellis, 2001).

También se han observado diferencias similares en los hábitos alimenticios y ecología de las orcas de otras regiones del mundo. Las orcas del Antártico comprenden tres tipos, provisionalmente llamadas Tipo A, B y C, con diferencias

claras en su coloración, hábitos alimenticios, y algunas rasgos morfológicas (Pittman y Ensor, 2003). Las poblaciones de orcas que se alimentan principalmente de mamíferos marinos se observan en todas las cuencas oceánicas del mundo. Las poblaciones que se alimentan principalmente de peces y otros invertebrados pueden ser divididas en orcas; i) que explotan una o más especies que son abundantes estacionalmente, ii) que se alimentan de peces de altas latitudes costeras y iii) aquellas que se alimentan extensamente de peces pelágicos e invertebrados.

### 1.3.1 Comedoras de mamíferos

Las orcas comedoras de mamíferos marinos se han documentado a lo largo del mundo en ambos ambientes costeros y en alta mar (Jefferson et al., 1991), pero orcas especialistas en comer mamíferos sólo se han confirmado en el Pacífico Norte y en los océanos del Sur. Las orcas de tipo transeúntes del Pacífico Noreste son las orcas comedoras de mamíferos mejor estudiadas y se sabe que depredan una amplia variedad de mamíferos marinos, incluyendo ballenas, delfines, marsopas y pinnípedos (Baird y Dill, 1995). En aguas costeras de la Columbia Británica (Ford et al., 1998) y en Prince William Sound, Alaska (Saulitis et al., 2000), dos regiones donde la depredación de las transeúntes se han estudiado sistemáticamente, las presas más frecuentemente observadas son pinnípedos y marsopas. Ocasionalmente también se han podido observar alimentándose de tortugas y aves marinas (Caldwell y Caldwell, 1969; Baird y Dill, 1995; Ford et al., 1998). Las orcas comedoras de mamíferos forman grupos generalmente pequeños (<10 ind) con una composición dinámica (Baird y Whitehead, 2000). Se han documentado grandes movimientos de individuos de orcas transeúntes, reflejando así amplios territorios ya que las orcas persiguen sus recursos altamente móviles (Goley y Straley, 1994; Black et al., 1997). En el Pacífico Noreste y en los océanos del sur, las orcas comedoras de mamíferos se sabe que son simpátricas con otras formas de orcas, pero no se entremezclan en grupos sociales con otras formas.

En las aguas antárticas existen dos formas conocidas de orcas comedoras de mamíferos marinos (Pittman y Ensor 2003):

Tipo A que siguen los movimientos migratorios de sus presas principales (rorcuales aliblanco) y son encontradas generalmente en mar abierto.

Tipo B que suelen encontrarse simpátricamente con el Tipo A en alta mar alrededor de la Antártica, pero depredan focas.



**Figura 3:** Ejemplo de orcas acosando un grupo de cachalotes en aguas del archipiélago de Crozet (Océano Índico). (Fotografía de R. de Stephanis).

### 1.3.2 Comedoras de peces costeros

Las orcas residentes del Pacífico Norte se alimentan principalmente de salmón y otras especies de peces costeros y se observan normalmente en verano en las aguas interiores de los canales de Alaska, en la Columbia Británica y en el Estado de Washington. Los grupos de orcas residentes se pueden distinguir de los grupos simpátricos de transeúntes y offshore basándose en las diferencias en la forma de la aleta dorsal y de la coloración de la silla de montar. Dentro de este tipo de orcas se incluyen varias poblaciones distintas y bien conocidas:

Las Residentes Sur y las Residentes Norte del Pacífico Noreste.

Las Residentes del Golfo de Alaska.

Las orcas tipo residente se pueden encontrar en las Islas Aleutianas y en el Mar de Bering y también se cree que se encuentran en la Península de Kamchatka de Rusia, pero la estructura de la población en estas áreas no han sido bien determinadas. Las orcas residentes se encuentran normalmente en grandes grupos de aproximadamente 5 a 50 individuos, pero ocasionalmente se encuentran grandes agregaciones de hasta 100 individuos o más. Las orcas tipo residentes permanecen en grupos sociales estables que son matrilineales ya que la descendencia no se dispersa del grupo social de su madre (Bigg et al., 1990). No se conocen muy bien los patrones de migración estacionales pero durante el invierno las Residentes Sur del Pacífico Noreste se han observado a lo largo de las aguas exteriores de las costa de la Columbia Británica, Washington y California (Bigg et al., 1990; Ford et al., 1998).

Las orcas piscívoras costeras también se han observado en Islandia, las Islas Faroe, las Islas Británicas y Noruega, donde se alimentan principalmente del arenque, *Clupea harengus*, y otras especies de peces costeros (Jonsgard y Lyshoel, 1970; Sigurjónson et al., 1988; Similä et al., 1996). El sistema social de los individuos de las costas noruegas es similar al presentado por las orcas residentes del Pacífico Norte, con manadas o grupos sociales estables que comprenden a machos y hembras con su descendencia y con ausencia de dispersión en ambos sexos, permaneciendo las orcas al mismo grupo social toda su vida (Olesiuk, 1990). El tamaño de las manadas de las orcas noruegas se ha observado que presentan un rango de 6 a 30 individuos con una media de 15. Durante un estudio de 4 años en el norte de Noruega, las manadas con individuos conocidos han sido observadas repetidamente y con frecuencia en el área de estudio cuando el arenque estaba presente (Similä et al., 1996).

Las orca Tipo C de la Antártica se localizan en los bancos de hielo antárticos y pueden considerarse piscívoras. Se encuentra en grandes grupos desde 10 hasta al menos 150 individuos (media de 46) y se alimentan de Antarctic toothfish (*Dissostichus mawsoni*). Algunos informes sugieren que también pueden alimentarse de pingüinos y focas de los hielos (Pittman y Ensor, 2003), pero no existen evidencias. Los patrones de movimientos migratorios estacionales no se conocen bien; aunque algunos individuos se han observado pasando el invierno en las aguas de la región Antártica, también existen datos invernales de individuos Tipo C en latitudes menores, incluyendo las aguas de Nueva Zelanda (Pittman y Ensor, 2003).

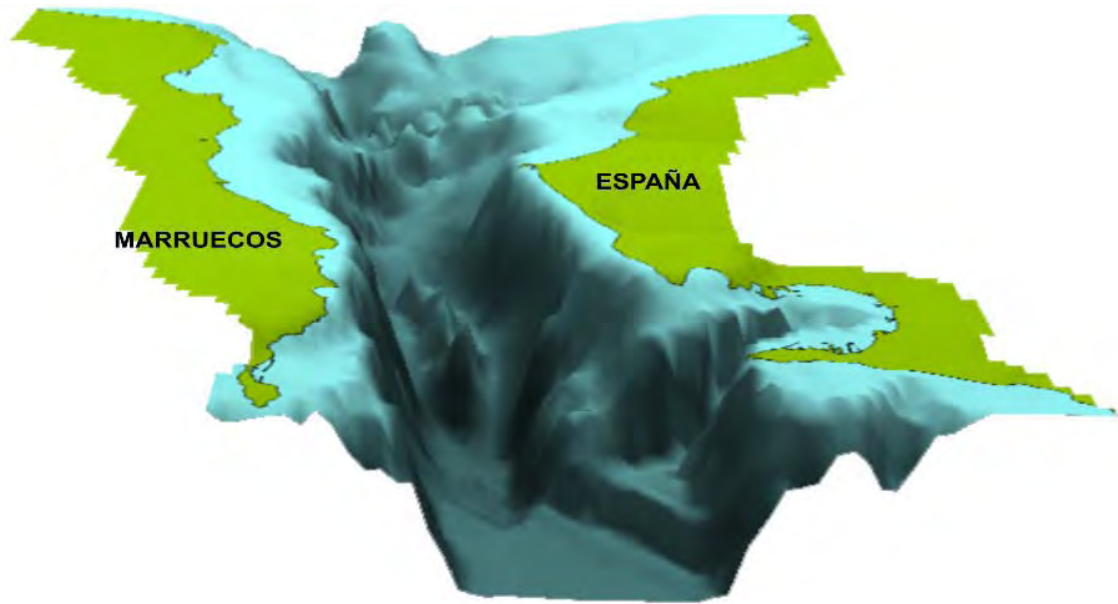
### 1.3.3.-Orcas oceánicas

Se han observado orcas en aguas oceánicas en todo el mundo, pero se sabe poco acerca de estos individuos. Las orcas se encuentran en bajas densidades a lo largo del trópico este del Pacífico, pero su dieta y estructura poblacional es poco conocida (Wade y Gerrodette, 1993). Una forma, que se piensa sobre todo nerítica en su distribución, está presente en el Pacífico Norte y son clasificadas como tipo offshore. Morfológicamente son similares a las residentes (es decir, su aleta dorsal parece ser más redondeada en la punta que las tipo traseuntes, y comparten los patrones de coloración de la silla de montar), y son vistas normalmente en grupos con rangos de 10 a 70 individuos. Las orcas offshore se han encontrado en las costas centrales de México y Alaska y se piensa que se distribuyen principalmente en la plataforma continental, pero ocasionalmente entran dentro de las aguas interiores de

los canales y también han sido vistas en aguas de mar adentro hasta al menos las 200 millas en la costa oeste de Estados Unidos (Black et al., 1997). Su principal presa se asume que son peces, Jones (2006) observó como una orca de este tipo se alimentaba de Halibut del Pacífico (*Hippoglossus stenolepis*). Las orcas offshore no se mezclan en los grupos sociales de residentes o transeúntes. Los análisis genéticos sugieren que las offshore puede que estén aisladas genéticamente, pero parecen estar más próximamente relacionadas con las tipo residentes (Hoelzel et al., 1998; Barret-Lennard, 2000). En otras regiones del mundo, los datos de orcas de aguas oceánicas y neríticas son escasos. En Japón, las orcas se alimentan de bacalao, platija y cefalópodos (Nishiwaki and Handa, 1958), y estos animales pueden representar una forma nerítica similar.

## **1.4 El Estrecho de Gibraltar**

La zona de estudio abarcada en esta Tesis de Master es el área del Estrecho de Gibraltar comprendida entre los 5º y 6º de longitud Oeste, intentando cubrir toda el área hasta las aguas del Reino de Marruecos. El Estrecho de Gibraltar tiene aproximadamente 60 Km de largo. Su frontera Oeste está localizada entre el cabo de Trafalgar en España y el cabo Espartel en Marruecos, separados por 44 Km. El Estrecho se estrecha hacia el Este llegando a una distancia mínima entre Tarifa y Punta Cires de 14 Km. Su frontera Este está localizada entre Punta Europa (Gibraltar) y Punta Almina (África) y están separadas por 23 Km. (Parrilla et al., 1988). La batimetría del Estrecho se caracteriza por ser un cañón que va de Este a Oeste con aguas poco profundas (200-300 m) que se pueden encontrar en la cara atlántica y aguas más profundas (800-1000 m) en la cara mediterránea (Figs. 4-6).



**Figura 4:** Representación en tres dimensiones de la batimetría del Estrecho. (Extraído de de Stephanis, 2008, y basado en Sanz et al., 1988).

El Estrecho de Gibraltar es la única conexión natural existente entre el Mar Mediterráneo y el Océano Atlántico (Fig. 5). La circulación de las masas de agua en el Estrecho está caracterizada por un sistema de corrientes superficiales Este-Oeste. El Mar Mediterráneo presenta un balance hídrico negativo debido a las elevadas pérdidas por evaporación que exceden a las ganancias debidas a precipitaciones y pocos aportes fluviales. El déficit resultante sería de aproximadamente  $2,42 \times 10^{12} \text{ m}^3 \times \text{año}^{-1}$  (Dietrich, 1975). El flujo de corrientes es por tanto el responsable de que exista un equilibrio hídrico-salino en las cuencas mediterráneas y está formado por:

- a) Un flujo superficial de aguas atlánticas entrando al Mediterráneo.
- b) Una contracorriente profunda de aguas mediterráneas saliendo hacia el Atlántico.

Cada uno de estos flujos presenta salinidades y caudales diferentes (Lacombe y Richez, 1982). El Estrecho está también caracterizado por procesos de mezcla a través de afloramientos pulsados inducidos por las mareas y constreñidos por la batimetría (Echevarría et al., 2002). La interfase entre las aguas superficiales atlánticas y las aguas profundas mediterráneas, generalmente se sitúa a profundidades comprendidas entre 50 y 200 metros, dependiendo de la localización y los flujos de marea. A medida que nos acercamos a la costa marroquí la frontera entre las aguas atlánticas y mediterráneas es cada vez más profunda. (Garrett, 1996; Reul et al., 2002). Asimismo, se vuelve cada vez más profunda a medida que vamos del Este al Oeste. De este modo, está situada a aproximadamente 100 metros en  $5^{\circ}20' \text{ W}$

y baja a 300 metros a 6° W en la parte central del Estrecho (Kinder et al., 1988). La mayor parte de la biomasa de plancton es transportada al Mar Mediterráneo por las aguas atlánticas. Así mismo se ha estimado que 5.570 toneladas de carbono por día, dominadas por nanoplancton autotrófico (42%) y bacterias heterotróficas (37 %), son transportadas hacia el Mar Mediterráneo, mientras que 1.140 toneladas de carbono de organismos heterotróficos (89 %) son exportadas diariamente hacia el Atlántico a través del flujo mediterráneo profundo (Real et al., 2002). Las concentraciones más altas son observadas en la parte norte del Estrecho donde circulan aguas atlánticas superficiales enriquecidas (Van Geen y Boyle, 1988) pero, debido a las altas velocidades de las corrientes, la mayor parte de la importación de biomasa tenía lugar en la parte central y sur del Estrecho.

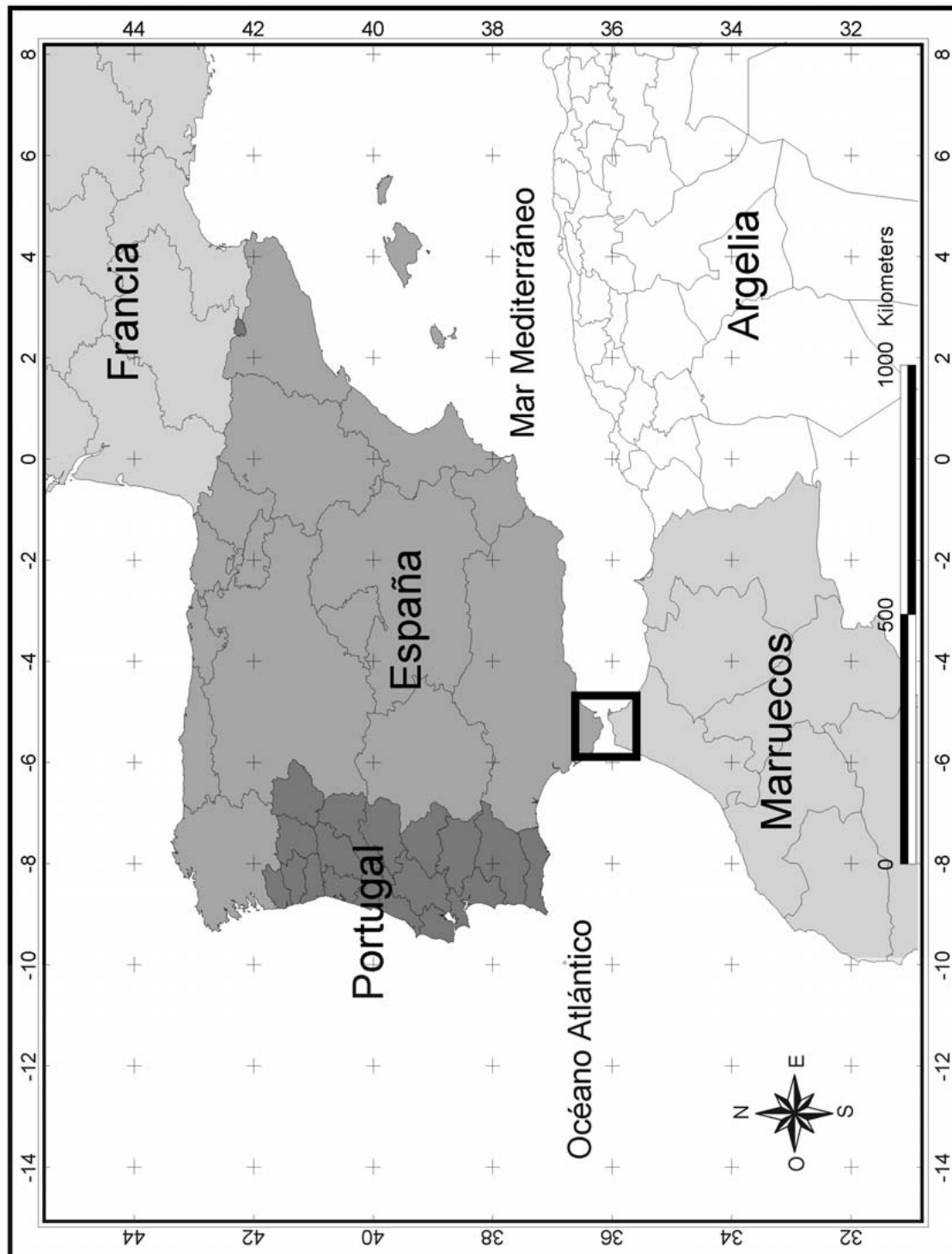
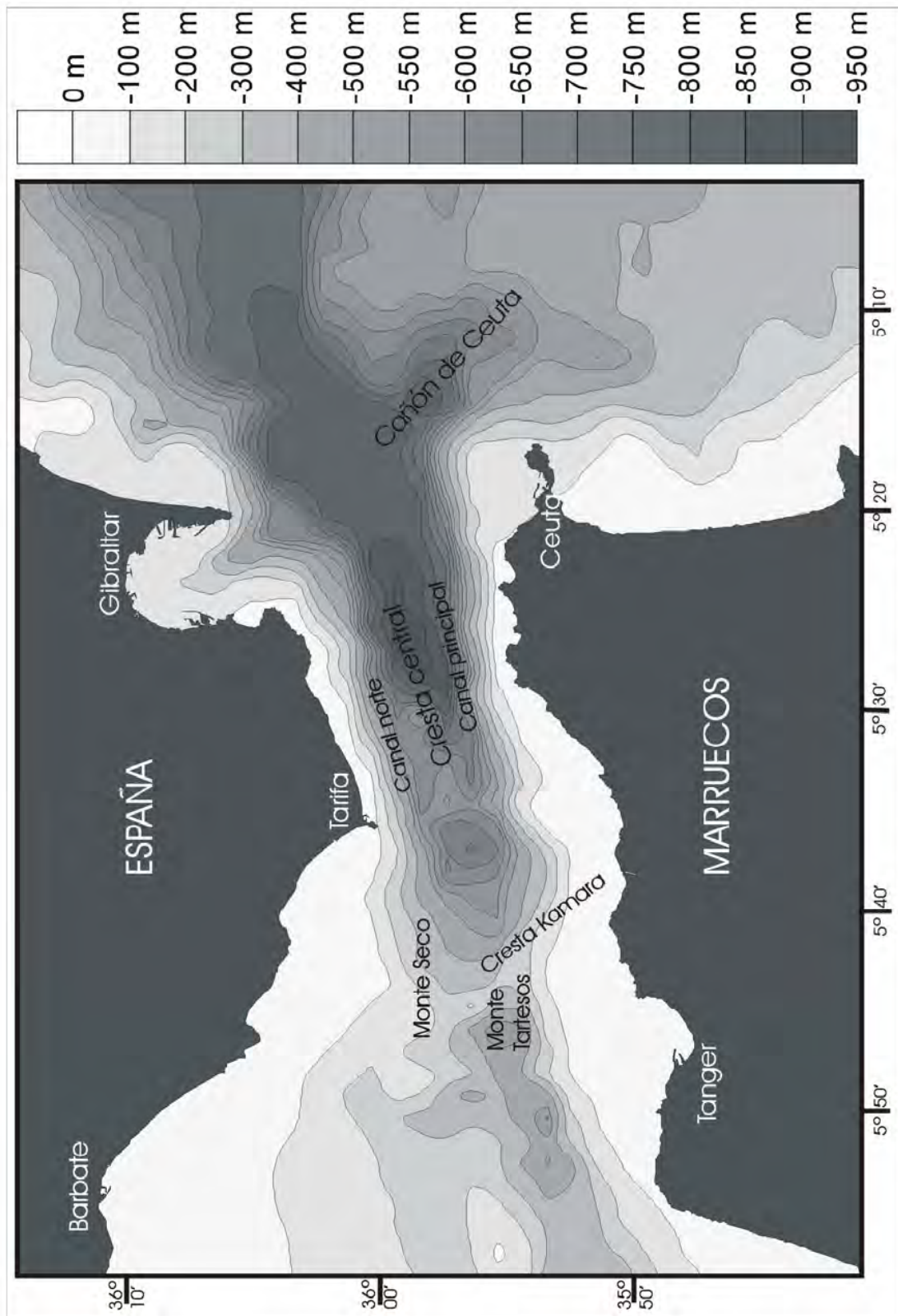


