

## Aplicación de nuevas técnicas en la evaluación de la contaminación acústica sobre poblaciones de cetáceos

### 1. Introducción

Existen muy pocos indicadores de la salud de nuestros océanos más indicativos que el propio estado de conservación de las poblaciones de mamíferos marinos. Distribuidos por todos los mares y océanos del planeta, estos animales tienen ciclos de vida largos, se integran en grupos sociales complejos y se sitúan en las posiciones más altas de la red trófica marina, por lo que concentran los contaminantes, están expuestos a organismos patógenos y permiten visualizar muchas de las interacciones entre el medio marino y el hombre.

A lo largo de setenta millones de años de adaptación al medio marino, los cetáceos han desarrollado los cambios necesarios para utilizar las ondas sonoras para orientarse, comunicarse o alimentarse. Desafortunadamente, desde mediados del siglo XX, la proliferación de motores, hélices, sónares y explosiones han convertido los océanos en un medio ruidoso que dificulta la comunicación, orientación y alimentación de los cetáceos.



Adulto y juvenil de calderón gris (*Grampus griseus*). Una de las funciones de los sonidos que emiten los cetáceos es la comunicación social. (Foto: A. Lorente)

## 2. Problemática

La contaminación acústica en los océanos y su efecto en las comunidades de mamíferos marinos es un problema medioambiental grave por dos razones: se desconoce el grado de impacto que puede generar en las comunidades y es un tipo de contaminación no regulado ni controlado.

Esta contaminación, producida en un amplio rango de frecuencias y niveles, tiene un origen primario diverso: barcos, seísmos, sonares, explosiones y la actividad industrial. Sin embargo, el tráfico de embarcaciones pequeñas y grandes produce los sonidos de baja frecuencia causados por el hombre de mayor alcance. Un tono de 6,8 Hz de un petrolero gigante puede ser detectado a una distancia de entre 139 y 463 km, con fuentes de niveles de 190 dB (Gordon y Moscrop, 1996; National Research Council 2003).

Los cetáceos son altamente dependientes de su aparato auditivo para su supervivencia. Muchas especies utilizan sonidos para localizar presas, navegar y comunicarse, alcanzando distancias considerables en el caso de numerosas especies de grandes ballenas.

Los cetáceos emiten dos clases de sonidos, unos de alta frecuencia, llamados *clicks*, utilizados para la ecolocalización y sonidos de baja frecuencia denominados silbidos, que utilizan generalmente para comunicarse. Los odontocetos son los únicos cetáceos que han adquirido una verdadera capacidad de ecolocalización, mientras que los misticetos utilizan sonidos de baja frecuencia para comunicarse.

Varios estudios referentes a las respuestas de los cetáceos a la contaminación acústica observan que éstos tratan de evitar las fuentes de ruido, que pueden provocar alteraciones en su comportamiento. Algunos odontocetos ocasionalmente se acercan a embarcaciones y nadan paralelos a ellas, y ciertos cetáceos habituados al tráfico marino se aproximan a los barcos, aparentemente para socializar (Lusseau, 2003; National Research Council, 2003). Pero el efecto del ruido en la fisiología y psicología de los mamíferos marinos está muy poco estudiado.

Obtener valores sobre la distribución y la abundancia de las diferentes especies de cetáceos es imprescindible para lograr una correcta gestión de la conservación de sus poblaciones. Para ello, es necesario realizar campañas de gran escala geográfica como la realizada por el *Vell Marí* dentro del proyecto "la Caixa" a favor del mar. Este estudio centra su esfuerzo en proporcionar conocimientos



fundamentales de distribución y abundancia relativa de cetáceos y su exposición a la contaminación acústica en las aguas canarias.

