



Todos por la Mar
Conservación de Cetáceos y Tortugas en Murcia y Andalucía



LIFE02NAT/E/8610

**PROTOCOLOS ESPECIALES DE LAS REDES DE
VARAMIENTO Y CENTROS DE RECUPERACIÓN,
PARA LA MONITORIZACIÓN DE LOS EFECTOS DE
LAS PROSPECCIONES SÍSMICAS EN LA FAUNA
MARINA, ESPECIALMENTE EN LOS CETÁCEOS**

Marzo de 2005

Documento redactado por:

Josep M^a Alonso Farré

*Coordinador del Grupo de Trabajo de Centros de Recuperación
Sociedad Española de Cetáceos*

*Coordinador de las acciones relacionadas con Centros de Recuperación y Redes de
Varamiento del proyecto LIFE*

ÍNDICE DEL DOCUMENTO

1. Introducción	3
2. La campaña de prospecciones de Repsol en aguas costeras de Andalucía	6
3. Efectos en invertebrados y peces	7
4. Efectos en tortugas marinas	10
5. Efectos en cetáceos	11
a. <i>Lesiones físicas</i>	12
b. <i>Alteraciones en la percepción</i>	13
c. <i>Alteraciones en el comportamiento</i>	14
d. <i>Alteraciones por efecto del estrés</i>	15
6. Recomendaciones para Centros de Recuperación y Redes de Varamientos, para la monitorización de los efectos de las prospecciones	17
a. <i>Información sobre la campaña de prospección</i>	17
b. <i>Información sobre las especies que habitan la zona de prospección</i>	18
c. <i>Campaña de seguimiento</i>	19
d. <i>Estudio de la dinámica de varamientos</i>	19
e. <i>Realización de necropsias de cetáceos</i>	20
f. <i>Atención a cetáceos vivos</i>	21
g. <i>Necropsia de otras especies</i>	22
7. Conclusiones	23
8. Listado de contactos	25
9. Bibliografía	26

Documento de trabajo del proyecto de la SEC:

Todos por la Mar
Conservación de Cetáceos y Tortugas en Murcia y Andalucía
LIFE02NAT/E/8610

Marzo de 2005

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE CETÁCEOS

C/ Nalón, 16 La Berzosa E-28240 HOYO DE MANZANARES - Madrid - España
 Tel - Fax: + 34 91 856542 sec@cetáceos.com www.cetáceos.com

1. INTRODUCCIÓN

Las metodologías utilizadas en las prospecciones sísmicas realizadas en busca de recursos explotables del subsuelo marino, como el gas o el petróleo, se han mostrado muy perjudiciales para la fauna y los ecosistemas marinos. Explicado de manera muy sencilla, este tipo de prospecciones se realiza mediante la detonación de cañones de aire comprimido submarinos (“air-guns”) que producen ondas sonoras de hasta 250 decibelios que rebotan contra el fondo submarino de manera diferente, en función de lo que se encuentre debajo de éste (bolsas de gas, petróleo, roca, etc), y que al ser captadas de nuevo en la superficie, permiten establecer mapeados del subsuelo marino. Los efectos adversos que producen este tipo de fuentes de sonido han sido descritos en organismos planctónicos, invertebrados, peces, tortugas y aves marinas, y mamíferos marinos.

La inmensa riqueza biológica de las aguas costeras españolas se ve amenazada periódicamente, por diversas campañas de prospección sísmica en busca de recursos naturales explotables. En los últimos años, diversas organizaciones ambientalistas, y algunos organismos oficiales de investigación, han manifestado su preocupación por los efectos que estas operaciones puedan causar al ecosistema marino (Guerra *et al* 2004; Aguilar y Brito 2002).

Además, cabe destacar que las campañas de prospección son tan sólo la primera de las fases de la planificación del trabajo con objeto de extraer recursos naturales del subsuelo marino. Posteriormente a éstas, y una vez identificadas las posibles zonas con recursos extraíbles, se llevarán a cabo catas del subsuelo, y posteriormente se entrará de lleno en la fase extractiva. Todas estas operaciones introducen niveles muy altos de contaminación acústica en el medio marino, que en ocasiones resultan incompatibles con el desarrollo de las actividades vitales para muchos organismos marinos.