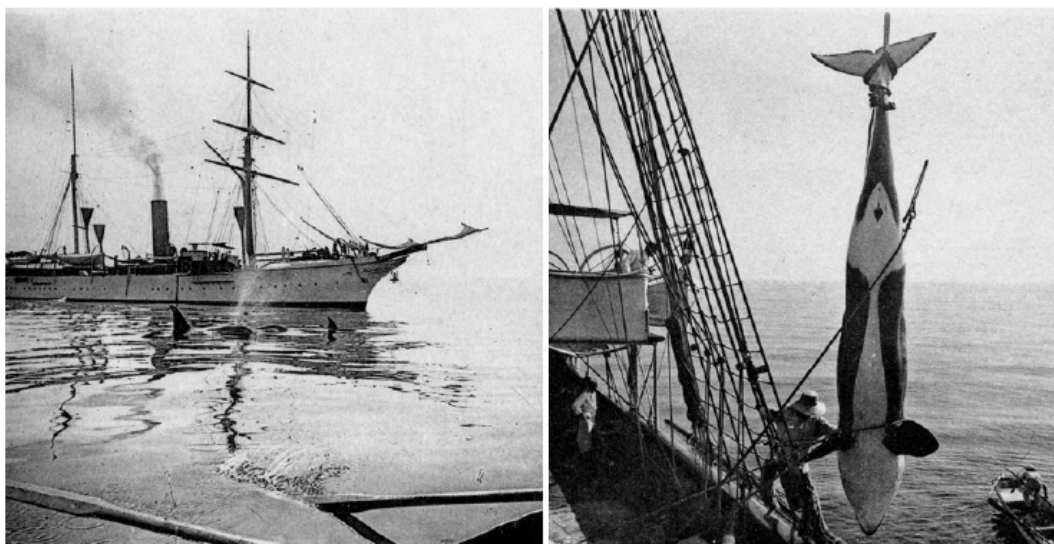
Figura 5: Localización del Estrecho de Gibraltar.



**Figura 6:** Batimetría del Estrecho de Gibraltar. (Extraído de de Stephanis, 2008 según Sanz et al., 1988).

## 1.5 Cetáceos en el Estrecho de Gibraltar

Una fuente importante de información sobre la presencia de cetáceos en el Estrecho de Gibraltar proviene de los datos recogidos durante las actividades comerciales balleneras que tuvieron lugar entre 1921 y 1956 desde estaciones balleneras en tierra (en Getares, España, y Benzoe, Marruecos) así como desde barcos factoría. Se calcula que 826 cachalotes (*Physeter macrocephalus*), 4.516 rorcuales comunes (*Balaenoptera physalus*) y 189 rorcuales boreales (*Balaenoptera borealis*) fueron capturados durante este período (Aloncle, 1964; Aguilar y Lens, 1981; Bayed y Beaubrun, 1987; Sanpera y Aguilar, 1992). Sin embargo estas capturas no se realizaban en el mismo Estrecho de Gibraltar, sino que se realizaban en las aguas del Golfo de Cádiz (Vargas, 2005; Aguilar, 2006). En campañas que el príncipe de Mónaco realizó a finales del siglo XIX se dató la presencia de orcas en el Golfo de Cádiz, de una forma más o menos común (Fig. 7).



**Figura 7:** Captura de una orca en una campaña oceanográfica a finales del siglo XIX en el Golfo de Cádiz. (Foto tomada de Richard et al., 1936).

Un estudio llevado a cabo durante Marzo-Mayo de 1999 desde los ferries que unen España y Ceuta demostró que la mayor parte de las especies encontradas en el sector Este del Estrecho eran delfines listados (*Stenella coeruleoalba*), delfines comunes (*Delphinus delphis*), y, ocasionalmente, delfines mulares (*Tursiops truncatus*), calderones comunes (*Globicephala melas*) y cachalotes (Roussel, 1999). Anteriormente Hashmi y Adolf (1992) describieron posibles migraciones de calderones comunes hacia el Atlántico durante los meses primaverales (periodo del estudio). También cabe citar un estudio sobre capturas accidentales de redes a la deriva en el

Mediterráneo occidental, donde se manifiesta la abundante presencia de delfines comunes y delfines listados en el Estrecho (Silvani et al., 1999). A mediados del siglo XX, también se describió la presencia de orcas, calderones comunes, delfines mulares y delfines comunes en el Estrecho de Gibraltar (Aloncle, 1964),. Sin embargo ninguno de estos estudios hace referencia a la densidad, a la distribución espacio-temporal, a su grado de residencia, ni a los parámetros de historia natural de las especies de cetáceos que se encuentran a lo largo del Estrecho de Gibraltar.

El primer estudio en la zona, que recaba información de estas características es llevado a cabo por de Stephanis et al. (2008a), donde se describe la distribución de las especies de cetáceos que pueden ser observadas en la zona. En este estudio se aprecian tres agrupaciones de cetáceos estrechamente relacionados:

i) la primera de estas agrupaciones la conforman cachalotes, calderones comunes y delfines mulares que están asociados espacialmente a aguas profundas del canal principal del Estrecho de Gibraltar;

ii) el segundo grupo lo forman los delfines comunes y delfines listados que están asociados a aguas de menor profundidad y de mayor pendiente del norte del Estrecho de Gibraltar;

iii) y por último las orcas que se asocian a aguas del oeste del Estrecho que están estrechamente relacionadas con las pesquerías de atún rojo (*Thunnus thynnus*) de la zona del Estrecho de Gibraltar.

La abundancia de calderones comunes, entre los veranos de 1999 a 2005, se ha estimado en una media de 216 individuos, siendo una comunidad residente en el Estrecho de Gibraltar a lo largo del año, y además se ha demostrado la inexistencia de movimiento migratorios de los calderones comunes a través del Estrecho (Verborgh, in press; de Stephanis, 2008; de Stephanis et al., submitted). La población de delfines mulares de la zona de estudio se ha estimado alrededor de 260 individuos durante los meses de verano, así como también lo demuestra los patrones de residencia de esta población en el Estrecho de Gibraltar (Pérez Jorge, 2007).

Además se han llevado a cabo estudios de alimentación de las especies presentes en el Estrecho de Gibraltar (de Stephanis, 2008; de Stephanis et al., 2008b) demostrándose que los calderones comunes presentaban variaciones de distribución a lo largo del año. En los meses de otoño e invierno, se encuentran repartidos por todas las zonas profundas del Estrecho, presentando una dieta variada y oportunista de peces y calamares. Mientras que en los meses de verano, su distribución se encuentra limitada a aguas profundas de la parte central del Estrecho, al sur de Tarifa y

presentan una alimentación mucho más especializada y basada principalmente en cefalópodos.

También cabe destacar un estudio realizado por de Stephanis et al. (en prensa) en el cual se determinó la estructura social de los calderones del Estrecho de Gibraltar. En este estudio se propone un sistema social heredado compuesto por una población que abarca a varios clanes de calderones que a su vez, contiene varias manadas (grupos sociales). Las manadas estarían formadas por varias unidades lineales similares a las asociaciones descritas en orcas.

Respecto a la población de orcas presentes en la zona de estudio, cabe destacar el estudio realizado por Guinet et al. (2007), en el cual se describió por primera vez la técnica de captura de atún rojo *Thunnus thynnus* que presentan las orcas en las aguas próximas a Barbate. Dicha técnica consiste en perseguir a atunes de tamaño relativamente pequeño (<1,5 m) durante aproximadamente 30 minutos hasta agotarlos y poder ser capturados (Fig. 8). Además ponen de manifiesto el alto coste energético que esta técnica supone para las orcas, y proponen que las pesquerías de palangre a la piedra y las almadrabas pueden constituir lugares ideales para poder capturar atunes de mayor tamaño y con menor gasto energético.



**Figura 8:** Detalle de orca con un pedazo de atún en la boca. (Fotografía de R. de Stephanis).

## 1.6 Interacciones de orcas con pesquerías

En todos los océanos el mundo se han observado interacciones de orcas con distintos tipos de pesquerías de palangre para una amplia variedad de presas.

Sivasubramaniam (1964) observó la interacción de las orcas con las pesquerías de atún de palangre pelágico en el Océano Índico, que junto con los tiburones causaban pérdidas en las pesquerías de un 4% del total anual de capturas por peso. La depredación de las orcas sobre pesquerías de palangre de atún también han sido descritas en Australia y Nueva Guinea (Iwashita et al., 1963), del Atlántico Norte (Dahlheim, 1988), en aguas de Brasil (Dalla Rosa y Secchi, 2007), en Hawai (Tomich, 1969), en Japón (Nishida y Shiba, 2002), así como en las aguas del Estrecho de Gibraltar que provocan unas pérdidas en la pesquería de alrededor de un 17%. (de Stephanis, datos sin publicar).

El impacto que estas interacciones provocan sobre las distintas poblaciones de orcas no está todavía estudiado en profundidad, pero se sabe de algunas capturas accidentales como es el caso de una orca hembra en 1994 que fue capturada por un barco en Brasil, pero que finalmente pudo escapar viva (Dalla Rosa y Secchi, 2007). En la zona de estudio no se han observado ninguna captura accidental sobre esta población de orcas, sin embargo se ha podido datar un caso de una cría de orca que se enganchó en un anzuelo pero que pudo escapar sin causarle ningún daño grave (Fig. 9).



**Figura 9:** Orca GIB\_017 con un anzuelo enganchado al costado derecho durante el verano de 2007.

## 1.7 Foto-identificación

### 1.7.1 Origen

Durante largo tiempo los naturalistas no estuvieron satisfechos con la simple identificación de las especies, ya que era necesario identificar cada individuo para poder estudiar, por ejemplo, migraciones, estructura social o comportamiento. Para ello fueron desarrollados un alto número de marcas en diferentes especies. Desafortunadamente, todos estos sistemas casi siempre necesitaban una captura física del animal, lo cual no era fácil y conllevaba cierto riesgo. Para evitar estos problemas, se idearon técnicas como poner marcas que se pudieran leer a una cierta distancia. De este modo se idearon todo tipo de marcas de colores, como las de las alas de algunas aves de gran tamaño, anillas fluorescentes para flamencos, collares para los cisnes y diferentes tipos de marcas en aletas de delfines (Wells y Scout, 1990).

Aunque el problema de la recaptura estaba parcialmente solucionado, aún existían ciertas incertidumbres sobre la fiabilidad del método puesto que estas marcas podrían alterar la vida del animal. Como ejemplos podemos citar: i) una mancha de color en la inmaculada ala de una garza podría cambiar su capacidad de seducción y, por lo tanto, su éxito reproductivo; y ii) una pegatina en un ala de una mariposa podría atraer a sus depredadores. Y surgía una duda razonable que constituía un problema de este sistema: ¿eran estos animales marcados representativos de las especies estudiadas?. A partir de aquel momento, algunos naturalistas que estaban estudiando grupos de animales, tales como rinocerontes (Goddard, 1966) o elefantes (Douglas-Hamilton, 1973), señalaron que eran capaces de reconocer cada individuo a partir de particulares signos externos (cicatrices, manchas, deformidades, etc. A pesar del escepticismo inicial en la validación a largo plazo y a gran escala del método, la comunidad científica aceptó que éste sistema funcionaba para diversas especies. Además, si un cierto carácter específico se encontraba en un individuo, éste podía ser fotografiado y analizado posteriormente en fotos realizadas. Y así nació la foto-identificación (Katona et al., 1979).

Este nuevo método revolucionó muchos estudios ya que ofrecía perspectivas insospechadas y nuevos sectores de la investigación inaccesibles hasta ese momento. Desde entonces se elaboraron un número incontable de archivos de identificación individual, por ejemplo usando aletas y caudales de ballena jorobada (*Megaptera novaengliae*) (Katona et al., 1979). Para reconocer un individuo éste sólo necesita ser

capturado o fotografiado una sola vez. De esta forma no es necesaria la captura física o los marcajes llamativos. Además, esto no sólo permite el seguimiento del animal, sino también estudiar importantes movimientos a lo largo del tiempo (nacimientos, reproducción, accidentes, etc.) y muchos otros aspectos biológicos (Wells y Scott, 1990).

### 1.7.2 Aplicaciones

Por un lado, la foto-identificación consiste en encontrar un carácter que cambie lo suficiente dentro de una misma especie para así asignar a cada individuo sus variaciones morfológicas propias, las cuales tienen que ser estables a lo largo del tiempo (al menos durante el tiempo del estudio) y fácilmente fotografiables. Es por esta razón que los caracteres escogidos se basan en los que se encuentran en la espalda de los cetáceos (e.j. la aleta dorsal de un delfín mular) (Wells y Scout, 1990) o ciertas partes que estén expuestas en algún momento (e.j. la aleta caudal de una ballena jorobada, cuando se está sumergiendo) (Katona et al., 1979).

Sin embargo una vez en el mar, nos podemos encontrar con diversos inconvenientes. Por ejemplo en Sudáfrica los científicos frecuentemente se encontraban con grupos de delfines mulares nadando a gran velocidad, lo que hacía imposible tomar buenas fotografías de todas las aletas dorsales de todos los individuos. Para salvar este problema usaron video-cámaras de alta velocidad y seleccionaron posteriormente las imágenes para archivarlas, separarlas y analizarlas (Saayman et al., 1972). Este ejemplo nos indica que no existe una sola técnica de foto-identificación sino un principio general con todas sus variantes y trucos necesarios para poder adaptarlo a cada situación y especie estudiada.

Una vez tomadas las fotografías, comienza la parte más meticulosa: ordenar y comparar todas las fotografías con las anteriores con el propósito de reconocer un individuo ya identificado previamente. Cuando sólo existen pocas fotografías y unos pocos individuos este proceso es realmente fácil. En cambio, se complica al tener cientos de individuos y miles de fotografías. A pesar del progreso de la informática, esta técnica de comparar se realiza mejor visualmente, separando y comparando la nueva fotografía con las existentes en los archivos de foto-identificación.

Otro tema importante a tener en cuenta es que en principio sabemos el número de animales identificados y la tasa de re-encuentro, y a partir de ahí podemos llegar a estimar el tamaño de la población. Este método ha permitido, por ejemplo, determinar con gran precisión cuántas ballenas francas están presentes en las costas de Sudáfrica (Best y Underhill, 1990) y estudiar las poblaciones de delfín mular en

diversas regiones (Wells y Scott, 1990; Williams et al., 1993). Diversas especies de cetáceos han sido también estudiadas usando la foto-identificación y algunas poblaciones están totalmente identificadas (Hammond 1990; Best y Underhill, 1990). El mejor ejemplo de este tipo de estudio lo constituye la población de orcas residentes del Pacífico Noroeste, donde casi cada uno de los individuos es conocido (Barrett-Lennard, 2001). Esto permite una mejor comprensión de su estructura social y su dinámica de poblaciones.

Otro ejemplo del empleo de esta técnica son los trabajos con los delfines mulares de Sarasota en Florida (USA) (Wells y Scott, 1990). La dinámica de población de una especie se puede entender mejor viendo los índices de asociación entre los diferentes individuos identificados. En estos trabajos se demostró que la población tenía una dinámica de fusión-fisión donde los individuos formaban grupos o asociaciones durante un periodo corto de tiempo, los cuales se volvían a separar para formar nuevos grupos con otros individuos.