## **2. Campaña del *Vell Marí***

El tráfico de embarcaciones constituye una de las fuentes de contaminación acústica más importantes.  
(Foto: A. Lorente)

Dentro de la ruta del *Vell Marí* en aguas canarias se han realizado una serie de campañas encaminadas al estudio de poblaciones de cetáceos y a medir la contaminación acústica existente en diferentes zonas de trabajo. Para ello se ha dispuesto de una tecnología pionera en Europa que ha permitido realizar un registro de larga duración y de gran calidad en el canal existente entre las islas de Gran Canaria y Tenerife. La instalación de estos sistemas denominados EARS (*Ecological Acoustic Recorder System*) se ha realizado entre los días 30 de enero y 15 de febrero del 2007.



Localización de los puntos donde se han instalado los dispositivos EARS. (Imagen satélite: NASA)

El estudio que se ha realizado en aguas canarias, y en el que se han instalado los dos sistemas EARS, se ha hecho en colaboración con Manolo Castellote, investigador del Oceanográfico de Valencia y del Instituto Cabanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva de la Universidad de Valencia. El objetivo ha sido detectar la abundancia relativa de las diferentes especies de cetáceos, registrar los niveles de contaminación acústica en la zona de estudio y relacionar la presencia de cetáceos con el grado de ruido existente.

### 3.1. Descripción de la metodología



Sistema EARS instalado por el *Vell Marí* en las islas Canarias. (Foto: A. Lorente)

Los sistemas EARS son mecanismos estáticos, fijados a una determinada profundidad, que tienen la capacidad de grabar cualquier sonido del fondo marino en tiempo real y durante un largo periodo de tiempo.

Este sistema de registro puede detectar y almacenar cualquier sonido en una frecuencia que oscila entre 0 Hertzios y los 24 Kilo hertzios, con una frecuencia de muestreo programable. Ha sido desarrollado gracias a un acuerdo de colaboración establecido entre la Fundación CRAM y el Oceanwide Science Institute de la Universidad de Hawái. Se trata de un sistema pionero en Europa del que existen sólo 23 unidades en todo el mundo.

Para la colocación e instalación de los EARS en aguas canarias se ha realizado un convenio de colaboración con Puertos del Estado, organismo dependiente del Ministerio de Fomento. Este acuerdo ha permitido el uso de las boyas de la Red de Aguas Profundas que utiliza este organismo para la obtención de datos oceanográficos. Las boyas que se han utilizado para la instalación de los EARS están situadas al sur de Tenerife (punta Rasca  $28^{\circ} 0'N - 16^{\circ} 34,8'W$ ) y al norte de la isla de Gran Canaria (punta Sardina  $28^{\circ} 11,4'N - 15^{\circ} 48,6'W$ ).



Los sistemas de registro de sonido EARS se han instalado en las boyas oceanográficas existentes entre las islas de Gran Canaria y Tenerife. (Foto: A. Lorente)

La localización de estas boyas ha permitido registrar los sonidos generados por la actividad de las diferentes poblaciones de cetáceos y el provocado por la actividad

antrópica en el canal existente entre las dos islas, donde hay un elevado tráfico marítimo. Los EARS se han programado mediante una conexión y *software* específico que ha permitido registrar 270 archivos de sonido con una frecuencia de muestreo de 64.000 Hertzios.

```
Persistor CF2 SN:6701 BIOS:4.2 PicoDOS:4.2

-----
Environmental Acoustic Recorder
ear.c: Sep 4 2006 17:58:00
-----

Doing power-on self-test
Battery voltage = 10.572
Mounting hard disk drive - This may take a minute...
D: was not, and is not mounted
Turning on BI25-0...
Mounting D:

1 Current date & time      = Wed Feb  7 12:08:03 2007
2 Sample rate (samples/sec) = 2000
3 Recording ON time (seconds) = 300
4 Recording Period (seconds) = 1800
5 Low Battery cutoff (volts) = 6.50
6 Recorder Start Time     = Now
7 Event Sub-menu
8 Start Recorder
9 Exit to EAR-PicoDOS

Type a number (1-9)
Valid sample rates are:
1000 1024 1250 1280 1600 2000 2500 2560 3125 3200
4000 5000 5120 6250 6400 8000 10000 12500 12800 15625
16000 20000 25000 25600 31250 32000 40000 50000 62500 64000
Enter new sample rate in samples/sec [2000] ? 64000

Type a number (1-9)
Deployment directory is D:\EAR00000
Starting Recorder, first sample Wed Feb  7 11:14:09 2007
Normal periodic recording
Recording to 00000000.MOT
```

Detalle de la programación que se ha realizado en el EARS instalado en la boya oceanográfica situada al sur de Tenerife.