Los efectos negativos producidos por la contaminación acústica tienen además un efecto acumulativo, que es necesario estudiar a largo plazo. Hasta la fecha, los diversos estudios realizados sobre los efectos negativos en los organismos marinos han sido, en su gran mayoría, estudios a corto plazo. Las consecuencias a largo plazo son difíciles de estudiar y prever, pero en todo caso, deben ser tenidas en cuenta. Asimismo, si a los efectos negativos a

corto plazo se unen las consecuencias no demostradas, pero fácilmente extrapolables (aparición de patologías crónicas, afectación del sistema inmunitario por una tasa de estrés mantenida, efectos en la reproducción, etc), los efectos de las prospecciones sísmicas aparecen como un factor de riesgo para la supervivencia de algunas poblaciones amenazadas.

De todas formas, hay que tener muy en cuenta que los efectos tendrán diferentes grados de afectación entre las especies, e incluso se producirán diferencias intraespecíficas. Entre los factores que pueden condicionar estas respuestas de los organismos marinos pueden citarse las siguientes:

- La utilización del espacio y el tiempo en el que se desarrollen actividades extractivas,
- Las capacidad de migración en un momento dado,
- La importancia de las capacidades auditivas de las diferentes especies,
- La utilización del sonido en las actividades vitales de las diferentes especies,
- La especial conformación anatómica de ciertas especies que favorece la formación de lesiones producidas por sonidos intensos (estructuras transmisoras de sonido en cetáceos, vejiga natatoria en peces, etc),
- Los niveles de exposición a la contaminación acústica precedentes,
- La distancia a las fuentes de contaminación acústica,
- Las características de la fuente sonora que introduce la contaminación acústica en el medio.

Por todo ello, parece claro que los estudios realizados en otras zonas del mundo, deben considerarse como una pauta a seguir, pero en todo caso, es necesario realizar estudios específicos en cada una de las zonas donde se produzcan estas situaciones. Este hecho viene determinado por la existencia de diversos factores que pueden hacer variar considerablemente los efectos negativos: la orografía submarina que produce diferencias importantes en la transmisión de sonido, la presencia de corrientes, las especies presentes y el uso del hábitat por parte de éstas, así como factores de la propia metodología utilizada en las prospecciones.

La Sociedad Española de Cetáceos, a través de las acciones relacionadas con Centros de Recuperación (CR) y Redes de Varamiento (RV) del proyecto LIFE que desarrolla actualmente en Murcia y Andalucía, ha redactado este documento, que pretende establecer

unos protocolos de recogida de información generales durante y después de la realización de campañas de prospección submarina que se realicen utilizando métodos sísmicos, en las aguas del Mar de Alborán. La afectación de este tipo de pruebas se añade al listado de amenazas para la fauna marina de estas zonas, y deberán tenerse en cuenta en la redacción de los planes de conservación de las especies objetivo del proyecto.

El documento está estructurado de manera que se describe cómo los peces, tortugas y sobretodo sobre los cetáceos, pueden verse afectados por las prospecciones, recogiendo información acerca de los posibles efectos sobre estas especies que se han descrito en otras zonas, y finalmente, se incluyen las pautas generales que deberán ponerse en funcionamiento las RV y CR para intentar monitorizar estos efectos.

Aunque el documento está orientado a las actuaciones a realizar durante y después de las campañas de prospección sísmica que la empresa REPSOL tiene intención de realizar en aguas andaluzas, el documento y sobretodo, el análisis posterior de la información recogida siguiendo sus directrices, resultarán válidos para cualquier otra zona que pueda verse afectada por este tipo de operaciones.

Por su proximidad geográfica, y al ser zonas de posible influencia de los efectos negativos de las prospecciones en aguas malagueñas, se envía este documento de trabajo a las Redes de Varamiento y Centros de Recuperación de Andalucía, Murcia y Ceuta.

2. LA CAMPAÑA DE PROSPECCIONES DE REPSOL EN AGUAS DE ANDALUCÍA

Según las informaciones aparecidas en la prensa en los últimos días, REPSOL ha programado varias campañas de prospecciones sísmicas en diversos puntos de las aguas costeras peninsulares. Una de estas campañas se centra en la costa litoral de Málaga, en la zona comprendida entre Marbella y La Caleta de Vélez. La zona a explorar por el barco sísmico que realizará la prospección estará comprendida por un amplio rectángulo de 800 kilómetros cuadrados, y la campaña durará 35 días. El buque que realizará la campaña emite unas ondas sísmicas a través de una fuente de aire comprimido, que se propagan por el subsuelo marino, y que al rebotar y volver a la superficie, son registradas por siete cables de 4.500 metros, que arrastra el barco por popa, a unos siete metros de profundidad.

La propia Repsol-YPF explica en su página web que “los impactos ambientales sobre el litoral de una campaña sísmica pueden afectar por el ruido (127 decibelios) a mamíferos y tortugas, por lo que las medidas preventivas son un inicio suave de las tareas y la presencia de un observador en el barco”.