## **1.8 Estructura social de cetáceos**

Cuando nos referimos a estructura social u organización social de una especie, solemos hablar de resultados provenientes del estudio de interacciones o asociaciones entre individuos (Whitehead, 1997). La estructura social fue definida como patrones de relaciones existentes entre individuos, o la suma de los comportamientos sociales de cada individuo (Gosling y Petrie, 1981). Generalmente, las especies de mamíferos presentan una dispersión geográfica o social que implica tanto a machos, como a hembras, o a ambos (Greenwood, 1980). Los mamíferos marinos han desarrollado una gran variedad de sistemas sociales. En un lado de este espectro estarían las asociaciones del tipo fusión-fisión, por ejemplo el delfín mular *Tursiops truncatus* en donde las asociaciones entre individuos muestran patrones definidos que varían en función de la edad o el género de los animales (Connor et al., 2000). En el otro nos encontraríamos las orcas que permanecen toda su vida en grupos cerrados, que interactúan entre ellos a través de otros tipos de estructuras jerarquizadas. Estos animales forman grupos matrilineales, en donde los familiares se quedan en los grupos toda la vida, y tan solo salen de ellos en momentos puntuales para procesos de reproducción con otros grupos (Bigg et al., 1990; Barret-Lennard 2000).

La organización social de las orcas residentes de la Isla de Vancouver (Columbia Británica, Canadá) ha sido estudiada intensamente. Estos estudios han demostrado que las orcas tienen tendencia a quedarse en el grupo donde nacieron, lo que se podría denominar filopatría natal de grupo, o pod, para ambos sexos, un tipo de

comportamiento que no se había documentado en mamíferos hasta entonces (Bigg et al., 1990; Baird y Whitehead, 2000). En este tipo de estructuras, las orcas forman líneas matrilineales, en donde los miembros de una familia se quedan en su grupo durante toda su vida, y tan solo las dejan durante periodos de tiempo muy cortos para propósitos reproductivos con otros grupos. Estas líneas matrilineales podrían formar subgrupos, llamados “sub-manadas ” formados por líneas matrilineales cercanas, que pasan casi todo el tiempo juntos (>95% del tiempo) y que se desplazan juntas (Bigg et al., 1990). Estos autores definen grupos o “manadas ” como líneas matrilineales relacionadas que navegan, se alimentan, socializan y descansan juntas al menos el 50% de su tiempo, y predijeron que las manadas , al igual que las líneas matrilineales, serían estables durante varias generaciones. Estas manadas de individuos pueden ser bastante grandes, con una media de 12 individuos, y un rango de 3 a 50 individuos (Bigg et al., 1990). Sin embargo, Ford y Ellis (2002) demostraron que los comportamientos de asociaciones matrilineales de las orcas residentes del norte de la Isla de Vancouver evolucionaron durante los años 1990, de forma que las manadas identificados por Bigg et al. (1990), incumplirían el criterio de estancia del 50% del tiempo juntos. El análisis de estos dos autores sugiere que las mamadas se definirían mejor como grupos transicionales que reflejarían líneas matrilineales recientemente divergentes. Cada manada de orcas residentes tiene un único dialecto acústico formado por aproximadamente 12 gritos discretos (Ford, 1989, 1991). Este tipo de dialectos pueden ser distinguidos, lo que provee a cada manada de una firma acústica única. Estos dialectos son aprendidos de sus madres y otros asociados, y son estables a lo largo del tiempo (Ford et al., 2000). Mamadas que compartan al menos un tipo de grito o llamada, pertenecerán a un mismo “clan”. Finalmente las orcas que compartan el rango de distribución, o que ocasionalmente se asocien pertenecerán a la misma comunidad, o población. En la Columbia Británica existen dos comunidades de orcas residentes, por un lado la población del Norte y por otro la población del Sur. Nunca han sido observados interaccionando, y estudios genéticos han revelado que estas dos poblaciones o comunidades muy raras veces se reproducen entre ellas (Barret-Lennard y Ellis, 2001). Existen otros tipos de estudios a largo plazo en otras especies de cetáceos, como podría ser en el caso de los cachalotes. En su tipo de asociaciones, los cachalotes forman usualmente líneas matrilineales de individuos jóvenes sin machos adultos (Christal y Whitehead, 2001). Sin embargo, las orcas serán los únicos mamíferos que formen filopatría natal de manada para ambos sexos (Bigg et al., 1990; Baird y Whitehead, 2000).

## 1.9 Estado de conservación

La orca está clasificada en CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) dentro del Apéndice II, donde figuran aquellas especies que no están amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo a menos que exista un estricto control en su comercio. También está considerada como de “Interés especial” dentro del: i) Catálogo Nacional de Especies Amenazadas (CNEA); ii) Catálogo Andaluz de Especies Amenazadas (CAEA); iii) Anexo IV de la Directiva Hábitat de la Unión Europea; y iv) Apéndice II del CMS (Convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres), donde se incluyen las especies migratorias que tengan estados de conservación desfavorables o se beneficiarían significativamente de la cooperación internacional organizada por acuerdos entre países colaboradores. Debido a esto CITES invita a los estados miembros a adoptar medidas en orden a concluir acuerdos sobre toda población o toda parte de ella geográficamente aislada, de toda especie o de todo grupo taxonómico inferior de animales silvestres, si individuos de esos grupos franquean periódicamente uno o varios límites de jurisdicción nacional.

La UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza), tiene incluida a la orca dentro de su Libro Rojo de especies amenazadas como de Bajo Riesgo, ya que no cumple los criterios para incluirla dentro de las categorías Críticamente en Peligro, en Peligro o Vulnerable, y dentro de esta en la subcategoría Conservación dependiente. Sin embargo, en una evaluación realizada recientemente a través de un Workshop en Monaco (marzo 2006) y organizado conjuntamente por la UICN y ACCOBAMS donde se llegó a un acuerdo donde se ha propuesto que las orcas del Estrecho de Gibraltar entren en la categoría de peligro crítico de extinción del Libro Rojo de mamíferos de la UICN (Reeves y Nortabartolo di Sciara, 2006).

En 2007, se desarrolló la 59 reunión de la Comisión Ballenera Internacional en Anchorage (Alaska), y en el seno de su subcomité de pequeños cetáceos se evaluaron las poblaciones de orcas del mundo. El informe que realizó este subcomité expresó su preocupación acerca del estatus de las orcas en el Estrecho de Gibraltar y urgió a que las agencias relevantes locales y nacionales de España y Marruecos cooperen para monitorizar su estatus y evaluar la necesidad de acciones de conservación. Además, recomendó que se investigue con urgencia la estructura de la población para determinar el grado de aislamiento genético de este pequeño grupo.

## 1.10 Objetivos del estudio

Los objetivos de la presente Tesis de Máster, basándonos fundamentalmente en las técnicas de foto-identificación y sus aplicaciones a estudios de poblaciones a largo plazo, son determinar:

- 1) Abundancia y grado de residencia de las orcas en el Estrecho de Gibraltar.
- 2) Estructura social de las orcas presentes en la zona de estudio, para así poder definir las distintas mamadas y como se organizan espacialmente.
- 3) Parámetros de historia natural de las orcas en el Estrecho de Gibraltar. La descripción de los parámetros de historia natural de una especie incluye, pero no está limitado: i) cuanto viven los individuos; ii) la edad a la cual los individuos son sexualmente maduros y su primera reproducción; iii) con cuanta frecuencia se procrean; y iv) cuanto tiempo crían a su descendencia. Aunque los estudios de estos parámetros están focalizados en variabilidad individual, la combinación de los datos de muchos individuos nos da la información necesaria para entender la demografía de la especie, o su tasa de crecimiento potencial.



## 2. Material y Métodos

---

## 2.1 Muestreos en el mar

Durante el desarrollo de esta Tesis de Master se han analizado los muestreos realizados por la organización CIRCE (Conservación Investigación y Estudio sobre Cetáceos) entre 1999 y 2007, y que provienen de otros proyectos desarrollados por CIRCE. De este modo podemos distinguir dos etapas diferenciadas por el tipo de embarcaciones empleadas para el avistamiento:

Periodo 1999-2000

Periodo 2001-2007

### 2.1.1 Embarcaciones utilizadas entre 1999 y 2000

Entre 1999 y 2000 se realizaron transectos oportunistas desde embarcaciones de avistamiento de cetáceos que desarrollaban su actividad en el Estrecho. En este periodo tan solo se tomaron datos que serán utilizados para analizar aspectos de la población (por ejemplo estudios de abundancia absoluta a lo largo del año gracias a los catálogos de foto-identificación). Los datos se tomaron en fichas de papel, careciendo estas embarcaciones de ordenador de abordo. Cada 10 minutos, cambio de rumbo o evento (entendiéndose por estos avistamientos, cambio de condiciones de búsqueda), se anotó la hora y posición de la embarcación mediante un GPS. Todos estos datos fueron luego introducidos en una base de datos.

Los datos se tomaron aprovechando las salidas al mar de las embarcaciones de avistamiento de cetáceos. Para asegurar la independencia de los datos tomados, se aseguró que las salidas fueran independientes entre sí, y que en caso de existir varias embarcaciones en la zona de estudio al mismo tiempo, no existiese contacto visual entre ellas. Durante esos dos años es cuando más esfuerzo de búsqueda se realizó en el Estrecho, y eso fue debido a que se utilizaron simultáneamente 3 embarcaciones independientes diferentes pertenecientes a distintas empresas: el Fundación Fimm I (de Fundación Fimm), el Rainbow (de Mar de Ballenas), y finalmente el Lucila (de Aventura Marina).

### 2.1.2 Embarcaciones utilizadas entre 2001 y 2007

Entre los años 2001 y 2007 se realizaron transectos aleatorios desde el barco de investigación Elsa (perteneciente a la organización CIRCE) (Fig. 10). Esta embarcación es una motora de 11 metros de eslora y 2,80 metros de manga, que posee una plataforma que permite posicionar observadores a 5 metros sobre el nivel del mar (Fig. 11). Está equipada con dos motores Nani-Diesel de 132 CV. de potencia, que alimentan un convertidor eléctrico que permite distribuir corriente eléctrica a 220

Voltios y 300 vatios. Durante la navegación se utilizó el programa informático Logger del ordenador de a bordo, desarrollado por IFAW (International Fund for Animal Welfare) (Fig. 12). Este programa toma los datos de posición del barco directamente del GPS (mediante conexión de NMEA) y los graba automáticamente en una base de datos relacionada cada 60 segundos. De la misma forma, se utilizó la embarcación de apoyo Lobo (del tipo Zodiac Mark III), con un motor de 40cv para algunas sesiones de foto-identificación (Fig. 13).



**Figura 10:** Barco de Investigación Elsa.



**Figura 11:** Plataforma de observación a 5 metros de altura.



**Figura 12:** Ordenador de a bordo en el Elsa.



**Figura 13:** La embarcación de apoyo Lobo, permite realizar fotografías de calidad.

## 2.2 Foto-identificación

### 2.2.1 Fotos en el mar

Desde 1999 se tomaron fotografías de aletas dorsales de orca en el Estrecho de Gibraltar:

a) Durante 1999 y 2000, las fotografías fueron realizadas desde una embarcación de avistamiento de cetáceos con una cámara Nikon equipada con un objetivo 100-300 mm.

b) Durante 2001 y 2002, las fotografías se realizaron desde el barco de investigación Elsa con la misma cámara.

c) A partir del 2002 y hasta el 2004 fue utilizado una cámara Canon EOS-3 con un objetivo Canon EF 100-400 mm provisto de un estabilizador de imagen.

d) En 2004, el mismo objetivo fue montado en una cámara digital Canon 10D.

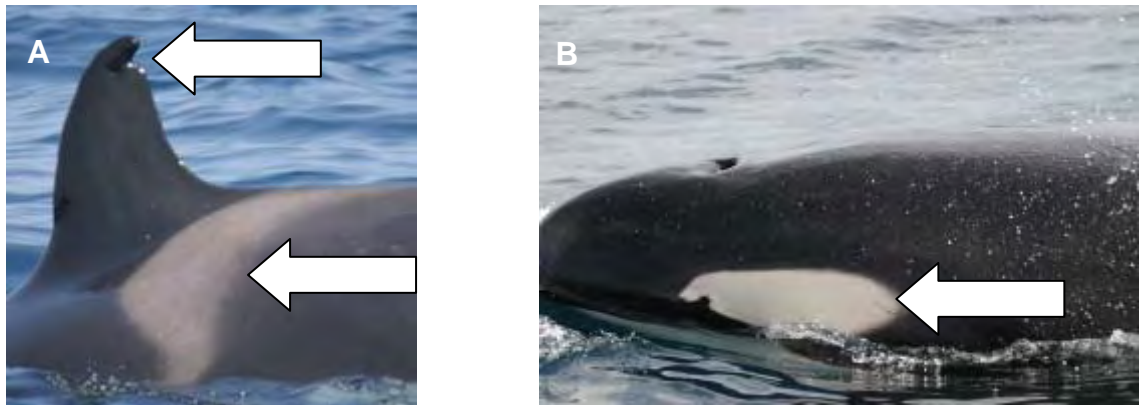
e) En 2007, se utilizó una cámara digital Canon 30D con el mismo objetivo.

Los animales fueron fotografiados lo más cerca posible a ambos lados de su aleta dorsal, así como en la mancha ocular y la silla de montar. A partir de estas fotografías se realizó un catálogo de ambos lados del individuo (tanto de su aleta dorsal como de su mancha ocular y de la silla de montar). Todos los animales presentes en el avistamiento fueron fotografiados independientemente de su nivel de marcado, para que tuvieran así todos los individuos la misma probabilidad de captura. En algunas fotografías aparece más de un individuo, ya que las orcas suelen nadar agrupadas. El término de "imagen de aleta" será usado para hablar de la representación de una sola aleta dorsal en una fotografía que puede contener varias. El mismo método fue usado desde el principio del estudio para poder usar todas las fotografías en el mismo tipo de análisis.

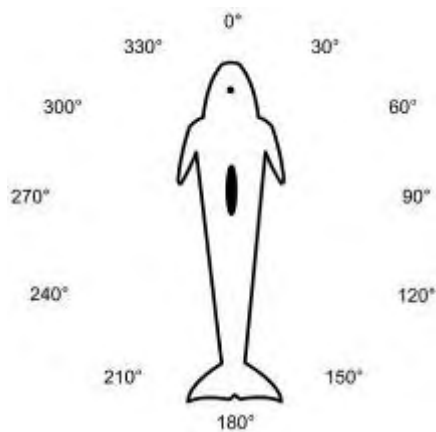
### 2.2.2 Análisis de las fotografías

Todas las fotografías tomadas desde 1999 a 2003 fueron reveladas como diapositivas en color y nombradas con el número de avistamiento, el nombre del grupo, el número de carrete y el número de fotografía. A partir de 2004 todas las fotografías obtenidas fueron digitales y fueron identificadas con el número de avistamiento, el nombre del grupo y el número de fotografía. Cada fotografía fue analizada y los datos introducidos en una base de datos relacionada. Estos datos consistían en información general e información adicional. Como información general se tomó: número de avistamiento, nombre de grupo, número de carrete, número de foto, número total de individuos en la fotografía, número de individuo analizado en la fotografía (comenzando desde el individuo más próximo al más lejano y desde el lado izquierdo al lado derecho, para no crear confusión entre individuos que están a la misma distancia). Por otro lado, la información adicional de cada individuo consistió en la exposición de la silla de montar o de la mancha ocular (fuera o no del agua), ángulo, calidad del individuo, código de individuo y comportamiento.

El ángulo comenzaba desde 0°, cuando el animal es visto de frente, y va alrededor del animal cada 30° (Fig. 15). Esto permitía una selección de sólo los animales vistos del lado izquierdo (desde 240° a 300°) para el análisis.



**Figura 14:** Detalle de la aleta dorsal y de la silla de montar (A), así como de la mancha ocular (B) en ejemplares de *Orcinus orca*.



**Figura 15:** Descripción de los ángulos alrededor de la aleta dorsal. El ángulo es la posición del fotógrafo.

Se estableció un rango de calidades en una escala de 0 a 2 (de mala a excelente), que fue asignada a cada imagen de aleta dorsal basándose en cinco características: enfoque, tamaño, orientación, exposición y el porcentaje de aleta visible en cada diapositiva. De este modo los rangos se distinguen por:

Q0: aleta dorsal no útil porque esta desenfocada, demasiado lejos o el ángulo está entre 330° y 30° o 150° y 210° (ver Fig. 1)

Q1: calidad media donde se puede ver parcial o completamente la aleta dorsal.

Q2: calidad alta donde se puede ver la aleta dorsal completa.

Se asignó un código a cada individuo identificado en el catálogo siguiendo la siguiente fórmula: Oo\_GIB\_XXX donde Oo representa *Orcinus orca*, GIB para denominar Estrecho de Gibraltar y XXX para el número asignado a cada individuo

identificado en el catálogo. Cada fotografía se contrastó con individuos previamente identificados comparando cada fotografía nueva, con todos los individuos identificados del catálogo. Los individuos que no se encontraban dentro del catálogo se les dio una identificación nueva.

## 2.3 Estructura social

Para analizar la estructura social de las orcas en el Estrecho de Gibraltar se usó un test de permutaciones (Bejder et al., 1998, Whitehead, 1999), para ver si las asociaciones entre individuos presentes en los diferentes grupos muestreados fotográficamente son diferentes a las que se podría haber esperado si estas asociaciones fueran al azar, en función del tamaño de la población y de los patrones de residencia de la especie. Para calcular la fuerza de las relaciones comportamentales entre los individuos se usaron dos índices de frecuencia de co-ocurrencia: por un lado, el llamado “half-weight association index”, y por otro lado el “simple ratio association index” (Cairns y Schwäger, 1987, Gindberg y Óung, 1992, Ottensmeyer y Whitehead, 2003). Estos índices nos darán una idea del porcentaje de tiempo que dos individuos son vistos juntos a partir de una matriz de datos simétrica. Seguidamente, y para ilustrar los patrones de asociación, se realizó un análisis cluster. Se analizó el Lagged Association Rate (LAR), (Whitehead, 1995, 1997), que nos da una idea de la probabilidad de que si dos individuos son vistos juntos en un tiempo  $T_0$  lo sean también en un tiempo  $T_0 + \zeta$  (Whitehead, 1995). El LAR es estimado mediante el siguiente cálculo:

$$\hat{g}(\tau) = \frac{\sum_A \sum_t c(A, t, \tau)}{\sum_A \sum_t N(A, t) \cdot N(A, t + \tau)}$$

Donde  $c(A, t, \tau)$  es el número de asociaciones que son vistas con el individuo a ambos tiempos  $t$  y  $t + \zeta$  y  $N(A, t)$  es el número de asociaciones vistas con el individuo  $A$  en el tiempo  $t$ . El LAR es comparado en todos los lapsos de tiempo con la “null association rate”, es decir, el LAR esperado si la asociación entre individuos fuese al azar, dado un tamaño de la población:

$$\hat{g}(\tau) = \frac{1}{(P-1)}$$

Donde P es el número de individuos bien marcados del análisis. Los periodos de muestreo fueron días individuales, en este análisis se restringe a aquellos grupos con cobertura  $\geq 2$  (encuentros en los que el número de fotografías tomadas era al menos el doble del tamaño de grupo estimado), y los individuos vistos en 6 o más ocasiones. Todos los individuos foto-identificados en un grupo social o manada se consideraron como asociados entre sí. Los errores estándar fueron estimados con el método jackknife (Efron y Goong, 1983). Modelos matemáticos representan estructuras sociales simuladas (Whitehead, 1995) que se ajustan al LAR. De acuerdo con Whitehead (1999) el modelo que mejor se ajusta fue escogido como el que minimiza el Criterio de Información de Akaike o el Quasi Criterio de Información de Akaike (1974). El análisis de patrones de asociación se llevó a cabo gracias a la versión compilada de SOCPROG 3.2 (Whitehead, 1999).