#### 4. Resultados

Los datos obtenidos por el registro de los sistemas EARS han generado ficheros con las siguientes características:

- Frecuencia de muestreo: 64.000 Hertzios
- Duración de cada archivo: 42 minutos
- Intervalo de espera entre grabaciones de archivos: 2 minutos 30 segundos
- Número total de archivos: 270 (189 horas de grabación)
- Periodo de registro: 7/2/07 12:39pm hasta 15/2/07 11:03am

#### 4.1. Resultados de la detección de *clicks* de ecolocalización

La presencia de *clicks* de odontocetos es evidente en la mayoría de los días registrados (fig. 1), destacando tres periodos: 7, 10 y 13 de febrero (fig. 2) cuando alcanzan un máximo de 67.000 *clicks* por hora. La ausencia de largos periodos de silencio sugiere que esta zona es habitualmente utilizada por odontocetos, al menos durante el mes de febrero. Los *clicks* son más abundantes al atardecer y durante la noche (fig. 3) para el periodo muestreado. Estos resultados indican que la presencia de odontocetos en esta área está probablemente vinculada a desplazamientos de carácter diario hacia aguas profundas por la tarde, permaneciendo en la zona durante la noche. Esta característica sugiere que la zona de muestreo podría ser utilizada por los odontocetos como área de alimentación nocturna.

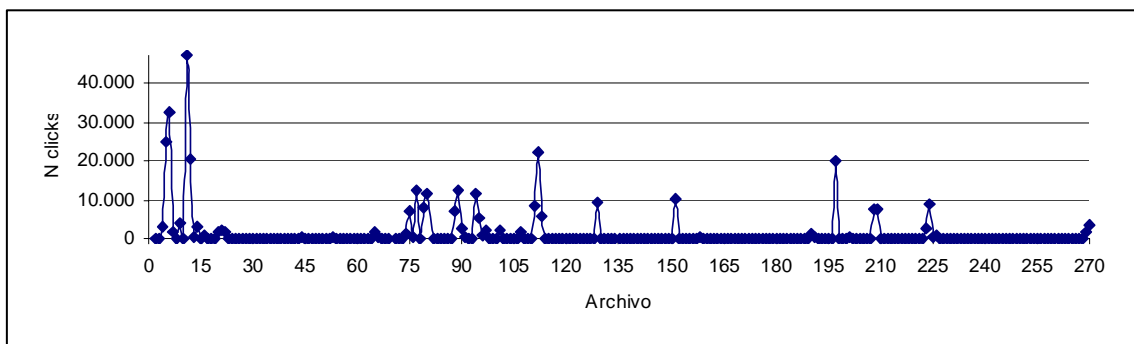


Figura 1. Número total de *clicks* detectados por archivo.