The image shows two newspaper clippings from 'Diario Málaga'. The left clipping is titled 'Repsol hará prospecciones para buscar gas natural en el litoral de Málaga' and reports that the company will conduct seismic surveys in the coastal waters of Málaga from Marbella to Vélez. The right clipping is titled 'Pescadores harán huelga contra las prospecciones de Repsol' and reports that fishermen are protesting against the surveys, with a photo showing a fisherman on a boat.

Las cofradías de pescadores y organizaciones ambientalistas de la zona, ya han mostrado su preocupación por el efecto que pueden producir las prospecciones en los caladeros, e incluso han iniciado movilizaciones en contra de la realización de las prospecciones. En el momento de la redacción de este documento, la SEC se ha puesto en contacto con la empresa REPSOL para recabar dicha información, exigiendo la máxima transparencia de la misma.

3. EFECTOS EN INVERTEBRADOS Y PECES

Los efectos adversos son más acusados en peces que en los invertebrados marinos, que se ven afectados sobretodo por la onda vibratoria que producen las detonaciones. Este hecho se debe a que la mayoría de los invertebrados carece de vejiga natatoria, estructura llena de aire característica de los peces, y que suele ser el órgano más vulnerable a las detonaciones submarinas y sus ondas expansivas.

De todas formas, se han descrito lesiones claramente atribuibles a las detonaciones en calamares gigantes aparecidos en la costa asturiana, posteriormente a campañas de prospección sísmica. Según nos ha informado Luís Laria de CEPESMA, desde 1962 se han registrado 47 calamares gigantes en la costa asturiana. De todos ellos, un 75% fueron capturados por arrastreros que faenaban entre los 400 y los 800 metros de profundidad en el caladero de Carrandi. Las capturas sufrieron picos máximos en dos ocasiones: entre el 13 de septiembre y el 23 de octubre de 2001 y entre el 13 y el 17 de septiembre de 2003. En la primera ocasión, cinco *Architeuthis dux* aparecieron varados cerca de las áreas donde los barcos *Barracuda* y *Nina Hay 502* usaban dispositivos de cañones de aire comprimido para prospecciones geofísicas. Y en 2003, el hallazgo de cuatro ejemplares de esta misma especie coincidió con la campaña "Marconi I" del buque oceanográfico *Hespérides*, en la que se utilizaron diez cañones de aire comprimido para producir ondas acústicas de baja frecuencia y de alta intensidad.

Los resultados de las necropsias aportaron información que establecía un vínculo directo entre las prospecciones y las lesiones encontradas en los animales. Todos los ejemplares estudiados, de entre 60 y 140 kilos de peso, presentaban la mayoría de los órganos internos deshechos, formando un amasijo de tejidos, con rotura de vísceras y de tejidos musculares, y acompañado de hemorragias masivas por rotura de vasos sanguíneos. A todo esto cabe añadir que todos los ejemplares tenían "daños importantes en su sistema receptor del equilibrio o estatocistos", lo que podría haberles provocado una "importante desorientación" (Guerra *et al* 2004).

En este mismo episodio, aparecieron flotando cuatro enormes cardúmenes de bacaladilla, que también presentaron lesiones macroscópicas (rotura de las vejigas natatorias, hemorragias y rotura de músculos y vísceras), atribuibles a las detonaciones. Pero los efectos en los peces no

sólo son por la rotura de esta estructura llena de aire situada en la cavidad visceral, sino que también han sido descritas lesiones en los ojos, el oído interno y en la línea lateral (McCauley *et al* 2003; Hastings y Popper 2005).

La línea lateral que poseen la mayoría de los peces es el principal órgano sensorial, que proporciona información acerca de su posición respecto de los compañeros del cardumen. Externamente puede identificarse como una prominencia delgada que recorre todo el flanco del pez desde la cola hasta la cabeza, formando en ésta, diversas ramificaciones alrededor del ojo y la boca. Internamente está formada por unos canales rellenos de una sustancia gelatinosa, que están comunicados con el exterior mediante diminutos poros. Los canales están revestidos de miles de células sensibles a las vibraciones, muy parecidas a las células receptoras del sonido que tapizan el oído humano. Mediante este mecanismo, un pez puede captar las vibraciones que produce en el agua la natación del vecino al desplazarse, y por tanto controlar la velocidad y la dirección de sus vecinos en el cardumen. La información proveniente de la línea lateral y de los ojos, permite la perfecta coordinación de movimientos de los bancos de peces en su globalidad. Asimismo, el oído proporciona información de propiocepción y equilibrio.