Este tipo de análisis permitió modelizar la estructura de la población, en función de su fluidez a partir de modelos predeterminados descritos en la bibliografía. Finalmente, se analizaron las relaciones de los individuos, en función de sus sexos.

## 2.4 Parámetros de historia natural

### 2.4.1 Tasa de supervivencia

Se analizaron datos anuales de marcaje-recaptura fotográfica para el periodo 1999-2007, mediante el modelo de Cormack-Jolly Seber (CJS) dentro del programa MARK (White y Burnham, 1999), para estimar las probabilidades de supervivencia y recaptura. Este modelo se basa en las siguientes hipótesis (Pollock et al, 1990)

- H1: Todos los individuos tienen la misma probabilidad de captura p en una ocasión t;
- H2: Todos los individuos tienen la misma probabilidad de supervivencia  $\Phi$  entre las ocasiones t y t+1;
- H3: Las marcas de los animales no se pierden.
- H4: Las ocasiones de captura son cortas comparadas al intervalo entre dos ocasiones sucesivas.

El modelo de CJS considera una probabilidad de supervivencia  $\Phi$  y una probabilidad de captura  $p$ , donde ambos pueden variar en el tiempo, que es nombrado como modelo  $\Phi t p t$ .

H1 y H2. Primero fue probada la bondad de ajuste del modelo  $\Phi t p t$  mediante el programa estadístico U-care (Choquet et al., 2003) desarrollado por la Universidad de Montpellier (Francia), los cuales probaron las asunciones hechas por el modelo  $\Phi t p t$  Ej. la primera y la segunda hipótesis mencionadas anteriormente (H1 y H2). Este programa busca el efecto de “transience” y “trap dependence” de ciertos individuos en la población. Los individuos “transients” serían individuos capturados en un cierto año y no vistos en años posteriores, mientras que los “trap dependents” tendrían diferentes probabilidades de captura a lo largo del tiempo. Ambos pueden ser individuos “trap-happy” o “trap-shy”. Los individuos “trap-happy” tienen más probabilidad de ser vistos después de la primera identificación, mientras que los individuos “trap-shy” tendrían menos probabilidad de ser vistos después de la primera identificación. El programa hace test  $X^2$  para ver que factores influenciarían sobre el modelo entre cada ocasión y para todas las ocasiones.

Todos los modelos fueron ajustados en MARK (White y Burnham, 1999), que permitió la elección del modelo más adecuado, es decir el que explica la variabilidad máxima con un mínimo intervalo de parámetros. Esto se realizó mediante el cálculo del “Akaike’s Information Criterion (AICc)” ajustado al tamaño de muestra (Hurvich y Tsai, 1989) mediante la siguiente ecuación:

$$AICc = -2\log(L) + 2K\left(\frac{n}{n - K - 1}\right)$$

donde  $L$  es la probabilidad del modelo,  $K$  es el número de parámetros y  $n$  el tamaño de la muestra. El programa nos da el número de parámetros estimables en el modelo, su varianza y la importancia de AICc (una medida de la probabilidad del modelo en presencia de otros modelos, Williams et al., 2002). Por último, este puede estimar los parámetros siguiendo el método de máxima probabilidad e integra un modelo haciendo la media de los modelos anteriores ponderados por la importancia de los AICc.

H3. Las marcas no se pierden durante el periodo de estudio lo que es el caso con el tipo de marca elegido en este estudio es decir muescas en las aletas, y patrones de coloración tanto de la silla de montar como de la mancha postocular.

H4. La ocasión de captura se produce sólo durante los meses de verano agrupados como una única ocasión, mientras que los intervalos entre ocasiones son de un año. Por lo que consideramos que esta hipótesis se respeta.

#### 2.4.2 Intervalo de nacimiento

El intervalo de nacimiento es el intervalo en el cual una misma hembra da a luz a crías sucesivas. Este intervalo de nacimiento es una forma de representar la actividad reproductiva de las hembras. Generalmente, el recíproco del intervalo de nacimiento medido en años, nos da una estima de la tasa de fecundidad anual.

#### 2.4.3 Tasa de nacimiento y tasa de mortalidad

Las orcas muestran un sistema social muy significativo en el cual ni machos ni hembras se dispersan de sus matrilineas natales. Por ello, la única manera de unirse a una matrilinea es haber nacido dentro de ella, y la única manera de dejarla es morir (Bigg et al., 1990). Los individuos en una matrilinea viajan como un grupo cohesivo y virtualmente siempre se encuentran juntos. De este modo cualquier miembro que falte del grupo se podría asumir que está muerto. Sin embargo, tomamos la precaución de no designar un individuo muerto hasta que no estábamos seguros de ello, poseyendo una cantidad suficiente de buenos encuentros en los que el individuo no se encontraba en el grupo durante un periodo de al menos 3 años consecutivos. En nuestro estudio ningún individuo que fue definido como muerto fue observado posteriormente.

Las tasas de supervivencia y mortalidad, se calcularon en base a la proporción de animales que murieron entre la edad  $x$  y la edad  $x + 1$ . Gracias a la tasas de supervivencia, y calculando la mortalidad, podremos por tanto obtener la esperanza de vida del grupo de orcas estudiado calculando la inversa de dicha mortalidad.

#### 2.4.4 Formulaciones

$$\text{Tasa de fecundidad} = \frac{1}{\text{Intervalo de nacimiento}}$$

$Y = \text{N}^\circ \text{ de años de estudio} - \text{Primer año de estudio}$

$B = \text{N}^\circ \text{ de individuos nacidos en los } Y \text{ años}$

$D = \text{N}^\circ \text{ de individuos muertos en los } Y \text{ años}$

$Nt = \text{N}^\circ \text{ total de individuos encontrados (incluyendo los individuos muertos)}$

$$\text{Tasa de natalidad} = \frac{B}{\frac{Nt}{Y}} = \frac{B}{(Nt.Y)}$$

$$\text{Tasa de mortalidad} = \frac{D}{\frac{Nt}{Y}} = \frac{D}{(Nt.Y)}$$

$$\text{Tasa de incremento poblacional} = \frac{(B - D)}{\frac{Nt}{Y}} = \frac{(B - D)}{(Nt.Y)}$$



### **3. Resultados**

---

### 3.1 Muestras en el mar

Durante el desarrollo de este estudio se estudió un total de 21 307 kilómetros y se realizaron un total de 2 296 horas de esfuerzo en la zona de estudio (Figs 16 y 17).

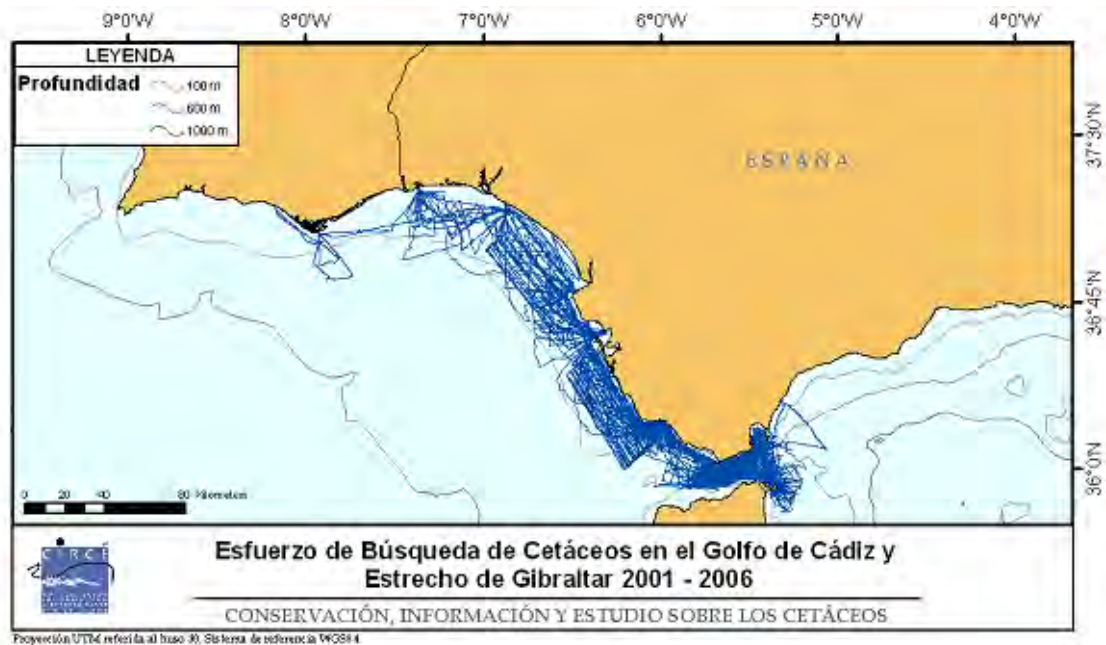


Figura 16: Esfuerzo realizado en la zona de estudio entre 2001 y 2006.

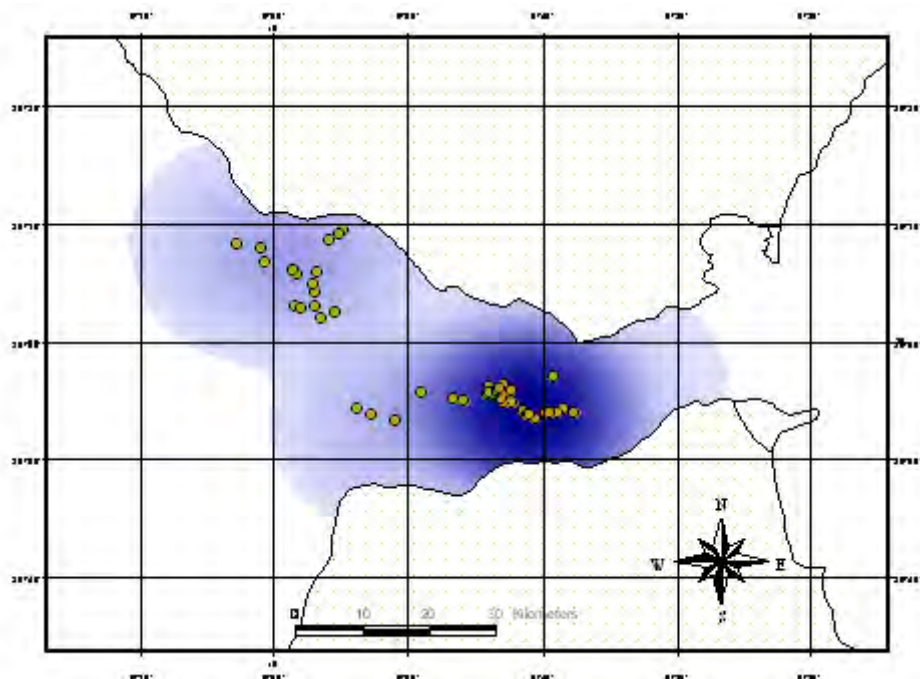
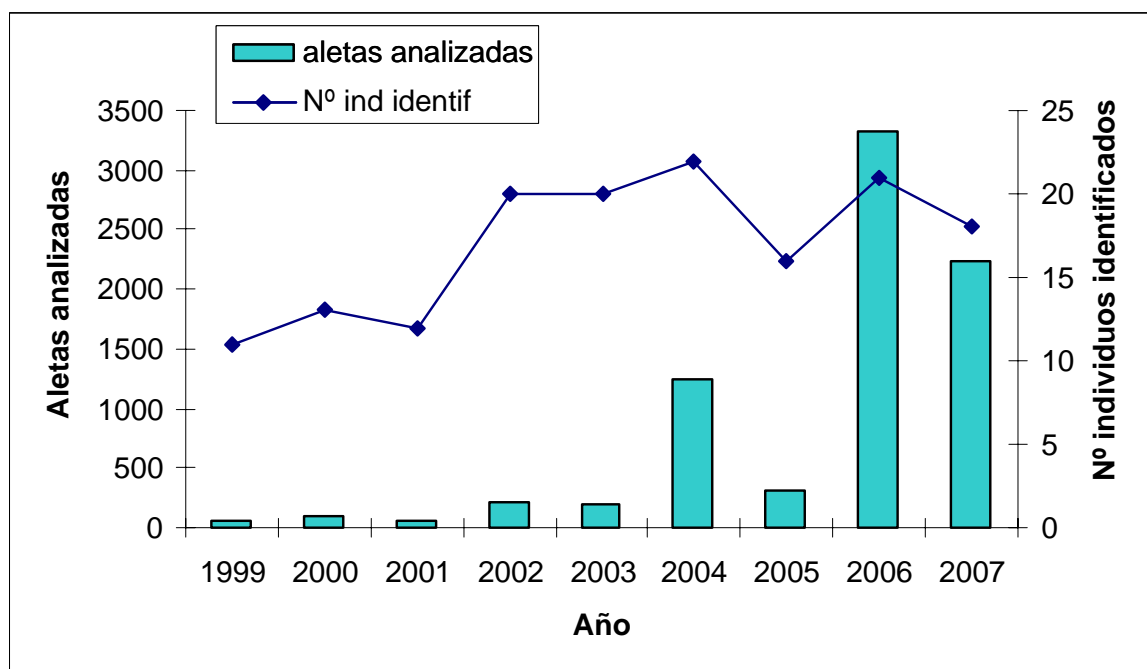


Figura 17: Distribución de avistamientos de orcas en aguas del Estrecho de Gibraltar.

### 3.2 Foto-identificación

Se tomaron un total de 5.954 fotografías representando un total de 7.730 individuos de orca, ya que una fotografía puede incluir diversos individuos. De estas imágenes de individuos un total de 7.316 fueron de aletas dorsales, que se realizaron en 68 avistamientos en los que se pudo realizar foto-identificación en el Estrecho de Gibraltar. De estas, 3.431 eran imágenes de aletas dorsales de calidad Q0, 2.393 de Q1 y 1.492 de Q2. Además 761 fotografías fueron de la mancha ocular (algunas fotografías incluían tanto aleta dorsal como mancha post-oculares). De estas 400 fueron imágenes de calidad Q0, 251 de Q1 y 110 de Q2. De 1999 a 2007, un total de 42 individuos se identificaron en el catálogo. El esfuerzo fotográfico ha variado e incrementado a lo largo del periodo de estudio (Figura 18).



**Figura 18:** Esfuerzo fotográfico y número de individuos identificados por año

Analizando el esfuerzo fotográfico podemos deducir que aunque dicho esfuerzo ha aumentado en los últimos años, esto no ha supuesto un incremento en el número de individuos identificados, con lo que podemos concluir que prácticamente todos los individuos de la población que suelen estar en aguas del Estrecho están ya identificados. Se han identificado 17 individuos de media por año (SD: 4,1, 95% IC: 7-26).

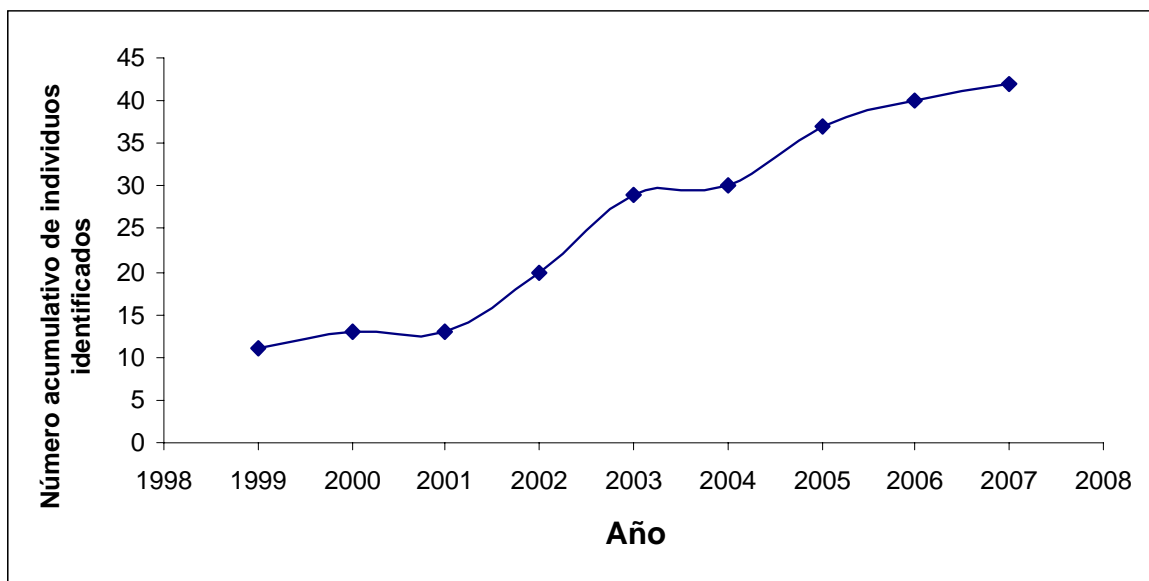


Figura 19: Curva de captura de todos los individuos.