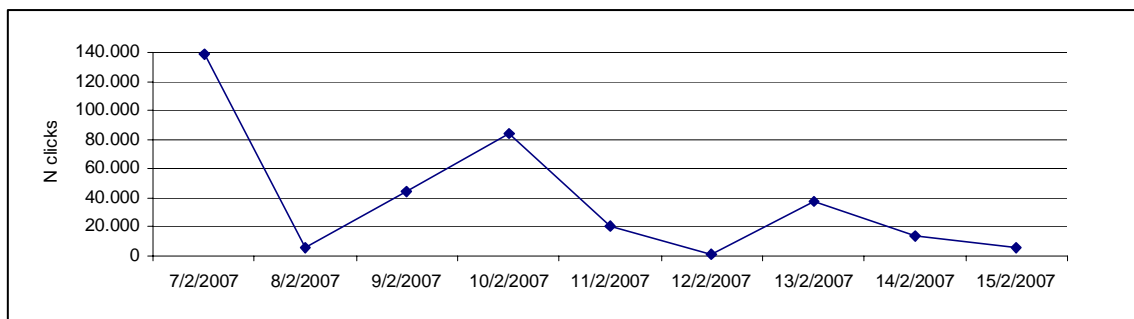
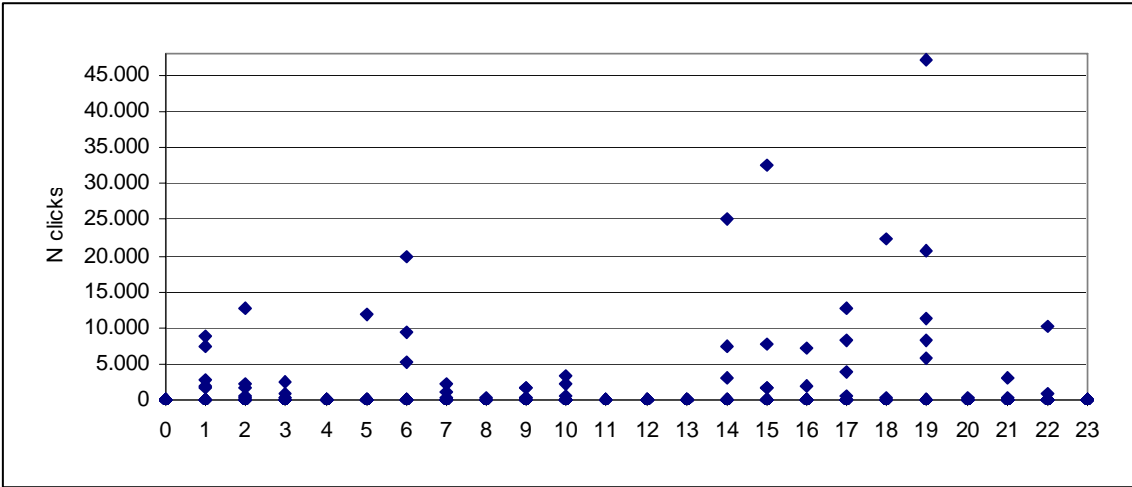


Figura 2. Número total de *clicks* registrados por día de muestreo.