Las detonaciones emitidas durante las prospecciones y su onda expansiva pueden dañar a estas tres estructuras (línea lateral, ojos y oído) con diferente intensidad, dependiendo sobretudo de la distancia de los peces a la fuente sonora. Las lesiones pueden ser temporales, pero, en ocasiones, también pueden resultar incompatibles con la vida de los peces. Estudios realizados en USA, Australia y Noruega, han demostrado una gran dispersión de los bancos de peces alrededor de las zonas donde se llevan a cabo las prospecciones. A parte de la disgregación de los cardúmenes, que conlleva una disminución considerable de las posibilidades de supervivencia de los componentes, las consecuencias de una rápida evasión producen una utilización de reservas energéticas, estrés e inmunodepresión, que pueden provocar disminuciones de la salud de los peces, haciéndolos más vulnerables, e incluso pudiendo producir desórdenes reproductores como infertilidad y disminuciones en el crecimiento (Simmonds y Dolman 2003).

Las alteraciones producidas en la comunicación de algunas especies que utilizan sonidos para llamadas de alerta, para la defensa, o para diferentes aspectos relacionados con la

reproducción (cortejos, etc), deben ser tenidas en cuenta, aunque no existen estudios al respecto. Asimismo, tampoco existen estudios a largo plazo del efecto acumulativo de niveles altos de contaminación acústica en peces.

Los efectos de las prospecciones en la pesca también han sido demostrados (Skalski *et al* 1992). McCauley (1994) realizó una recopilación de casos en los que se han descrito reducciones muy importantes en las capturas en diversas especies estudiadas (40-75%). De todas formas, los datos de una zona no pueden extrapolarse a otra, ya que las variaciones temporales y espaciales son muy acusadas en este sentido, y por tanto, se hace necesario realizar estudios detallados de la afectación de las pesquerías en cada zona. Los efectos negativos se producen por una afectación de los animales adultos, así como por las dispersiones y alteraciones en el comportamiento que los hacen más difíciles de pescar. También cabe destacar la afectación de organismos planctónicos: larvas, alevines de multitud de especies, lo que producirá a medio plazo, una disminución en las poblaciones explotables.

4. EFECTOS EN TORTUGAS MARINAS

La sensibilidad acústica de las tortugas marinas se sitúa entre los 100-700 HZ (Wever 1978, citado en McCauley 1994), y por tanto, es muy probable que se vean afectadas por las detonaciones.

Se han descrito “comportamientos erráticos” sin especificar, en tortugas marinas que se encontraban cerca (hasta 3 km de la fuente sonora) de los barcos de prospección, durante y después de las detonaciones (Auger y Désilets, 2003).

En aguas alrededor de la Isla del Carmen en México, se encontraron en 2004, más de 100 tortugas marinas varadas en playas con lesiones características de afectación por onda expansiva (“blast-injuries”) en el interior de la cabeza y caparazón. Una gran parte de los animales necropsiados presentaba hemorragias en tejidos blandos y un “estallamiento” de las estructuras internas del cráneo, así como de los pulmones. Los varamientos se produjeron coincidiendo con campañas de prospección petrolífera con el sistema de cañones de aire comprimido, en la misma zona.

5. EFECTOS EN CETÁCEOS

Los mamíferos marinos, y especialmente los cetáceos, dependen del sonido para un gran número de actividades y comportamientos vitales como la comunicación, relación con el medio, alimentación, y la gran mayoría de actividades dentro de un grupo social (cohesión, alarmas, relaciones materno-filiales, etc).

Por la utilización de bajas y medianas frecuencias, parecería que los mysticetos deberían ser más sensibles que los odontocetos a las ondas sonoras emitidas por los cañones de aire comprimido. Pero existen evidencias de que algunos odontocetos pueden captar bajas frecuencias y por tanto son sensibles a estas fuentes de sonido. Por ejemplo, el cachalote es capaz de captar bajas frecuencias y además, bucea a grandes profundidades en busca de alimento, donde se concentra el sonido procedente de las ondas sísmicas. Otras especies como las de la familia *Ziphiidae*, que suelen realizar inmersiones profundas y que tienen una especial conformación anatómica de la región del oído medio e interno, también serán especialmente sensibles por estos hechos (Ketten *et al* 2004). En general, se puede considerar que las especies más susceptibles de sufrir las consecuencias de las ondas sonoras producidas durante las prospecciones serán aquellas que suelen realizar actividades vitales a mayor profundidad.

Aunque existen relativamente pocos estudios de los niveles de tolerancia máxima y de producción de lesiones por efecto de un sonido mantenido, la mayoría coincide en situar en 180 dB el máximo absoluto de exposición para estos animales, para evitar la producción de lesiones irreversibles, valor que suele superarse en las campañas de prospección sísmica que pueden llegar a los 250 dB.