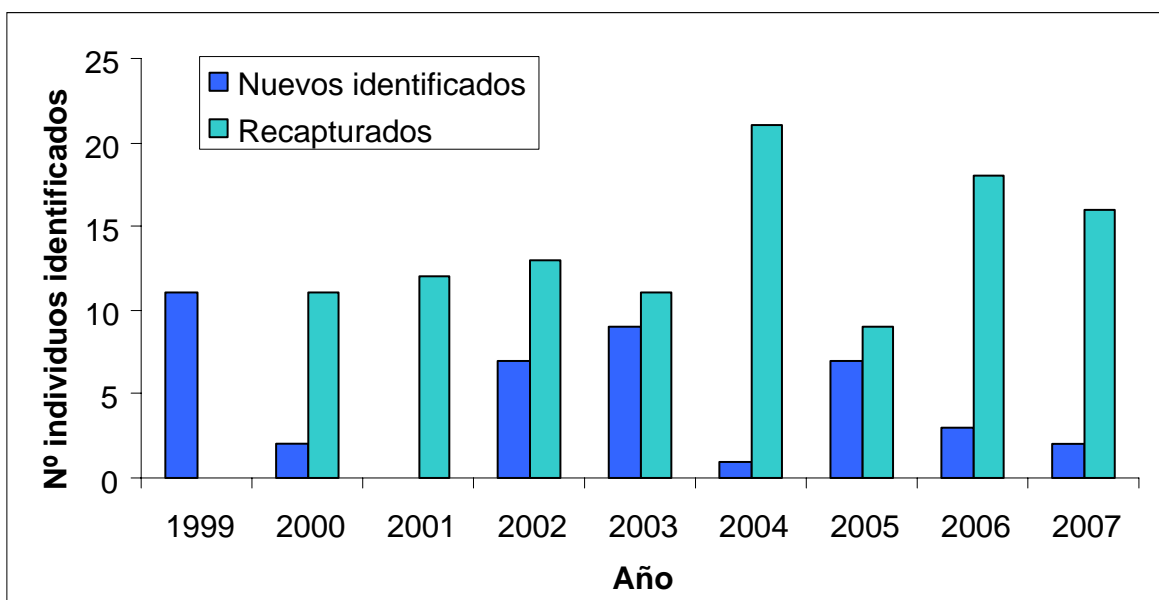


Figura 20: Nuevos individuos identificados y recapturados.

Si analizamos la curva de capturas de los nuevos individuos junto con el gráfico de nuevos individuos identificados y recapturados (Figs. 19 y 20), podemos observar como en los primeros años obtenemos una curva casi constante hasta el año 2002 y 2003. El incremento se debió a un nuevo grupo de orcas vistas en Barbate. En 2005 se observó un nuevo grupo en el centro del Estrecho y a partir de entonces el incremento de individuos es debido al nacimiento de nuevas crías, obteniendo en total una media de 4 nuevos individuos identificados por año (SD: 3,313, 95% IC: 0-11,711).

El incremento final de la curva de esfuerzo fotográfico (año 2007) se debe a la incorporación de una nueva cámara digital. Por otro lado podemos observar un incremento de individuos recapturados en un año, con una media de 14 individuos recapturados por año (SD: 4.086, 95% IC: 4.213- 23.537).

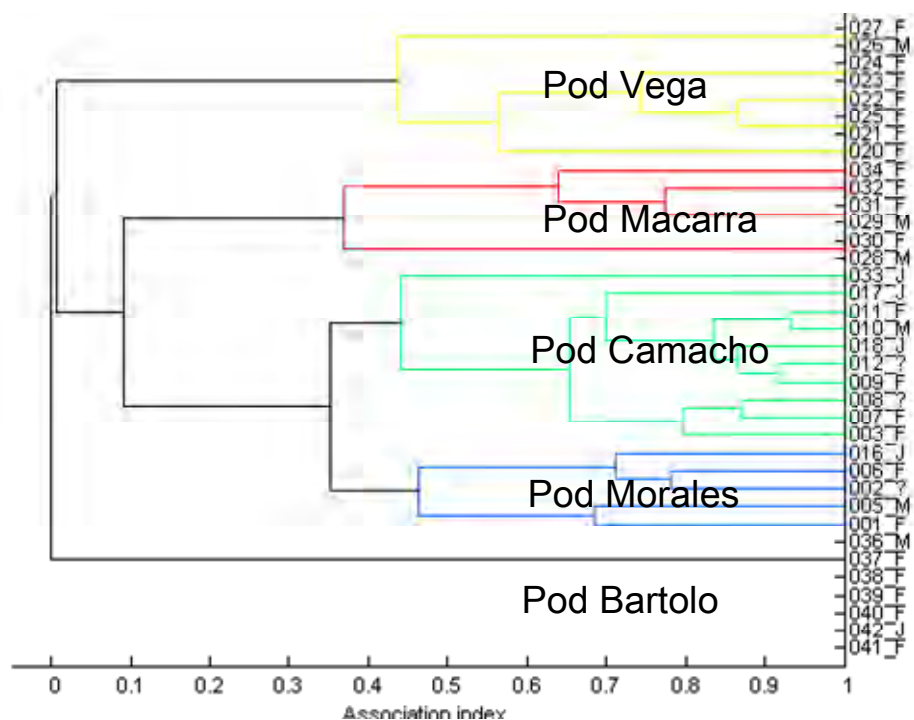
### 3.3 Estructura social

La desviación estándar de los pares de los índices de asociación observados de los individuos de orca eran significativamente más altos que los obtenidos a partir de permutaciones aleatorias (simple ratio index:  $p < 0.0001$ ; half-weight index:  $p < 0.001$ ), por lo que se puede concluir que los animales no están asociados aleatoriamente. En la Figura 21 se puede observar el diagrama de cluster asociado a los índices de asociación (Coeficiente de Correlación Cofenítico =0.97). El Lagged Association Rate, que nos indica la probabilidad de que si dos individuos son observados juntos en un tiempo inicial lo son un tiempo  $t$  más tarde, se estabiliza a niveles más altos de lo que se podría esperar en caso de que estuviéramos ante asociaciones de tipo aleatorio (null association rate=0.195), en una escala de tiempo de entre 2 y 2006 días (5 años y 6 meses). El tipo de modelo que describe este tipo de comportamiento social se ajusta a un modelo matemático si nos ceñimos al QAIC, que sería el de dos niveles de conocidos casuales (Fig. 24).

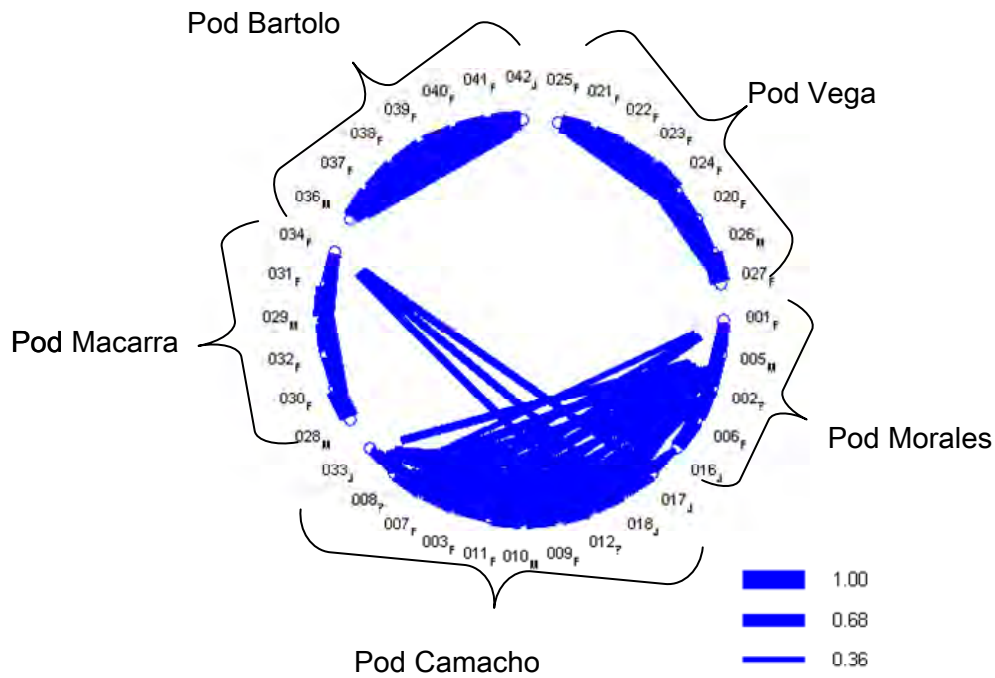
En la zona de estudio están presentes tres grupos principales de orcas:

- i) Grupo de orcas presentes la mayoría del tiempo en el centro del Estrecho de Gibraltar, aunque se suelen ver también durante los meses de primavera en aguas del Barbate. Al principio del estudio estas orcas eran un grupo unido, pero fueron separándose hasta formar dos manadas o pods bien definidas que nombraremos por los machos presentes en el grupo (Camacho y Morales). Estos dos grupos se han visto a partir del año 2005 asociados a otro grupo, que denominamos grupo de Macarra
- ii) Grupo observado en la zona de Barbate, que fueron vistas por primera y única vez en 2001 que llamaremos grupo de Bartolo,

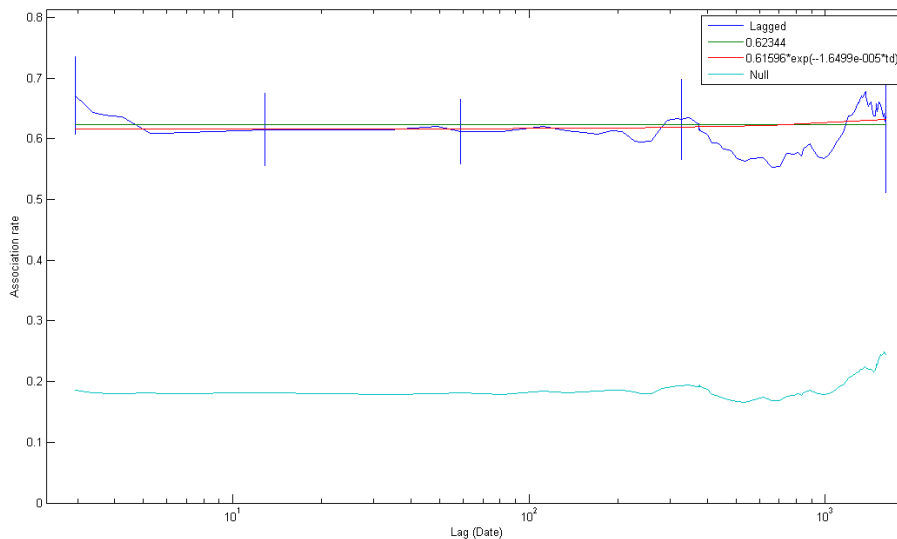
iii) Grupo de Vega (Orca muerta en 2006), que se ha observado exclusivamente en aguas de Barbate y cercanías de la Bahía de Algeciras.



**Figura 21:** Cluster de asociaciones (Half-weight association index). (Coeficiente de Correlación Cofenítico CCC=0.97). El sexo de los individuos viene marcado con el código M para machos, F para hembras, y J para los juveniles.



**Figura 22:** Sociograma que muestra las asociaciones entre individuos mediante líneas de unión mostrando numéricamente el índice de asociación, asociaciones fuertes (>0,5) se muestran alrededor del perímetro, representando claramente los “pods”



**Figura 23:** Lagged association rate (LAR, línea azul oscuro). Las barras de error vienen generadas por medio de la técnica de jackknife (+/- 1 Error estándar). El modelo que mejor representaba los datos fue el modelo que describe rápidas disasociaciones + conocidos casules (línea roja), o por otro lado rápidas disasociaciones + compañeros constantes (línea verde). El “null association rate” (línea azul clara) representa el teórico LAR que correspondería a una población asociada aleatoriamente

Descripción del modelo	Formula del modelo	Parámetros	Error estándar	Número de parámetros	QAIC
Disasociaciones rápidas (RA) + Compañeros constants (CC)	$g(\tau) = a_1$	$a_1 = 0.053548$	0.053548	1	5512.23
Conocidos casuales (CA)	$g(\tau) = e^{(-a_1 \cdot \tau)}$	$a_1 = -0.05$	0	1	55725.19
RA+CA	$g(\tau) = a_2 e^{(-a_1 \cdot \tau)}$	$a_1 = 1.6499 \cdot e^{-0.05}$	9.1845 $\cdot e^{-0.05}$	2	551350
		$a_2 = 0.051527$	0.051527	2	
RA+CA+CC	$g(\tau) = a_2 + a_3 e^{(-a_1 \cdot \tau)}$	$a_1 = 0.94422$	7.5288	3	5498.26
		$a_2 = 0.058231$	0.058231	3	
		$a_3 = 0.35509$	290.3073	3	
CC+CA	$g(\tau) = a_2 \cdot (1 - a_2) \cdot e^{(-a_1 \cdot \tau)}$	$a_1 = 1.051$	0.91706	2	5496.28
		$a_2 = 0.61345$	0.057966	2	
RA + 2 niveles de CAs	$g(\tau) = a_3 e^{(-*a_1 \cdot \tau)} + a_4 e^{(-*a_2 \cdot \tau)}$	$a_1 = 0.54071$	4.5858	4	5492.16
		$a_2 = 6.6765 \cdot e^{-0.005}$	0.26877	4	
		$a_3 = 0.29394$	2.9719	4	
		$a_4 = 0.57732$	0.80585	4	
2 niveles CA	$g(\tau) = a_3 \cdot e^{(-a_1 \cdot \tau)} + (1 - a_3) + e^{(-a_2 \cdot \tau)}$	$a_1 = 0.82228$	1.0881	3	<b><u>5491.09</u></b>
		$a_2 = -5.9803 \cdot e^{-0.05}$	0.00012606	3	
		$a_3 = 0.41739$	0.08048	3	
		$a_4 = 0.0827$	0.026682	3	

**Figura 24:** Regresión de los modelos de sistema social al lagged association rate (LAR). El valor subrayado es el elegido que mejor describe los datos en base al QAIC (Quasi Akaike Information Criteria).

### 3.4 Parámetros de historia natural

De todos los grupos sociales (manadas), los mejores estudiados son los que se suelen observar en aguas centrales del Estrecho y que corresponden con las orcas que interactúan con la pesquería de atún del Estrecho (manadas Camacho, Morales y Macarra) (CIRCE datos no publicados). De estas manadas disponemos de unos datos continuos de cada individuo de cada año, con lo que tenemos un seguimiento exhaustivo de ellos. Por esta razón, esta población ha sido utilizada para el estudio de sus parámetros poblacionales. Los datos resumidos se pueden observar en la Tabla 1.

Parámetro	Estrecho de Gibraltar
Tasa de supervivencia	0,989 (95% IC: 0,928-0,998)
Esperanza de vida	90 años (95% IC: 13,89-500)
Tasa de supervivencia de crías	0,968 (95% CI: 0,811-0,995)
Tasa de mortalidad	0,011
Tasa de mortalidad de crías	0,013
Tasa de natalidad	0,066
Tasa de crecimiento poblacional	1,053
Intervalo de nacimiento	4,25 años (95% IC: 2,66-5,84)
Tasa de fecundidad	0,235
% Juveniles	25
% Hembras	56
% Machos	19

**Tabla 1:** Datos resumidos de los parámetros de historia natural obtenidos en el estudio.



**Figura 25:** Atún completo siendo izado a bordo de un barco de pesca tarifeño.



**Figura 26:** Orcas en las inmediaciones de los pesqueros tarifeños.



**Figura 27:** Resultado de un ataque de orcas a un atún rojo en el Estrecho de Gibraltar.



**Figura 28:** Orca macho (Oo\_Gib\_010) en las inmediaciones de un pesquero marroquí.

### 3.4.1 Modelos de “transience” y “trap dependence”

La bondad del ajuste del modelo  $\Phi t$  pt demuestra que no existen “transients” y “trap dependents” en el conjunto de los datos (Quadratic  $X^2=3,306$ ,  $df= 4$ ,  $p=0,508$ ), con lo cual el modelo se ajusta a los datos. Por este motivo, se pueden aplicar los modelos de supervivencia que nos darán las tasas de supervivencia de la población.

### 3.4.2 Tasa de supervivencia

Los resultados a partir del mejor modelo teniendo en cuenta las variables realizan una estimación de supervivencia, teniendo en cuenta las variables, de 0,989 (Error estándar: 0.011; 95% IC: 0,928-0,998) para el grupo que interactúan con la pesquería de atún del Estrecho de Gibraltar. La tasa de supervivencia estimada a partir de este modelo da una tasa de mortalidad de 0,011; lo que está de acuerdo con la tasa de mortalidad de 0,013 calculada directamente a partir de los datos disponibles. Estos datos nos dan una esperanza de vida para esta población de orcas de alrededor de 90 años (95%IC: 13,89-500).

El mismo modelo aplicado a las crías de este mismo grupo nacidas durante el periodo de estudio da una tasa de supervivencia de 0,968 (Error estándar: 0,031, 95% IC: 0,811-0,995).

### 3.4.3 Tasa de natalidad

La tasa de natalidad fue de 0,066 para el grupo estudiado.

### 3.4.4 Tasa de crecimiento poblacional

Teniendo en cuenta la tasa de natalidad conjuntamente a la tasa de mortalidad, tenemos una tasa de crecimiento poblacional de 1,053, es decir que cada año la población crecería alrededor del 5,3%.

### 3.4.5 Intervalo de nacimiento

El intervalo de nacimiento medio calculado es de 4,25 años (95% CI: 2,66-5,84), con un rango entre 4 y 5 años. Estos datos nos dan una tasa de fecundidad de 0,235 (corresponde al inverso del intervalo de nacimiento).



## 4. Discusión

---

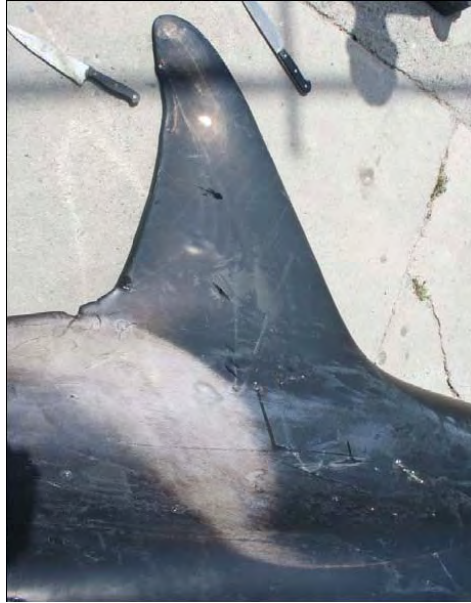
## 4.1 Foto-identificación

El número de aletas analizadas fue aumentando con los años (ver Fig. 18). Este hecho se puede atribuir a varias causas: i) mejora de la calidad de la cámara a lo largo de los años, e ii) incremento del número total de fotografías que son tomadas por año. Hasta 2003, el número de fotografías por día y los gastos de revelado eran factores limitantes. En 2004 el uso de la cámara digital hizo desaparecer estos factores y aumentó la calidad de la imagen. Además la experiencia del fotógrafo también se incrementó a lo largo del periodo de estudio.