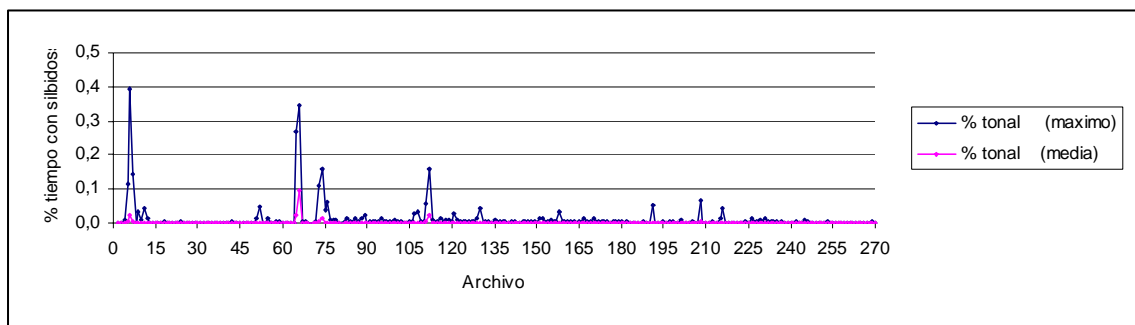
FUNDACIÓN PARA LA CONSERVACIÓN Y  
RECUPERACIÓN DE ANIMALES MARINOS



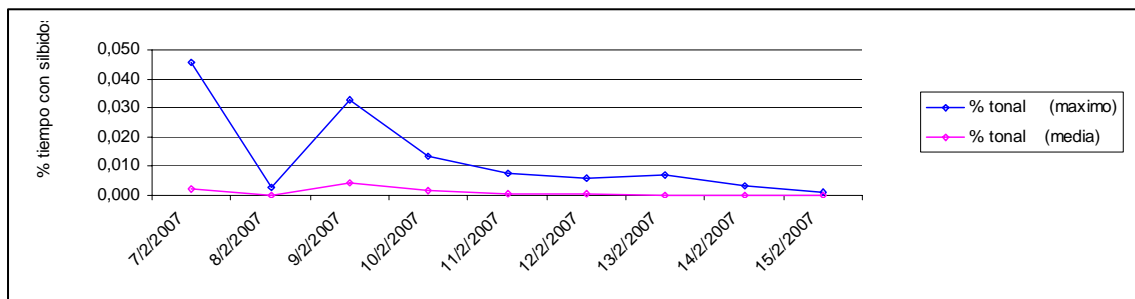
## 4.2. Resultados de la detección de silbidos

La presencia de silbidos en el rango de frecuencias característico de los cetáceos es menor al de los *clicks* de ecolocalización. La tendencia observada sigue un patrón similar a la de los *clicks* (figs. 4 y 5), indicando que la emisión de silbidos es coincidente con la actividad de ecolocalización. En algunos casos concretos (ej. archivos 77 y 80 del día 9 de febrero) donde la elevada detección de *clicks* no coincide con la detección de silbidos podría explicarse por la presencia de calderón tropical (*Globicephala macrorhynchus*), cuyo carácter tonal es menor al de otras especies de delfines, o incluso de cachalote (*Physeter macrocephalus*) que sólo emite *clicks*, aunque aún no se han realizado análisis detallados para identificar las especies registradas.

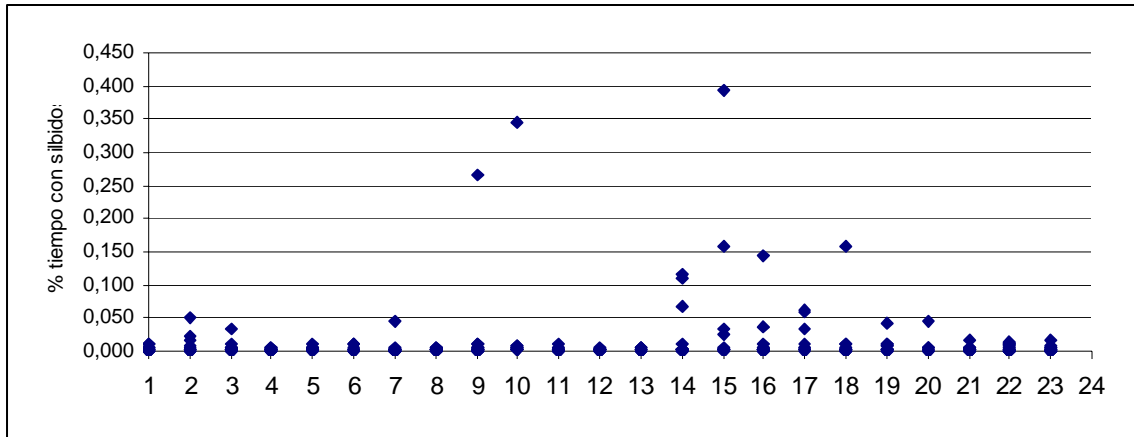
Los silbidos son más abundantes durante el atardecer y muy bajos o ausentes durante la noche. Estos resultados indican que el comportamiento que predomina durante las horas de luz y especialmente por la tarde es de carácter social (fig. 6). Comparando estos resultados con los presentados en la figura 3, la actividad acústica manifiesta comportamientos sociales durante el día y la tarde, y de alimentación durante la tarde y la noche.