Desgraciadamente, en los mamíferos marinos tampoco existen estudios a largo plazo que permitan extraer conclusiones definitivas sobre los efectos de la contaminación acústica en períodos largos de tiempo.

A parte de los efectos indirectos derivados de la degradación de su ecosistema, los efectos adversos de las ondas sonoras producidas durante las prospecciones pueden afectar a los cetáceos de diversas maneras, que suelen agruparse en 4 grandes bloques: efectos por el

impacto físico, impactos en la percepción, impactos sobre el comportamiento, e impactos producidos por el estrés.

Lesiones físicas:

Las lesiones físicas han sido descritas en animales que se encontraban a corta y media distancia de las fuentes sonoras de alta intensidad. No se han realizado estudios sobre afectación a diferentes profundidades, cuestión que podría hacer variar en gran medida estos valores, intensificándose las lesiones a mayor profundidad, donde el sonido se concentra y puede afectar negativamente a distancias mayores de las descritas.

Las lesiones macroscópicas más destacables asociadas a exposiciones a fuentes de sonido intensas, suelen concentrarse en los pulmones, los senos paraóticos, y especialmente en los tejidos relacionados con la transmisión del sonido (p.e. grasa de las mandíbulas, oído medio en interno). De todas formas, se han descrito hemorragias y lesiones focales en otros órganos, como en la zona escleral del globo ocular, en las meninges, el encéfalo y la espina dorsal, e incluso en la cavidad oral (Fernández 2004).

Se han confirmado todas estas lesiones macroscópicas mediante estudios histológicos, con los que también se han observado lesiones degenerativas a nivel de los nervios vestibulococleares, de las células sensoriales de la cóclea (Ketten *et al*, 2004), así como la presencia de abundantes micro-partículas grasas alojadas en diferentes órganos (Fernández 2004).

Otro tipo de lesiones que han sido atribuidas a los daños acústicos son la formación y el crecimiento de bullas de gas (principalmente nitrógeno) en diferentes órganos como consecuencia de un proceso patológico parecido a la enfermedad por descompresión (Crum y Mao 1996; Jepson *et al* 2003). De todas formas, otros autores indican la necesidad de realizar estudios más en profundidad sobre el mecanismo de formación de las lesiones bullosas en órganos parenquimatosos, que permitan relacionar directamente este tipo de lesiones con daños acústicos (Piantadosi y Thalmann 2004).

Los daños en los órganos involucrados en la percepción del sonido pueden producir pérdidas temporales o permanentes de la capacidad auditiva en los animales afectados. Además, cualquier alteración física del oído o de las estructuras involucradas en la percepción de los sonidos tendrán una influencia directa en las capacidades vitales (disturbios en la ecolocalización, incapacidad de relación con el medio, pérdidas de equilibrio, etc) de los animales afectados.

Finalmente, un nivel continuado de ruido ambiental produce niveles de estrés en los animales afectados que verán aumentadas las secreciones de catecolaminas, y si la situación se mantiene, las glándulas productoras (adrenales) se encontrarán claramente engrosadas en estos animales.

Alteraciones en la percepción:

La presencia de ruido antropogénico en el medio marino puede alterar la detección y emisión de señales acústicas (“masking”) de los cetáceos odontocetos, reduciendo una parte fundamental del comportamiento social de estos mamíferos marinos (comunicación) y de interacción con su medio natural (ecolocalización). Este hecho será especialmente preocupante en especies como los misticetos y el cachalote que utilizan bajas frecuencias para comunicarse a grandes distancias.

Las consecuencias directas de este enmascaramiento de las señales de comunicación y relación pueden ser de diversos tipos: disgregación de grupos, imposibilidad de alimentación, pérdidas de madres y crías que suelen terminar con resultado fatal para las últimas, etc.

Las respuestas de diferentes especies a esta presencia de ruido ambiental son también diversas y se han descrito en algunas especies concretas. Por ejemplo, los cachalotes y calderones se han observado paralizando sus vocalizaciones durante la exposición a fuentes intensas de sonido, con las alteraciones que ello puede conllevar. Pero también se puede producir el caso contrario, ya que se ha estudiado el caso de la respuesta de las belugas, que aumentan la intensidad y la frecuencia de las vocalizaciones para compensar la presencia de ruido ambiental.