Estas mejoras nos ha permitido realizar un catálogo más ampliado, con los dos lados de la aleta del animal, la silla de montar y la mancha ocular de cada individuo, lo que nos permite poder identificar los individuos en fotos que anteriormente eran difíciles de reconocer. Por otro lado, el incremento de nuevos individuos identificados en los primeros años se atribuye al encuentro con nuevos grupos de orcas en la zona del Estrecho y en Barbate (en las proximidades de la almadraba que allí se instala en los meses primaverales). Sin embargo, el progresivo aumento de los nuevos individuos identificados en los últimos años es debido al nacimiento de nuevas crías principalmente en las manadas de la zona del Estrecho. Esto, junto con la mejora de la calidad del esfuerzo fotográfico, nos ha permitido identificar a prácticamente la totalidad de los individuos que transitan por el Estrecho de Gibraltar y las aguas de Barbate, que constan de 42 individuos. De las 42 identificadas, hemos constatado la muerte de al menos 3 individuos (2 crías y la orca Vega), con lo cual la población actual cuenta con 39 orcas de las cuales 20 forman el grupo de orcas que interaccionan con la pesquería de atún rojo del Estrecho de Gibraltar. El tamaño medio de grupo es de 7,2 individuos por manada.



**Figura 29:** Orca Vega (Oo\_GIB\_021) observada en el año 2002 en el Estrecho de Gibraltar.



**Figura 30:** Orca Vega (Oo\_GIB\_021) muerta en Mayo de 2006.

Comparando nuestros datos con las poblaciones de orcas piscívoras (que en principio deberían ser más similares) podemos observar como por lo general la abundancia de las orcas presentes en el Estrecho de Gibraltar es mucho menor a cualquier otras zonas del mundo. En otras poblaciones se ha descrito 89 individuos para las residentes del sur del Pacífico Noreste (Van Ginneken y Ellifrit, 1998); hasta 991 para las residentes de Alaska (Zerbini et al., 2007); y 408 individuos para la población de Noruega (Similä et al., 1996) (ver parámetro abundancia de Tabla 2).

En cuanto al número medio de individuos por grupo social, en el Estrecho de Gibraltar tenemos 7,2 individuos de media (en 5 manadas). Este número, comparando con otras poblaciones, entra dentro del rango de residentes sur del Pacífico Noreste, aunque este sea muy amplio, entre 5-50 individuos por grupo (Bigg et al., 1990). Sin embargo, este dato depende mucho de la zona en la que la población resida, de este modo la población de Noruega presenta un número medio de individuos por manada de 15 individuos (Similä et al., 1996), número que duplica al número existente en la población del Estrecho de Gibraltar. Claramente el número de individuos en la manada dependerá del tipo de estrategias alimenticias y, por tanto, la estructura social de las orcas dependerá en gran medida del tipo de alimentación y estrategias alimenticias que éstas tengan.

POBLACIÓN	ABUNDANCIA	TAMAÑO MEDIO DE GRUPO	FUENTE
Residentes Norte del Pacífico Noreste	200	5-50	Ford et al., 1994
Residentes Sur del Pacífico Noreste	89	5-50	Van Ginneken y Ellifrit, 1998
Transeúntes Pacífico Noreste	219	<10	Ford y Ellis, 1999
Offshore Pacífico Noreste	200	10-70	Ford et al., 1994
Archipiélago de Crozet	102 (1988-1989) 43 (1998-2000)	--	Poncelet et al., in press 2002
Residentes de Alaska	991	--	Zerbini et al., 2007
Transeúntes de Alaska	251	--	Zerbini et al., 2007
Islas Marion	25-30	4	Bester et al., 2002
Costas pacífico de México	90	1-40	Guerrero-Ruiz et al., 2002
Islandia	366 invierno 56 verano	--	Vikingsson, et al. 2002
Noruega	408	15	Similä et al., 1996
Nueva Zelanda	117	4,5	Visser, 2002
Costa este de Rusia (Este Kamchatka)	434	Residentes 75 Transeúntes 8	Burdin et al., 2006
Estrecho de Gibraltar	39	7,5	Este estudio

**Tabla 2:** Datos de abundancia de poblaciones de orcas según regiones de presencia.

Este último hecho nos haría pensar que las orcas del Estrecho de Gibraltar se encuentran en un estado de conservación pobre debido a una abundancia baja comparada al resto de las orcas estudiadas.

## 4.2 Estructura social

Los resultados obtenidos en este estudio, escogiendo el modelo que nos aconseja el QAIC (Fig. 24), nos muestran dos niveles de conocidos casuales. Sin embargo si ahondamos en los resultados (ver Fig. 24), y vamos resolviendo los modelos matemáticos, vemos como el modelo de compañeros constantes y

disasociaciones rápidas presenta un mejor ajuste. Este modelo se adecua a la estructura social que muestran las orcas en el resto del mundo (al menos durante el periodo de estudio, entre 10 días y 5.5 años). Este tipo de estructura social es el típico para las orcas descritas en el Pacífico Norte, basados en una estructura matrilineal, con compañeros constantes que permanecen toda su vida juntos, pero pudiendo presentar asociaciones que se unen y se desunen rápidamente, que representaría las uniones con otros individuos distintos a sus manadas con fines reproductivos (Bigg et al., 1990; Barrett-Lennard, 2000). Esta especie muestra un tipo de estructura social único entre los mamíferos, ya que refleja filopatría natal de grupo para ambos sexos (Bigg et al., 1990; Baird y Whitehead, 2000). Manadas estables de individuos, asociados entre ellos por medio de líneas matrilineales pueden ser muy amplios, con una media de 12 individuos en su seno, y un rango de 3 a 50 individuos (Bigg et al., 1990). Además ésta estructura social de compañeros constantes más disasociaciones rápidas se ve estrechamente relacionada y ajustada en el gráfico del LAG (Lagged association rate) (ver Fig. 23) con los datos que se han obtenido para las manadas estudiadas.

### **4.3 Parámetros de historia natural**

De las 39 orcas identificadas en este estudio, según datos no publicados por CIRCE, 20 forman el grupo de orcas que interaccionan con las pesquerías de atún rojo del Estrecho de Gibraltar. La elección de este grupo para analizar los parámetros de historia natural se explica debido a que este último grupo es el mejor estudiado, ya que la totalidad del grupo fue identificada desde el comienzo del estudio y se pudo realizar un seguimiento de los grupos a lo largo de los años (lo que nos permitió estudiar los parámetros de vida de este grupo). El análisis por separado de los diferentes grupos, en función de su comportamiento es importante, ya que se podría esperar que debido a las interacciones existentes con las pesquerías, las abundancias y parámetros de historia natural podrían verse afectados negativamente por este hecho. Estamos otra vez ante una estructura social y unos parámetros que dependerán directamente del tipo de estrategia alimenticia que la especie tenga.

#### **4.3.1 Modelos de “transience” y “trap dependence”**

En el análisis de los datos de marcaje-recaptura del Estrecho de Gibraltar en el periodo de 1999 a 2007 no se detectaron individuos “transients”, con lo que podríamos decir que este grupo no interactúan con otros individuos en el área del Estrecho

durante los meses de primavera-verano. Tampoco se encontraron diferencias significativas relacionadas con grupos “trap dependents”, debido probablemente a que los animales no se ven atraídos por la embarcación.

#### 4.3.2 Tasa de supervivencia

La tasa de supervivencia del grupo del Estrecho es muy alta 0,989 (95%CI: 0,928-0,998), y es parecida a la tasa de supervivencia de las orcas residentes de la Columbia Británica (0,9836 para hembras y 0,960 para machos) (Olesiuk et al., 1990). La tasa de supervivencia obtenida en este estudio daría una esperanza de vida de 90 años, lo que corresponde a la longevidad máxima encontrada para la población de las orcas residentes de la Columbia Británica (Olesiuk et al., 1990).

La tasa de supervivencia de las crías 0,968 (95%CI: 0,811-0,995) está por debajo de lo encontrado para la población total, pero también es parecida a la encontrada en la orcas de Columbia Británica (0,960 los juveniles en su primer año y 0,961 para los machos adultos) (Olesiuk et al., 1990).

La tasa de mortalidad, calculada a partir de los modelos, es de 0,011. Sin embargo, si realizamos el cálculo bruto con las crías que han muerto durante el periodo de estudio llegamos a una tasa de mortalidad de 0,013. Este valor probablemente refleja la mortalidad natural de las crías. Estos parámetros parecen menores a los que se podría esperar, en el caso de existir interacciones negativas con las pesquerías (por ejemplo en forma de agresiones por parte de los pescadores a las orcas).

#### 4.3.3 Tasa de natalidad

La tasa de natalidad es de 0,066, siendo muy alta en comparación con la tasa de mortalidad de las crías. Esta tasa podría estar reflejando un incremento de la población, ya que tenemos una natalidad alta y una mortalidad infantil baja.

#### 4.3.4 Tasa de crecimiento poblacional

La tasa de crecimiento poblacional de 1,053 refleja, si la comparamos con la población de orcas de la Columbia Británica, un buen estado de la población que tiene una tasa de 1,029 (Olesiuk et al., 1990). Esto confirma el incremento de la población, donde cada año nace un número elevado de crías (respecto al tamaño poblacional) que muestran una elevada supervivencia. A la vista de los resultados parece que las orcas del Estrecho de Gibraltar obtienen más ventajas (por ejemplo una mayor

alimentación) que desventajas (interacciones negativas con los pescadores) de su aprovechamiento de los procesos pesqueros de esta zona.



**Figura 31:** Cría de orca nacida durante la segunda semana de Julio de 2006.

#### 4.3.5 Intervalo de nacimiento

El intervalo de nacimiento encontrado en el grupo del Estrecho (4,25 años) está por debajo de lo encontrado en la Columbia Británica, con un intervalo medio de 5,32 años. Esto es de nuevo un indicador de la buena salud de la población, ya que presentan un menor intervalo de tiempo entre el nacimiento de una cría por parte de una hembra adulta, el cuidado parental de la madre que se mantiene hasta asegurar su supervivencia (ya que sabemos que la tasa de supervivencia infantil es alta) y que finaliza en el momento preciso para poder tener otra cría viable.

Parámetro	Estrecho de Gibraltar	Residentes Norte		Residente Sur + Norte	Residente Sur	Residente Sur Alaska	Archipiélago Crozet		Noruega
		1973-1995	1996-2004				1977-1980	1999-2000	
Tasa de supervivencia	0,989 (95% IC: 0,928-0,998)	0,9836 hembras (SE= 0,0039)	0,9705 hembras (SE=0,0072)	--	--	--	0,979 (SE=0,016)	0,815 (SE=0,048)	0,959 hembras (SE= 0,0146)
		0,9590 machos (SE=0,081)	0,9089 machos (SE=0,0170)	--	--	--			0,958 machos (SE= 0,0096)
Esperanza de vida	90 años(95% IC: 13,89-500)	46 hembras	30 hembras	50 hembras	39 hembras	--	--	--	--
		max 80	max 80	max 80-90	max 60-70	--	--	--	--
		31 machos	19 machos	29 machos	31 machos	--	--	--	--
		max 60-70	max 40-50	max 50-60	max 50-60	--	--	--	--
Tasa de supervivencia crías	0,968 (95% CI: 0,811-0,995)	0,960	0,946	--	--	--	--	--	0.816 (SE=0,167)
Tasa de mortalidad	0,011	--	--	--	--	--	--	--	--
Tasa de mortalidad de crías	0,013	--	--	--	--	--	--	--	--
Tasa de natalidad	0,066	--	--	--	--	--	--	--	--
Tasa de crecimiento poblacional	1,053	1,029	--	--	--	--	--	--	--
Intervalo de nacimiento	4,25 años (95% IC: 2,66-5,84)	4,88 años (SE= 0,793)	5,53 (SE=1,103)	5,3 años	4,9 años	6,1 años	--	--	5,93 años (SE= 3,087)
Tasa de fecundidad	0,235	--	--	--	--	--	--	0,0476	--
% Juveniles	40	46	47	50	51	--	--	--	--
% Hembras	45	31	25	31	27	--	--	--	--
% Machos	15	22	18	19	23	--	--	--	--

**Tabla 3:** Comparativa de los parámetros de historia natural entre las poblaciones del Océano Pacífico (Olesiuk et al., 1990), Archipiélago de Crozet (Poncelet et al., 2002), Noruega (Kuningas et al., 2007) y la población del Estrecho de Gibraltar (presente trabajo).

Al comparar los parámetros de historia natural de la población de orcas del Estrecho de Gibraltar con los de otras poblaciones de orcas (ver Tabla 3), observamos que todos los parámetros indican un buen estado poblacional:

i) la tasa de supervivencia de la población del Estrecho de Gibraltar es la más alta comparada con el resto de las poblaciones estudiadas.

ii) la esperanza de vida es la mayor obtenida para una población de orcas.

iii) muestran un menor intervalo de nacimiento, que sumado a la alta tasa de supervivencia de crías nos dan un mayor número de individuos que se van incorporando a la población.

iv) presenta una alta tasa de crecimiento poblacional, que representa un incremento anual del 5% de la población, el valor más alto obtenido para una población de orcas.

v) presenta una estructura poblacional similar al de otros grupos de orcas estudiadas.

La población del Estrecho de Gibraltar interacciona con las pesquerías del atún rojo en esta zona, lo que supone un importante ahorro energético a la hora de alimentarse. Generalmente las orcas de Barbate deben sumergirse a grandes profundidades para encontrar a los atunes y además deben perseguirles durante largos periodos de tiempo y espacio hasta el agotamiento de estos (Guinet et al., 2007). Sin embargo, las orcas del Estrecho de Gibraltar se dedican simplemente a esperar y aprovechar la subida de los atunes por parte de los pescadores del palangre para robarles las capturas. De este modo esta población obtiene un ahorro energético en el proceso de alimentación. Según los resultados obtenidos en cuanto a los parámetros de historia natural podemos hipotetizar que los ejemplares de orcas del Estrecho de Gibraltar están invirtiendo la energía ahorrada en reproducción.



**Figura 32:** Macho adulto y cría nacida en primavera de 2007.

Nuestros resultados sugieren que la interacción entre las orcas del Estrecho de Gibraltar y la pesquería del atún resulta positiva para las orcas, y además es la primera vez que se tiene en cuenta el posible beneficio que el suministro de comida fácil que supone esta pesquería sobre las orcas. Sin embargo plantea también una serie de incógnitas que deberían de ser analizadas en futuros estudios. Los grupos de orcas que interaccionan con las pesquerías de atún estaría en un estado favorable, debido al ahorro energético que obtienen con las pesquerías durante el proceso de alimentación, pero no se sabe nada del resto de orcas, grupos que presumiblemente no obtienen ganancias energéticas gracias a los pescadores. Se podrían presumir que estos grupos tendrán parámetros mucho menos favorables, y por tanto podrían tener serios problemas de conservación debido fundamentalmente a los problemas que tienen los stocks de atún rojo en el Atlántico Norte y Mediterráneo.



## 5. Conclusiones

---

El estudio abordado en la presente Tesis de Máster es el primero en analizar la abundancia y parámetros de historia natural de las orcas (*Orcinus orca*) presentes en el Estrecho de Gibraltar. Las conclusiones principales obtenidas de este estudio son las siguientes:

- 1) El número de orcas que se observa en el Estrecho de Gibraltar ronda los 42 individuos. Actualmente, y debido a la muerte confirmada de al menos 3 individuos, el estatus poblacional se aproximaría a los 39 individuos.
- 2) Las orcas del Estrecho están estructuradas socialmente en 5 manadas, pertenecientes a su vez a 3 grupos que no suelen tener contacto entre si.
- 3) Los parámetros de historia natural analizados para las orcas que interaccionan con la pesquería de atún rojo de las aguas del Estrecho de Gibraltar concuerdan con los conocidos para el resto de las orcas estudiadas usando el mismo tipo de metodología. Sin embargo, los resultados referentes a intervalos de nacimientos y de crecimiento de población son más elevados que los calculados para otras poblaciones de orcas, indicando el buen estado poblacional de las orcas del Estrecho de Gibraltar que interaccionan con las pesquerías de atún.
- 4) La interacción entre las orcas y la pesquería de atún rojo con palangre del Estrecho de Gibraltar es positiva para las orcas debido al ahorro energético que obtiene esta población al alimentarse de las capturas de las pesquerías. Esta energía podría invertirse en reproducción y cuidado parental de las crías, con el consiguiente beneficio para la población.

5) Las orcas que no interaccionan con las pesquerías de atún rojo, que representaría casi la mitad de las orcas identificadas en el Estrecho, no obtienen este ahorro energético y, dada sus condiciones de vida, debería aplicárseles con vistas a su conservación los principios de precaución recogidos en los tratados internacionales.