**Figura 4.** Porcentaje de tiempo con silbidos por archivo. Azul: valores máximos. Rosa: valores medios.



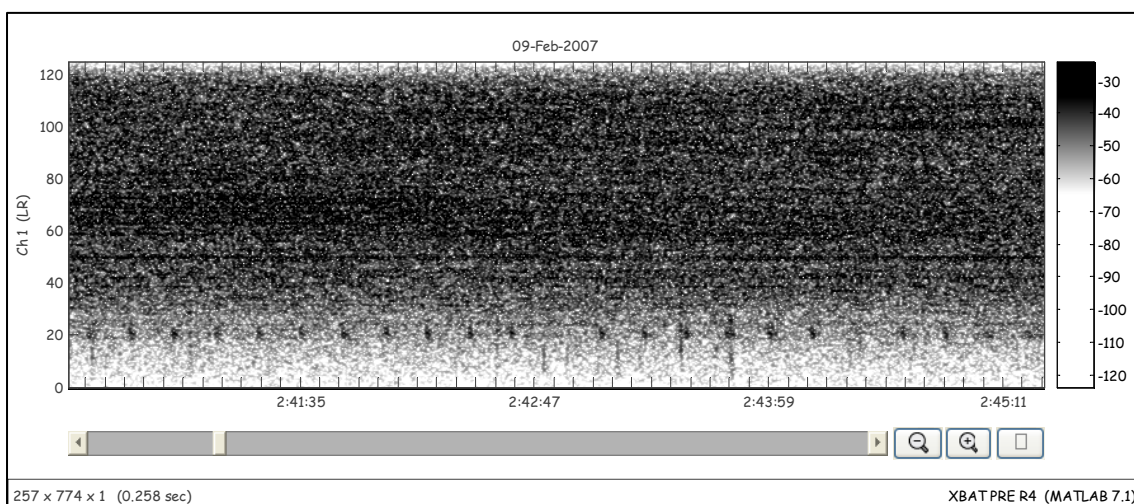
**Figura 5.** Porcentaje de tiempo con silbidos por día. Azul: valores máximos. Rosa: valores medios



**Figura 6.** Porcentaje de tiempo con silbidos para cada hora del día. Los valores más elevados se encuentran entre las 09:00 y las 18:00h.

### 4.3. Resultados de la detección de mysticetos

Este análisis aún no ha sido finalizado, pero hasta la fecha se ha detectado la presencia de rorcual común (*Balaenoptera physalus*) al menos en dos períodos: el día 9 de febrero en dos ocasiones (de 2:08 a 3:14am y de 5:04 a 6:27am), así como el día 12 de febrero (de 1:56 a 2:29am). Las vocalizaciones de esta especie se presentan en la figura 7.



**Figura 7.** Espectrograma de una sección del registro del día 9 de febrero entre las 2:40 y las 2:45 am donde se observan los pulsos de 20 Hz característicos del rorcual común.



La cantidad de registros de sonido aportados tras las campañas realizadas con los sistemas EARS en aguas canarias ha hecho imposible terminar la detección de misticetos, identificar las diferentes especies de odontocetos, y finalizar el análisis de ruido ambiente.

## 5. Conclusiones

Una de las principales amenazas para los cetáceos está relacionada con el incremento exponencial del tráfico marítimo en las últimas décadas. Los ruidos de baja frecuencia producidos por grandes barcos y las altas frecuencias que emiten las pequeñas embarcaciones pueden tener grandes efectos sobre pequeños cetáceos (Richardson *et al*, 1995; Gordon y Moscrop, 1996).

El estudio de Zacharias y Gregr (2004) encontró que la vulnerabilidad de dos grupos de ballenas sometidas a cuatro tipos de estrés acuático (tráfico de transbordadores, tráfico de barcos comerciales, tráfico de embarcaciones pequeñas y potencial producción de petróleo lejos de la costa) fue relativamente similar. Sin embargo, las especies cercanas a la costa fueron más sensibles a las actividades costeras como la producción de hidrocarburos o el tráfico de transbordadores y de pequeñas embarcaciones.