Alteraciones en el comportamiento:

Durante o después de las prospecciones sísmicas, los cetáceos parecen modificar ciertas pautas de comportamiento por un cierto periodo de tiempo. Los comportamientos más frecuentemente observados son la huída de la fuente sonora, cambios en las migraciones, cambios en el uso de hábitat, alteraciones en las pautas fisiológicas de buceo, y alteraciones en las interacciones sociales.

El alejamiento de las fuentes sonoras es el comportamiento observado con más frecuencia. Hasta el 80% de los cetáceos se alejan de fuentes sonoras de 180 dB. El radio en el que ocurre este cambio comportamental es de una media de 25 km, aunque en algunas especies de ballenas puede llegar a sobrepasar los 50 km (Simmonds y Dolman 2003).

Aunque la solución de alejarse de la fuente sonora puede ser llevado a cabo con relativa facilidad por los cetáceos, existen una serie de condicionantes para este comportamiento de huída. En primer lugar, puede llegar a ocurrir que cetáceos en inmersiones profundas (cachalotes o zifios), al detectar una concentración de sonido, respondan con una huída rápida que les lleve hacia una zona más próxima a la fuente de sonido, bien sea por la imposibilidad de captar el epicentro de la fuente debido al ruido ambiental, o bien por la presencia de corrientes que hagan variar la direccionalidad del haz sonoro, y que desorienten a los animales.

También cabe destacar que el alejamiento de zonas normalmente utilizadas para actividades vitales será normalmente temporal, hasta que desaparezca la fuente de ruido. Pero la posibilidad de que las prospecciones tengan éxito, y que por tanto se pase a una fase extractiva con una presencia permanente de ruido antropogénico, hace aumentar el impacto negativo para esa población residente, produciendo además, alteraciones en el ecosistema, difíciles de prever.

Las alteraciones en las pautas fisiológicas de natación y buceo más frecuentemente observadas, y que por tanto, cabría esperar en animales que se encuentren en las proximidades de fuentes sonoras procedentes de prospecciones sísmicas serían: una natación más rápida, un incremento del tiempo en superficie, una disminución de los tiempos de inmersión y un

mayor intervalo entre inmersiones sucesivas, y alteraciones (incrementos por estrés o disminuciones por estar más tiempo en superficie) de la frecuencia respiratoria.

La tabla incluida en la página siguiente está extraída de Gordon *et al* 1998, y resume las respuestas comportamentales observadas en mamíferos marinos expuestos a fuentes sonoras producidas por cañones de aire comprimido y otras fuentes sonoras utilizadas en las prospecciones sísmicas.

Alteraciones por efecto del estrés:

Finalmente, el aumento de ruido ambiental y las alteraciones anteriormente mencionadas, crean en los animales afectados un nivel mantenido de estrés que a su vez puede desembocar en procesos patológicos de diversa naturaleza.

Un estado de estrés mantenido puede provocar desde simples incrementos de la frecuencia respiratoria hasta conductas agresivas anormales. Pero las situaciones de estrés también crean estados de inmunodepresión en los animales afectados, que facilitarán la entrada de patógenos externos y el establecimiento de enfermedades, o bien, la reactivación de enfermedades latentes o subclínicas que ya estuvieran presentes en el propio animal.

Table 6.2 Summary of observations of behavioural change in marine mammals in response to airguns and seismic surveys