## 6.- Bibliografía

---

- Aguilar, A. y Lens, S. 1981. Preliminary report on Spanish whaling activities. Rep. Int. Whal. Commn. 31:639-643.
- Aguilar, A. 2006. Catches of fin whales around the Iberian Peninsula : Statistics and sources. Joint NAMMCO/IWC Scientific workshop on the catch history, stock structure and abundance of North Atlantic fin whales. Reykavik. Iceland. International Whaling Commission document SC/14/FW/17-SC/M06/FW17.
- Akaike, H. 1974. A new look at the statistical model identification. IEEE Trans. Autom. Control, 19: 716–723.
- Aloncle, H. 1964 Premiers observations sur les petits Cetaces des cotes marocaines. Bull Inst Pech Maroc 12
- Andrews, R.C. 1914. Monographs of the Pacific Cetacea. Vol. I. The California gray whale (*Rhachianectes glaucus* Cope) Mem. Amer. Mus. Nat. Hist., 1: 227-287.
- Baird, R.W. 1994. Foraging behavior and ecology of transient killer whales. Ph.D. thesis, Simon Fraser University, Burnaby, British Columbia.
- Baird, R.W. 2000. The killer whale: foraging specializations and group hunting. Pages 127-153 in J. Mann, R. C. Connor, P. L. and H. Whitehead, eds. Cetacean societies: field studies of dolphins and whales. University of Chicago press, Chicago, IL.
- Baird, R.W. and Dill, L.M. 1995. Occurrence and behavior of transient killer whales: seasonal and pod-specific variability, foraging behavior and prey handling. Canadian Journal of Zoology 73:1300-1311.
- Baird, R.W. y Whitehead, H. 2000. Social organization of mammal-eating killer whales: group stability and dispersal patterns. Canadian Journal of Zoology 78:2096-2105.
- Baird, R.W., Abrams, P.A. and Dill, L.M. 1992. Possible indirect interactions between transient and resident killer whales: implications for the evolution of foraging specializations in the genus *Orcinus*. Oecologia 89:125-132.
- Balcomb, K. C., Boran, J. R. y Heimilch, S. L. 1982. Killer whales in Greater Puget Sound. Rept. Internat. Whaling Comm., 32: 681-685.
- Barrett-Lennard, L.G. 2000. Population structure and mating patterns of killer whales, *Orcinus orca*, as revealed by DNA analysis. Ph.D. Thesis, University of British Columbia, Vancouver.
- Barrett-Lennard, L.G. y Ellis, G.M. 2001. Population structure and genetic variability in Northeastern Pacific killer whales : toward an assessment of population viability. DFO. Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2001/065
- Bayed, A. 1996. First data on the distribution of cetacean along Moroccan coasts. European Research on Cetaceans-10. Proceedings of the X Annual Conference of the European Cetacean Society (P.G.H. Evans, ed.). European Cetacean Society. 11-13 March, Lisbon. Portugal:106.
- Bejder, L., Fletcher, D. y Bräger, S. 1998. A method for testing association patterns of social animals. Anim. Behav. 56: 719–725.
- Berzin, A. A. y Vladimov, V. L. 1982. A new species of killer whale from the Antarctic. Prioroda No. 6:31. (Translated by S. Pearson, Natl. Marine Mammal Laboratory, Seattle, Washington.)
- Berzin, A. A. y Vladimov, V. L. 1983. A new species of killer whale (Cetacea, Delphinidae) from Antarctic waters. Soy. Zhurnal, 62: 287-295. (Translated by S. Pearson, Natl. Marine Mammal Laboratory Seattle, Washington.).

- Best, P.B. y Underhill, L.G. 1990. Estimating population size in southern right whales (*Eubalaena australis*) using naturally marked animals. Report of the International Whaling Comm. 32: 655-666.
- Bester, M.N., Keith, M. y Pistorius, P.A. 2002. Killer whales at Marion Islands, Southern Ocean. Fourth International Orca Symposium and Workshop. September 23-28, 2002. CEBC-CNRS, France.
- Bigg, M. 1982. An assessment of killer whale (*Orcinus orca*) stocks off Vancouver Island, British Columbia. Rpt. Internat. Whaling Comm. 32: 655-666.
- Bigg, M.A., Olesiuk, P.F., Ellis, G.M., Ford, J.F.K., y Balcomb, K.C. 1990. Social organization and genealogy of resident killer whales (*Orcinus orca*) in the coastal waters of British Columbia and Whashington State. Rep. Int. Whal. Commn. (special issue) 12:383-406.
- Black, N. A., Schulman-Janinger, A., Ternullo, R. L., and Guerrero-Ruiz, M. 1997 Killer whales of California and Western Mexico: a catalog of photo-identified individuals. NOAA Technical Memorandum NMFS-SWFFC-247. La Jolla, CA: Sothwest.
- Braham, H. W. y Dahlheim, M. E. 1982. Killer whales in Alaska documented in the Platforms of Opportunity Program. Rept. Internat. Whaling Comm., 32 :643646
- Brault, S and Caswell, H. 1993. Pod-specific demography of killer whales (*Orcinus orca*). *Ecology* 74: 1444-1454.
- Bryden, M. M. 1972. Growth and development of marine mammals. Pp. 1-79, in Functional anatomy of marine mammals (R. J. Harrison, ed.). Academic Press, New York, 1:1-451.
- Burdin, A. M., Hoyt, E., Filatova, O.A., Ivkovich, T., Tarasyan, K. y Sato, H. 2007. Status of Killer whale (*Orcinus orca*) in Eastern Kamchatka (Russian Far East) based on Photo-id and acoustic studies. Preliminary results. SC/59/Sm4 presented to the IWC Scientific Committee, June 2007, Anchorage, Alaska, USA. 11pp.
- Cairns, S.J. y Schwäger, S.J. 1987. A comparison of association indices. *Anim. Behav.* 35: 1454–1469.
- Caldwell, D.K. y Caldwell. 1969. Addition of the leatherback sea turtle to the know prey of the killer whale, *Orcinus orca*. *Journal of Mammalogy* 50(3):636.
- Carl, G. C. 1960. Albinistic killer whales in British Columbia. Rept. British Columbia Provincial Mus., pp. 29-36.
- Choquet, R., Reboulet, A.M., Pradel, R., Gimenez, O. y Lebreton, J.D. 2003. Ucare version 2.0 user's guide. Mimeographed document, CEFE CNRS, Montpellier, France.
- Christal, J. y Whitehead, H. 2001. Social affiliations within sperm whale (*Physeter macrocephalus*) groups. *Ethology*, 107: 323–340.
- Christensen, I. 1984. Growth and reproduction of killer whales, *Orcinus orca*, in Norwegian coastal waters. In: W.F. Perrin, R.L. Brownell Jr. and D.P. DeMaster (eds.): *Reproduction in whales, dolphins and porpoises*, pp. 253-258 Rep. Int. Whal. Commn (Special Issue 6).
- Condy, R. R., Van Aarde, R. J., y Bester, M. N. 1978. The seasonal occurrence and behavior of killer whales, *Orcinus orca*, at Marion Island. *J. Zool.*, 184: 449-464.
- Connor, R.C. 2000. Group living in whales and dolphins, en *Cetacean Societies*, Editado por Mann, J., Connor, R. C., Tyack, P. L., and Whitehead, H. (2000). The University of Chicago Press, Chicago..
- Dahlheim, M. E. 1981. a review of the biology and exploitation of the killer whale, *Orcinus orca*, with comments on recent sighting from Antarctica. Rept. Intenat. Whaling Comm., 31:541-56.
- Dahlheim, M. E. y Heyning J.E. 1999. Killer whale in *Handbook of marine mammals*. Vol. 6. S. Ridway and R. Harrison, eds. San Diego: Academic Press, pp. 281-322.

- Dalla Rosa, L. y Secchi, E.R. 2007. Killer whale (*Orcinus orca*) interactions with the tuna and swordfish longline fishery off southern and south-eastern Brazil: a comparison with shark interactions J.Mar. Biol. ASS. UK. 87:135-140.
- de Stephanis R. 2008. Estrategias de alimentación en función del tiempo, de los diferentes grupos de Calderón común (*Globicephala melas*) en el Estrecho de Gibraltar en primavera-verano. Tesis doctoral, Universidad de Cádiz, España.
- de Stephanis, R., Cornulier, T., Verborgh, P., Salazar Sierra, J., Pérez Gimeno, N. y Guinet C. 2008a. Summer spatial distribution of cetaceans in the Strait of Gibraltar in relation to the oceanographic context. Marine Ecology Progress Series. 353: 275-288.
- de Stephanis, R., García-Tiscar, S., Verborgh, P., Esteban-Pavo, R., Pérez, S., Minivielle-Sebastia, L. y Guinet, C. 2008b. Diet of social groups of long-finned pilot whales (*Globicephala melas*) in the Strait of Gibraltar. Mar. Biol. 154: 603-612.
- de Stephanis, R., Verborgh, P., Esteban, R., Minivielle-Sebastia, L. y Guinet, C. Long-term social structure of long-finned pilot whales (*Globicephala melas*) in the Strait of Gibraltar. Acta Ethol. In press online. DOI 10.1007/s10211-008-0045-2.
- de Stephanis, R., Verborgh, P., Pérez, S., Esteban, R. y Guinet, C. Temporal and spatial distribution of long finned pilot whales along the year between 1999-2006 in the Strait of Gibraltar. Marine Mammal Science. Submitted.
- Dietrich, G., Kalle, K., Krauss, G. y Siedler, G. 1975. allgemeine Meereskunde. Einführung in die Ozeanographie. Eds. Borntraeger, Berlin, Stuttgart, Pp2.
- Douglas-Hamilton, I. 1973. On the ecology and behaviour of the Lake Manyara elephants. E. Afr. Wildl. J. 11: 401-403.
- Echevarria, F., García-Lafuente, J., Bruno, M., Gorsky, G., Goutx, M., González, N., García, C.M., Gómez, F., Vargas, J.M., Picheral, M., Striby, L., Varela, M., Alonso, J.J., Reul, A., Cózar, A., Prieto, L., Sarhan, T., Plaza, F. y Jiménez-Gómez, F. 2002. Physical-biological coupling in the Strait of Gibraltar. Deep-Sea Research II 49(19): 4115-4130.
- Efron, B. y Gong, G. 1983. A leisurely look at the bootstrap, the jackknife, and cross-validation. Am. Stat. 37: 36-48.
- Evans, W. E., Yablokov, A. V. y Bowles, A. E. 1982. Geographic variation in the color pattern of the killer whales. Rept. Internat. Whaling Comm., 32: 687-694.
- Esteban Pavo, R., Verborgh, P., de Stephanis, R., García Tiscar S., Almunia, J., Pérez, S. y Jaget, Y., Barrett-Lennard, L., Yueh, H. y Guinet, C. 2007. «Estudio genético de orcas del Estrecho de Gibraltar», Dirección General para la Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente.
- Ford, J.K.B. 1989. Acoustic behaviour of resident killer whales (*Orcinus orca*) off Vancouver Island, British Columbia. Can. J. Zool. 67:727-745
- Ford, J. K. B. 1991. "Vocal traditions among resident killer whales (*Orcinus orca*) in coastal waters of British Columbia." Can. J. Zool., 69, 1454-1483.
- Ford, J.K.B. y Ellis, G.M. 1999. Transients. University of British Columbia Press. Vancouver.
- Ford, J.K.B., Ellis, G.M. y Balcomb, K.C.III. 1994. Killer whales. University of British Columbia Press, Vancouver.
- Ford, J.K.B., Ellis, L.G., Barret-Lennard, A.B., Morton, R.S., y Balcomb, K.C.III. 1998. Dietary specialization in two sympatric populations of killer whales (*Orcinus orca*) in coastal British Columbia and adjacent waters. Can. J. Zool. 76: 1456-1471.
- Ford, J.K.B., Ellis, G.M., y Balcomb, K.C. 2000. Killer whales. 2nd ed. UBC Press, Vancouver.

- Fowler, C. W. 1984. Density dependence in cetacean population. Pp. 373-380 in *Reproduction in whales, dolphins, and porpoises* (W. F. Perrin, R. L. Brownell, Jr., and D.P. DeMaster, eds.) Rept. Internat. Whaling Comm. Spec. Issue, 6:1-495.
- Gaskin, D. R. 1982. *The ecology of whales and dolphins*. Heinemann Educational Books, Exeter, New Hampshire, 459 pp.
- Garret, C., 1996, The role of the Strait of Gibraltar in the evolution of the Mediterranean water, properties and circulation. *Bull Inst. Oceanog. Of Monaco*, N° special 17:1-18.
- Goddard, J. 1966. Mating and courtship of the black rhinoceros (*Diceros bicornis* L). *E. Afr. Wold. J.* 4: 69-75.
- Goley, P.D. y Straley, J.M. 1994. attack on gray whales in Monterey Bay, California, by killer whales in Monterey Bay, California, by killer whales previously identified in Glacier Bay, Alaska. *Canadian Journal of Zoology* 72:1528-1530.
- Gosling, L.M. y Petrie, M. 1981. The economics of social organization. In *Physiological ecology: an evolutionary approach to resource use*. Edited by C.R. Townsend and P. Calow. Blackwell Scientific, Oxford, UK. pp.315-345.
- Greenwood, P.J. (1980). Mating systems, philopatry, and dispersal in birds and mammals. *Anim. Behav.* 28: 1140-1162.
- Ginsberg, J.R., y Óung, T.P. 1992. Measuring association between individuals or groups in behavioural studies. *Anim. Behav.* 44: 377-379.
- Guinet, C., Domenici, P., de Stephanis, R., Barret-Lennard, L., Ford, J.K.B. and Verborgh, P. 2007. Killer whale predation on bluefin tuna : exploring the hypothesis of the endurance-exhaustion technique. *Marine Ecology Progres Series.* 347:111-119.
- Guerrero-Ruiz, M., Urbán, R.J., Gendram, D. y Flores de Sahagún, V. 2002. Currente knowledge of killer whales in the mexican pacific. Fourth International Orca Symposium and Workshop. September 23-28, 2002. CEBC-CNRS, France.
- Hammond, P.S. 1990. Heterogenety in the Gulf of Maine? Estimating humpback whale population size when capture probabilities are not equal. *Report of the International Whaling Commission* 12: 135-140.
- Hancock, D. 1965, Killer whales attack and eat a minke whale. *J. Mamm.*, 46: 341-342.
- Harmer, S. F. 1927. Reporto n Cetacea stranded on the British coasts from 1912 to 1926. *British Mus. (Nat. Hist.)*, 10:1-91 + 7 maps.
- Hashmi, D. y Adloff, B., 1992. Cetacean research in the Strait of Girbaltar. Sumposium "Whales: Biology-Threats-Conservation", 5-7 June 1991, Brussels, Belgium. Proceedings edited by J.J. Symoens, Royel Academy Overseas Sciences (Brussels) pp 59-62.
- Heyning, J. E. y Dahlheim, M. E. 1988. *Orcinus orca*. *Mammalian Species.* 304:1-9
- Hoezel, A.R., Dahleheim, M. y Stern, S.J. 1998. Low genetic variation among killer whales (*Orcinus orca*) in the Eastern North Pacific, and genetic differentiation between foraging specialists. *Journal of Heredity* 89, 121-128.
- Hoezel, A.R., Natoli, A., Dahlheim, M.E., Olavarria, C., Baird, R. W., y Black, N. A. 2002 Low worldwide genetic diversity in the killer whale (*Orcinus orca*): implications for demographic history. *Proc. R. Soc. Lond. B*
- Hoyt, E. 1981. *The whale called killer*. E.P. Dutton Publisher, New Cork, 226 pp.
- Hurvich, C.M. and Tsai, C.L. 1989. Regression and time series model selection in small samples. *Biometrika.* 76:297-307.

- Iñiguez, M.A. 2001. Seasonal distribution of killer whales (*Orcinus orca*) in Northern Patagonia, Argentina. *Aquatic Mammals* 272:154-161
- Iwashita, M., Motoo, I. y Iwasaki., Y., 1963. On the distribution of *Orcinus* in the Northern and Southern Pacific equatorial waters as observed from reports on *Orcinus* predation. Tokai Daigaku Suisan Kenkyusho Hokoku. Fisheries and Marine Service (Canada) Translation Series, no. 3751 (1976), 1, 24-30.
- Ivashin, M. V. 1981. USSE progress report on cetacean research June 1979-May 1980. Rept. Internat. Whaling Comm., 32: 221-226.
- Jefferson, T. A., Stacey, P.J. and Baird, R.W. 1991. A review of killer whale interactions with other marine mammals: predation to co-existence. *Mammal Review*. 21:151-180.
- Jones, I.M. 2006. A northeast pacific offshore killer whale (*Orcinus orca*) feeding on a pacific halibut (*Hippoglossus stenolepis*). *Marine Mammal Science* 22(1): 198-200.
- Jonsgard, A. 1968. A note on the attacking behavior of the killer whale (*Orcinus orca*). *Norsk. Hvalf.*, 57:84-85.
- Jonsgard, A. y Lyshoel, P. B. 1970. A contribution to the knowledge of the biology of the killer whale, *Orcinus orca* (L.). *Nytt Mag. Zool.*, 18:41-48.
- Kasamatsu, F. y Joyce, G.G. 1995. Current status of odontocetes in the Antarctic. *Antarctic Science* 7:365-379.
- Kasuya, T. y Marsh, H. 1984. Life history and reproductive biology of the short-finned pilot whale *Globicephala macrorhynchus*, off the Pacific Coast of Japan. Pp. 259-310, in *Reproduction in whales, dolphins, and porpoises* (W. F. Perrin, R. L. Brownell, Jr., Jr., and D.P. DeMaster, eds.) Rept. Internat. Whaling Comm, Spec. Issue, 6:1-495.
- Katona, S., Baxter, B., Brazier, O., Kraus, S., Perkins, J. y Whitehead, H. 1979. Identification of humpback whales by fluke photographs. Pp 33-44. In: H.E. Winn and B.L. Olla (eds.), *Behavior of Marine Mammals*, Vol.3 : Cetaceans. Plenum Press, New York, London. 438 pp.
- Kinder, T.H., Parrilla, G., Bray, N.A. y Burns, D.A. 1988. The hydrographic structure of the Strait of Gibraltar. In: Almazan, J.L., Bryden, H., Kinder, T., Parrilla, G. (eds) *Seminaria sobre oceanografía física del Estrecho de Gibraltar*, Madrid, 24-28 October 1988, p 55-67.
- Kuningas, S.M., Similä, T. y Hammond, P.S. 2007. Population dynamics of killer whales (*Orcinus orca*) off northern Norway presented to the IWC Scientific Committee, June 2007, Anchorage, Alaska, USA. 10pp.
- Lacombe, H. y Richez, C. 1982. The regime of the Strait of Gibraltar. In: Nihoul, J.C.J. (ed.) *Hydrodynamics of semi-enclosed seas*. Elsevier, Amsterdam, pp. 13-73.
- Leatherwood, J. y Dahlheim, M. Worldwide distribution of pilot whales and killer whales. Technical report, Naval Ocean System Center Technical Report, 3 (1). 1978, 10-11.
- Mikhalev, Y. A., Ivashin, M. V., Savusin, V. P. y Zelenaya, F. E. 1981. The distribution and biology of killer whales in the Southern Hemisphere. *Report Internat. Whaling Comm.* 31:551-566.
- Mittchell, E. D. 1970. Pigmentation pattern evolution in delphinid cetaceans: an essay in adaptive coloration. *Canadian J. Zool.*, 48: 717-740.
- Mitchell, E. D: 1975. Report on the meeting on small cetaceans, Montreal, April 1-11, 1974. *J. Fish. Res. Board Canada*, 32: 914-916.
- Mittchell, E. y Baker, A. N. 1980. Age of reputedly old killer whale, *Orcinus orca*, From Eden, Twofold Bay, Australia. Pp. 143-154, in *Age determination of toothed whales and sirenians* (W. F. Perrin and A. C. Myrick, eds.) Rept. Internat. Whaling Comm., Spec. Issue, 3: 1-229.