Tres de las regiones más importantes para los cetáceos en las costas españolas (las islas Canarias, la zona costera de Galicia y el mar de Alborán) son puntos claves para el tráfico marítimo internacional. Más de un 20% de este tráfico marítimo transita por estas aguas. Además de los buques mercantes, hay que resaltar la proliferación de embarcaciones dedicadas al turismo de avistamiento de cetáceos y otras, como motos acuáticas o embarcaciones ligeras, que causan molestias generadas por la persecución reiterada a los animales. En la actualidad, únicamente en las islas Canarias existe una legislación que evita el acercamiento inadecuado de estas embarcaciones a los cetáceos, que puede no sólo ocasionar un riesgo de colisión, sino también un estrés que puede poner en peligro a estos animales.

El enorme crecimiento del tráfico marítimo y la fragilidad de las diferentes poblaciones de cetáceos hace que sea fundamental el seguimiento del impacto de los fenómenos de contaminación acústica sobre la dinámica de las poblaciones de estos mamíferos marinos. Por lo tanto es recomendable la realización de estudios periódicos que permitan la detección de cualquier alteración sobre este grupo biológico tan vulnerable.

## 4. Literatura relacionada

- GORDON, J. & MOSCROP, A. 1996. "Underwater Noise Pollution and its Significance for whales and dolphins". M. P. Simmonds and J. D. Hutchinson editors. Wiley, New York. EEUU 281-320.

- GORDON, J.; GILLESPIE, D.; POTTER, J.; FRANTZIS, A.; SIMMONDS, M. & SWIFT, R. 1998. "The Effects of Seismic Surveys on Marine Mammals". Proceedings of the Seismic and Marine Mammals Workshop. 23 – 25 June. London – England.
- GUEVARA, C. 2004. "Muerte de Cetáceos por el Uso de Sónar LFAS en las Maniobras Militares Navales". OCEANA. Madrid – España.
- JÁCOME, J. 1990. "El Delfín Nada Hacia su Extinción". Carta Ecológica. Lagoven S.A. Caracas – Venezuela. N° 54. 4-6.
- LÓPEZ, A.; SAGARMINAGA, R. & LOSADA, S. 2003. "Cetáceos en un Océano Degradado: el Caso Español". Greenpeace y Sociedad Española de Cetáceos.
- LUSSEAU, D. 2003. "Effects of Tour Boats on the Behavior of Bottlenose Dolphins: Using Markov Chains to Model Anthropogenic Impacts". Conservation Biology. Vol. 17. 1785-1793.
- MALDONADO, D. & ALCALÁ, V. 1996. "Bioacústica en Cetáceos". Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad de Cádiz. Fundación Bitácora.
- MOORE, S. & CLARKE, J. 2002. "Potential Impacts of Offshore Human Activities on Gray Whales". Journal of Cetacean Resource Management 4 (1). 19-25.
- *N.R.C. -National Research Council-. 2003. "Ocean Noise and Marine Mammals". The National Academies Press. Washington D.C. – E.E.U.U.*
- RICHARDSON, W.; GREENE, C.; MALME, C. y THOMPSON, D. 1995. "Marine Mammals and Noise". Academic Press. San Diego – E.E.U.U.
- WILLIAMS, R.; BAIN, D.; FORD, J. & TRITES, A. 2002. "Behavioural Responses of Male Killer Whales to a "leapfrogging" Vessel". Journal of Cetacean Research and Management. Vol. 4. 305-310.
- ZACHARIAS, M. & GREGR, E. 2005. "Sensitivity and Vulnerability in Marine Environments: an Approach to Identifying Vulnerable Marine Areas". Conservation Biology. Vol. 19 N° 1. 86 - 97.