Species	Location	Observation	Source	Received level	Range	Behaviour	Water depth	Model	Reference
Common dolphin	Irish Sea	Operating seismic	2D Seismic 2,120 cu. in. 1 sec 20 kHz pulse	• 178 (75 kHz) dB-186 (3 kHz) dB	>1 km	Reduced vocalisation rate within vocal range and/or exclusion within 1 km. Behavioural avoidance responses at 178 dB	50-100 m		Goold (1996a) Ridgway <i>et al.</i> (1996) Bowles <i>et al.</i> (1994) Malme <i>et al.</i> (1983, 1984) Malme <i>et al.</i> (1986, 1988) Various studies in Richardson <i>et al.</i> (1995) "
Bottlenose dolphin	Captivity						>500 m		
Sperm whales	Southern Ocean	Opportunistic	Seismic 8x16l 263 dB re. 1 μ Pa	• 112 dB	>300 km	Cessation of vocalisation			
Grey whales	California	Experimental playback	Seismic array	• 180 dB • 170 dB • 164 dB • 173 dB	1.2 km 2.5 km c.3.6 km	90% avoidance 50% avoidance 10 % avoidance by migrating whales 50% avoidance	50-100 m		
Grey whales	Bering Sea	Experimental playback	Seismic array 1,64L 226 dB	• 163 dB • 142-157	8.2 km	10% avoidance by summering whales Behavioural changes. Changes in blow rates and dive patterns.			
Bowhead whale	Beaufort Sea	Operating seismic	Seismic array						
Bowhead whale	Beaufort Sea	Operating seismic		• 152-178		Active avoidance. Swimming away from the guns and behaviour disrupted for 1-2 hrs.	30-60 m		
Bowhead whale	Beaufort Sea	Operating seismic		• 125-133 dB	54-73 km	No avoidance behaviour but significantly shorter dives and surfacing periods.			
Humpback whale	S.E. Alaska	Experimental playback	Seismic gun 1,64L 226 dB	• 150-169	<3.2 km	Short-term startle response No clear avoidance at levels up to 172 dB re. 1 μ Pa			Malme <i>et al.</i> (1985)
Humpback whale	North West Cape, W. Australia	Operating seismic	Seismic array 44L 258 dB re. 1 μ Pa ² -m p-p	• 170 dB P-P • 162 dB P-P • 157 dB P-P • 168 dB P-P	3-4 km 5 km 8 km 1 km	Stand-off (General avoidance) Avoidance manoeuvres Avoidance manoeuvres General avoidance	100-120 m	25 logR	McCauley <i>et al.</i> (1998)
Humpback whale	Exmouth Gulf, W. Australia	Experimental playback	Seismic gun 0.331L, 227 dB re. 1 μ Pa ² -m p-p	• 159 dB P-P • 143 dB P-P	2 km 10 km	Course alterations begin Closest approach 10 km? Cessation of vocalisations for c.1 hr. Resumption of vocalisations and movement away from source.	80-20 m		McCauley <i>et al.</i> (1998)
Blue whale	North Pacific Ocean	Operating seismic	Seismic source 1,600 cu. in. 215 dB (P-P) re. 1 μ Pa l-m.				2,400 m		Macedonald <i>et al.</i> (1995)
Grey seal	Scotland and Sweden	Experimental playback, 1 hr exposure	Single gun or small array (215-224 dB re. 1 μ Pa-l m)			Avoidance. Change from feeding to transiting behaviour. Haulout. Apparent recovery c 20 mins after trial.	20-100 m		Thompson <i>et al.</i> (1998)
Common seal	Scotland and Norway	Experimental playback 1 hr exposure	Single gun or small array (215-224 dB re. 1 μ Pa-l m)			Initial fright reaction. Bradycardia. Strong avoidance behaviour	20-100 m		Thompson <i>et al.</i> (1998)

6. RECOMENDACIONES PARA REDES DE VARAMIENTO Y CENTROS DE RECUPERACIÓN PARA LA MONITORIZACIÓN DE LOS EFECTOS DE LAS PROSPECCIONES

Desde el momento que se hace pública una campaña de prospección sísmica submarina en alguna zona determinada, los responsables de las RV y CR de las zonas de influencia, deben establecer un plan de trabajo detallado. Estos protocolos deben incluir las acciones pertinentes para la monitorización de los efectos negativos de las prospecciones, que figuran en este apartado.

Existen diversos documentos que describen actuaciones para monitorizar y, en la medida de lo posible, minimizar los efectos de las prospecciones. La mayoría de estos documentos describen actuaciones de seguimiento de las poblaciones e individuos en el mar (campañas de seguimiento visual y acústico de las campañas, monitorización de las poblaciones presentes, seguimiento y evaluación de las respuestas y comportamientos de los animales presentes en la zona, etc..). En el Reino Unido, se utiliza el documento redactado en 2004 por el Joint Nature Conservation Committee: *Guidelines for minimizing acoustic disturbance to marine mammals from seismic surveys*, que se puede bajar de: www.jncc.gov.uk/marine, como una guía vinculante de buenas prácticas para las empresas que planean la realización de este tipo de trabajos.

El protocolo de recogida de información y de datos sobre los efectos negativos debe abordarse en varios tiempos. En primer lugar es necesaria una recopilación de información sobre la propia campaña de prospección, y sobre las características de los hábitats y especies que puedan verse afectadas. Una vez iniciada la campaña de prospección, se deberá asistir lo antes posible a todos los varamientos de animales vivos y muertos, poniendo especial atención a los puntos detallados en los apartados siguientes.

Información sobre la campaña de prospección:

1. Deberá recogerse toda la información disponible sobre las características técnicas del proyecto de prospección: equipos que realicen las prospecciones, potencia, frecuencia

y duración de las detonaciones, zona exacta donde se realizarán, duración de las campañas, etc.

2. Deberá mantenerse comunicación fluida de los responsables de las RV y CR de Andalucía y Murcia con el equipo directivo del LIFE, así como con el coordinador del GT de Bioacústica, Michel André Michel.Andre@upc.edu, para poder intercambiar toda la información referente a estos puntos.