- Nishida, T. and Shiba, Y., 2005. Report of the predation survey by the Japanese commercial tuna longline fisheries (September, 2000–December, 2004). Technical Report (IOTC/WPTT/2005). National Research Institute of Far Seas Fisheries, Shizuoka, Japan, 17 pp.
- Nishiwaki, M. y Handa, C. 1958. Killer whales caught in coastal waters off Japan. Sci. Rept., Whales Res. Inst., 13: 85-96.
- Olesiuk, P., Bigg, M.A. and Ellis. 1990. Life history and population dynamics of resident killer whales off British Columbia and Whashington State Rept. Int. Whal. Commn. (special issue 12) 209-244.
- Ottensmeyer, C. A. and Whitehead, H. 2003. Behavioural evidence for social units in long-finned pilot whales. Can.J.Zool, 81, 1327-1338.
- Pérez Jorge, S. 2007. Estudio de abundancia absoluta y residencia del delfín mular (*Tursiops truncatus*) en el Estrecho de Gibraltar. Diploma de Estudios Avanzados. Universidad de Cádiz.
- Perrin, W. F. y Myrick, Jr. 1980. Age determination of toothed whales and sirenians. Rept. Internat. Whaling. Comm., Spec. Issue, 3:1-229
- Perrin, G. y Pilleri, O. 1982. Catalogue of the fósil odontocetes (Cetacea) in the Bologna Giovanni Cappellini Museum of Paleontology with a description of a new species of Hoplocetus (Physeteridae). Memorie di Scienzo Geologiche, 35: 292-317 + 18 pls.
- Perrin, W. F. y Reilly, S. B. 1984 Reproductive parameters of dolphins and small whales of the family Delphinidae. Pp. 97-134 in Reproduction in whales, dolphins, and porpoises (W. F. Perrin, R. L. Brownell, Jr., and De Master D. P., eds.). Rept. Internat. Whaling Comm. Spec. Issue 6:1-495.
- Pitman, R. L. y Ensor, P. 2003. Three forms of killer whales of the family Delphinidae. Pp97-134 in Reproduction in whales, dolphins and porpoises (W. F. Perrin, R. L. Brownell, Jr., and De Master D. P., eds.). Rept. Internat. Whaling Comm. Spec. Issue 6:1-495.
- Pollock, K.H., Nichols, J.D., Brownie, C. y Hines, J.E. 1990. Statistical inference for capture-recapture experiments. Wildlife Monographs 107: 1-97.
- Poncelet, E., Guinet, C., Mangin, S. y Barbraud, C. 2002. Life history and decline of killer whales in the Crozet Archipelago, Southern Indian Ocean. Fourth International Orca Symposium and Workshops, September 23-28 2002, CEBC-CNRS, France.
- Poncelet, E., Barbraud, C. y Guinet, C. Population dynamics of killer whales (*Orcinus orca*) in Crozet Archipelago, southern Indian Ocean: a mark-recapture study from 1977 to 2002. In press in Cetacean Research and Management.
- Pyle, P., Schramm, J., Keiper, C. y Anderson, S.D. 1999. Predation on a white shark (*Carcharodon carcharias*) by a killer whale (*Orcinus orca*) and a possible case of competitive displacement. 1999. Marine Mammal Science. 15 (2): 563-568.
- Reeves, R. y Notarbartolo di Sciara, G. (compilers and editors). 2006. The status and distribution of cetaceans in the Black Sea and Mediterranean Sea. IUCN Centre for Mediterranean Cooperation, Malaga, Spain 137 pp.
- Renner, M. y Bell, K. 2008. A white killer whale in the Central Aleutians. Artic Vol., 61, No. 1: 102-104.
- Reul, A. Vargas, J.M., Jiménez-Gómez, F., Echevarría, F., García Lafuente, J. y Rodríguez, J. 2002. Exchange of plankton biomass through the Strait of Gibraltar in late summer conditions. Deep-Sea res. Part II 49:4131-4144
- Rice, D.W. 1968. Stomach contents and feeding behavior of killer whales in the eastern North Pacific. Norsk. Havif., 57: 35-38.

- Richard, J. 1936. Documents sur les Cétacés et Pinnipèdes provenant des campagnes du Prince Albert Ier de Monaco. Résultats des Campagnes Scientifiques, Fasc. XCIV. Imprimerie de Monaco. 72 pp + 8 plates.
- Robeck, T. y Monfort, S. 2006. Characterization of male killer whale (*Orcinus orca*) sexual maturation and reproductive seasonality. *Theriogenology*, 66 (2): 242 - 250
- Rouseel, E., 1999. Les cétacés dans la partie orientale du Détroit de Gibraltar au printemps : indications écologie. Master thesis. Ecole Pratique des Hautes Etudes, Montpellier, France.
- Saayman G.S., Bower D. y Taylor C.K. 1972. Observations on inshore and pelagic dolphins on the south-eastern Cape Coast of South Africa *Koedoe*, 15, 1-24.
- Sampera C., Aguilar A. 1992. Modern Whaling off the Iberian Peninsula during 20<sup>th</sup> Century. *Rep. Int. Whal. Commn.* 42:723-730.
- Saulitis, E., Matkin, C., Barret-Lennard, L., Heise, K. y Ellis, G. 2000. Foraging strategies of sympatric killer whale (*Orcinus orca*) populations in Prince William Sound, Alaska. *Marine Mammal Science* 16:94-109.
- Sanz, J.L., Acosta, J., Herranz, P., Palomo, C. y San Gil. C., (1988) Mapa Batimétrico del Estrecho de Gibraltar. Proyecto Hércules 1980-1983, Instituto Español de Oceanografía
- Scheffer, V. B. y Slipp, J. W. 1948. The whales and dolphins of Washington state and a key to the cetaceans of the best coast of North America. *AMER. Midland Nat.*, 39: 257-337.
- Sergeant, D. E. y Fisher, H: D. 1957. The smaller Cetacea of the eastern Canadian waters. *J. Fish. Res. Board Canada*, 14: 83-115.
- Sigurjonsson, J. y Leatherwood, S. Editors. 1988. North Atlantic killer whales. *Rit Fiskideilbar* 11: 1-317.
- Silvani, L., Gazo M. y Aguilar A., 1999. Spanish drifnet fishing and incidental catches in the western Mediterranean. *Biological Conservation* 90:79-89.
- Similä, T., J. C. Holst, y I. Christensen. 1996. Occurrence and diet of killer whales in northern Norway: seasonal patterns relative to distribution and abundance of Norwegian springspawning herring. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 53: 769–779.
- Sivasubramaniam, K., 1964. Predation of tuna longline catches in the Indian Ocean, by killer whales and sharks. *Bulletin of the Fisheries Research Station*, 17, 221–236.
- Tarpy, C. 1979. Killer whales attack. *Nat. Geogr.* 155:542-545.
- Tomich, P.Q. 1969. *Mammals in Hawaii*. Bishop Museum Press, Honolulu, Hawaii, Honolulu.
- Tomilin, A. G. 1957. *Mammals of the USSR and adjacent countries*. Vol. 9: Cetacea. English translation 1967 by Israel Program for scientific Translation, Jerusalem, 717 pp.
- Van Ginneken, A.M., y D.K. Ellifrit. 1998. Orca survey field guide to orcas of the Pacific northwest – the southern resident community. Center for Whale Research, Friday Harbor, WA.
- Van Greem, A. y Boyle, E. 1988, Atlantic water masses in the Strait of Gibraltar: inversion of trace metal data. In: Almazan, J.L., Bryden, H., Kinder, T., Parrilla, G. (eds.) *Seminario sobre la oceanografía física del Estrecho de Gibraltar*. Madrid, 24-28 Octubre, 1988, p-68-80.
- Vargas 2005. *Cazadores de ballenas en el Golfo de Cadiz*. Ed. Jaime Conde, ISBN 84-09-5853-1. 122pp.
- Verborgh, P., de Stephanis, R., Pérez, S., Jaget, Y., Barbraud C., Guinet, C. Survival rate, abundance and residency of long-finned pilot whales between 1999 and 2005 in the Strait of Gibraltar. *Marine Mammal Science*. In press.
- Vikingsson, G., Sigurjonsson, J. y Simila, T. 2002. Photoidentification of killer whales in Iceland waters. Fourth International Orca Symposium and Workshop. September 23-28, 2002. CEBC-CNRS, France.

- Visser, I.N., Smith, T.G., Bullock, I.D., Green, G.D., Carlsson, O.G. y Imberti, S. 2008. Antarctic peninsula killer whales (*Orcinus orca*) hunt seals and a penguin on floating ice. *Marine Mammal Science*, 24 (1): 225-234.
- Wade, P. R. y Gerrodette, T. 1993. Estimates of cetacean abundance and distribution in the eastern tropical Pacific. Report of the International Whaling Commission 43: 477-493.
- Wells R.S., y Scott M.D. 1990. Estimating bottlenose dolphins population parameters from individual identification and capture-release techniques. Report of the International Whaling Commission 12: 497-415.
- White G.C. y Burham, K.P. 1999. Program MARK: Survival estimation from populations of marked animal. *Bird Study*, 46:120-138.
- Whitehead, H. 1995. Investigating structure and temporal scale in social organizations using identified individuals. *Behav. Ecol.* 6: 199-208.
- Whitehead, H. 1997. Analysing animal social structure. *Anim. Behav.* 53: 1053-1067.
- Whitehead, H. 1999. Testing association patterns of social animals. *Anim. Behav.* 57: F26-F29.
- Whitehead, H. 1999. SOCROG statistical modules. Ver. 1.2. Available at <http://is.dal.ca/~hwhitehe/social.htm> [accessed before 1 November 2001].
- Whitehead, H.A.L., Gowans, S., Faucher, A. y McCarrey, S. 1997. Population analysis of northern bottlenose whales in the Gully, Nova Scotia. *Mar. Mammal Sci.* 13(2):173-185.
- Williams J.A., Dawson S.M. y Sooten E. 1993. The abundance and distribution of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Doubtful Sound, New Zealand. *Cyian Journal of Zoology* (10): 20280-2088.
- Zerbibi, A.N., Waite, J.M., Durban, J.W., LeDuc, R., Dahlheim, M.E. and Wade, P.R. 2006. Estimating abundance of killer whales in the nearshorewaters of the Gulf of Alaska and Aleutina Islands using line-transect sampling. *Mar. Biol.*



## Anexo I

---

Este trabajo se presentó en formato poster en el Congreso Anual de la Sociedad Europea de Cetáceos del año 2008, realizado en Holanda, y obtuvo el premio **“Undergraduate Poster Award”**



ruth@circe-asso.org

# ARE THE INTERACTIONS WITH TUNA FISHERIES A NEGATIVE ISSUE FOR THE KILLER WHALES IN THE STRAIT OF GIBRALTAR?



Esteban, R. (1), De Stephanis, R. (1), Verborgh, P. (1), Perez, S. (1), Jaget, Y. (1) García Tiscar, S (2) & Guinet, C. (3) *Almunia, J. (4)*

(1) CIRCE (Conservation, Information and Research on Cetaceans), Cabeza de Manzaneda 3, Pelayo 11390, Algeciras, Spain.

(2) Departamento de Ecología de la Universidad Autónoma de Madrid

(3) Centre d'Etudes Biologiques de Chizé, CNRS UPR 1934, 79 360 Villiers en Bois

(4) Loro Parque, Avda Loro Parque s/n. 38400, Puerto de la Cruz, Tenerife, Canary Islands, Spain



## Introduction

Killer whales have been described in the Strait of Gibraltar associated with tuna fisheries for at least 2000 years. Recently a joined ACCOBAMS-UICN workshop recommended to include this subpopulation in the category of critically endangered. The aim is to study the abundance, social structure and life history parameters of the killer whales of the Strait of Gibraltar.

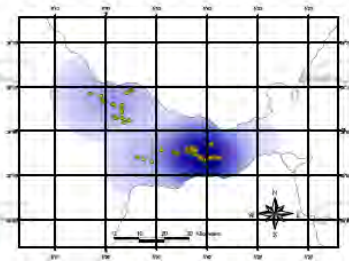
## Methods

Random transects were conducted through the study area. During a sighting of killer whales, pictures of their dorsal fins were taken using a photo-identification protocol. Social structure was analyzed with the program Socprog 3.2, performing a cluster analysis and the lagged association rate (LAR) (Whitehead 1995, 1997). Annual capture-recapture data was analyzed with Cormack-Jolly-Seber (CJS) model in the program MARK (White and Burnham 1999) to estimate survival rates. ADNmt was analyzed to know the relationship between mother and calves and the gene diversity was also analyzed. Life history parameters were calculated as follows:

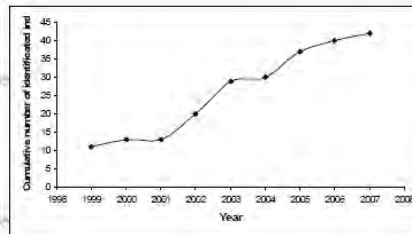
$$\text{Fecundity rate} = \frac{1}{\text{Birth interval}} \quad \text{Birth rate} = \frac{B}{Nt} = \frac{B}{(N \cdot T)} \quad \text{Mortality rate} = \frac{D}{Nt} = \frac{D}{(N \cdot T)} \quad \text{Population growth rate} = \frac{(B-D)}{Nt} = \frac{(B-D)}{(N \cdot T)}$$

## Results

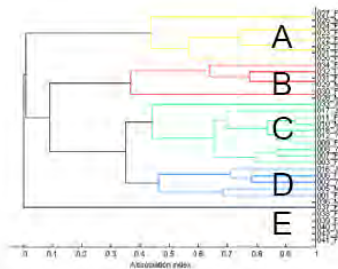
The 68 sightings realized (Fig. 1) showed that 42 different individuals are present in the area (Fig. 2). All the pods were observed using the tuna exhaustion feeding strategy. Pods B, C and D (Fig. 3) were also observed interacting with the long line fishery in summer. The genetic analysis show that pod A has the SR haplotype also found in the southern residents in the North Pacific and the rest of the world, and pod B, C and D have the same haplotype found in Brazil.



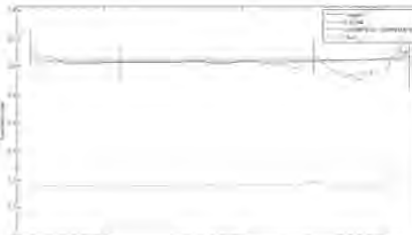
**Figure 1.** Distribution map with a concentrated area close to Barbarte where they use the exhaustion technique to catch tuna, and the second one in the middle of the Strait, where they interact with the tuna fisheries.



**Figure 2.** Discovery curve of individual killer whales in the Strait of Gibraltar.



**Figure 3.** Cluster analysis most individuals sighted repeatedly, were sighted with preferred companions. 50% of them were seen at least 70% of the days with the same companion, and 88% were linked to another individual.



**Figure 4.** Lagged association rate (LAR). The best fixed model is Rapid disassociations + constant companions, and Rapid disassociation+ casual acquaintances

**Table 1. Estimation of life history parameters.**

Parameter	Results
Survival rate	0,989 (95% CI: 0,928-0,998)
Life span	90 years (95% CI: 13,89-500)
Survival rate for juveniles	0,968 (95% CI: 0,811-0,995)
Mortality rate	0,011
Mortality rate for juveniles	0,013
Birth rate	0,066
Population growth rate	1,053
Calving interval	4,25 years (95% CI: 2,66-5,84)
Fecundity rate	0,235
% Juveniles	25
% Females	56
% Males	19

## Discussion

The social structure show the typical structure for the species with a matrilineal structure, with constant companions that stay together all their live and casual disassociation (Fig.4), that would represent associativity with other individuals with the aim of reproduction (Bigg et al. 1990). The life history parameters (Table 1) are similar to those observed for resident killer whales in the North Pacific. However the observed population growth rate ( $\lambda=1.053$ ) and birth intervals (4.25 years) are respectively higher and lower compared to the North Pacific resident population. These results raise the question of the possible demographic consequences of the interactions between killer whales and long line fisheries. This interaction might allow them to increase their energetic gain and invest it in reproduction. This matriline could transmit this knowledge from mothers to calves.



## Conclusion

- The number of killer whales in the Strait is 42 individuals. Nowadays with the confirmed death of 3 individuals, the population status should be 39 individuals.
- They are structured in 5 pods, belonging to 3 social groups with two different haplotypes, which means that they belong to at least two different matriline.
- The life history parameters of the population that interacts with the tuna fishery (Pod B, C, D), are similar to other populations, however it seems that birth intervals and population growth rates are higher than the other studied killer whale populations.
- The energy expenditure to hunt tunas seems to be reduced by the killer whales, through interactions with the tuna fisheries of the Strait, which could explain the high birth rates and low birth intervals of the females that belong to the pods that interact with tuna fisheries.

## Acknowledgments:

This results could not be possible without the help of all the volunteers and researchers that helped us in this work. Furthermore to Fundación Loro Parque and Fundación Biodiversidad.



## References

Bigg, M.A., Oleson, P.F., Ellis, G.M., Ford, J.P.R. y Baker, K.C. 1990. Social organization y genealogy of resident killer whales (Orcinus orca) in the coastal waters of British Columbia y Washington State. *Prog. in Whal. Conserv. Special Issue* 12: 305-406.

White, G.C. y Burnham, K.P. 1990. Program MARK: Survival estimation from populations of marked animals. *Biometrics* 46: 513-518.

Whitehead, H. 1995. Investigating structure y temporal scale in social organizations using identified individuals. *Behav. Ecol. S.* 10: 104-106.

Whitehead, H. 1997. Assessing social structure. *Anim. Behav.* 55: 1065-1067.

Whitehead, H. 1999. Testing association patterns of social animals. *Anim. Behav.* 57: 325-327.



**EUROPEAN CETACEAN SOCIETY**  
**22<sup>nd</sup> Annual Conference**  
**Egmond aan Zee, Netherland**  
March 10-12, 2008

**Student Award**

This is to certify that

**R. Esteban**

was awarded as best undergraduate poster, category 4

Sami Hassani  
Chair of the student award committee