Información sobre las especies que habitan la zona de prospección.

1. Deberá realizarse una revisión exhaustiva de la literatura científica referida a las especies que puedan verse afectadas en la zona de prospecciones.
2. Deberán identificarse especialmente las especies en estados de conservación más amenazados. Se puede consultar esta información en la página web de la SEC www.cetaceos.com
3. Se deberá contactar con los pescadores y usuarios del mar (empresas de whale-watching) que trabajen en la zona, para que aporten información al respecto de la presencia de especies en la zona y época coincidentes con las prospecciones programadas, así como para que indiquen las zonas más sensibles en cuanto a capturas de especies comerciales. Deberán identificarse las épocas más sensibles (migraciones de especies comerciales, temporadas de explotación de recursos concretos, etc), para prever las consecuencias de la coincidencia con las campañas de prospección.
4. Se puede contactar con la coordinadora del Grupo de Trabajo de Avistamientos de la SEC, Ana Cañadas alnitak.ana@cetaceos.com, y con el coordinador del GT de Tortugas, Xulio Valeiras xulio.valeiras@st.ieo.es, que podrán aportar la información general sobre las poblaciones de cetáceos y tortugas presentes, así como de sus hábitos y comportamientos considerados normales.

Campaña de seguimiento

1. A parte de las campañas específicas de seguimiento en el mar, que la SEC u otras entidades puedan poner en marcha durante las prospecciones, los responsables de las RV y CR, por sus contactos con las entidades locales de las zonas costeras que tienen acceso frecuente al mar (cofradías de pescadores, Cruz Roja, Salvamento Marítimo, Guardia Civil del Mar, etc), deberían establecer con estas entidades ciertas pautas de observación de fauna en el mar, que tuvieran en cuenta como mínimo:

- 1.1. La presencia de animales muertos (peces, cefalópodos, tortugas ó cetáceos) flotando en la superficie,
- 1.2. Posibles observaciones de tortugas o delfines vivos, con comportamientos erráticos ó anómalos (grupos muy dispersos, natación en círculos, crías solitarias...).
- 1.3. Dependiendo de los acuerdos a los que se llegue con estas entidades, otro de los objetivos de este seguimiento sería la posibilidad de recoger los animales encontrados muertos para llevarlos a tierra y poder realizar estudios patológicos completos.

Estudio de la dinámica de varamientos

1. Deberán realizarse estudios comparativos de las estadísticas de varamientos de otros años, en las épocas en las que se produzcan las prospecciones, y poder de esta manera realizar estimaciones de la dinámica de varamientos considerada como normal en cada zona, durante esa época determinada.
2. Deberán estudiarse especialmente los posibles picos de varamientos de individuos jóvenes de cetáceos, como posibles consecuencias de la disgregación de grupos y pérdidas entre madres y crías.
3. Asimismo, deberá prestarse especial atención en los varamientos de especies especialmente sensibles (cachalotes, cachalotes pigmeos, zífios, mesoplodones, etc)

4. En cuanto a otras especies, se pondrá especial atención al varamiento o flotación de especies de peces o cefalópodos que habiten aguas profundas.

Realización de necropsias de cetáceos

1. Deberá ponerse el máximo interés en la realización de las necropsias de los animales que aparezcan flotando en la zona donde se hayan realizado las prospecciones, o bien de los animales que aparezcan varados en las costas cercanas. Deberá asistirse a TODOS los avisos, sea cual sea el estado de descomposición de los cetáceos aparecidos, ya que algunas de las lesiones son apreciables hasta animales en estado CD4. Las pautas generales para el desarrollo de la necropsia sistemática, ordenada y completa se registrarán por los *Protocolos de necropsia y toma de muestras de cetáceos*, editados durante el transcurso del proyecto LIFE.
2. Para los estudios de patologías acústicas es necesaria la presencia de personal cualificado y con experiencia en este campo de trabajo durante la necropsia. La complicada evaluación de lesiones “in situ” asociadas a traumas acústicos, así como la dificultad en realizar una correcta recogida de muestras para su estudio en el laboratorio, hacen necesaria una alta especialización del personal involucrado.
3. Si no se puede realizar una exploración de la región de los oídos y de las estructuras relacionadas con la emisión y recepción de sonidos, en el momento de la necropsia (falta de tiempo o de personal cualificado), *debe extraerse y refrigerarse ó congelarse la cabeza entera del cetáceo para su posterior estudio en el laboratorio*. Con una cabeza congelada, es posible incluso un estudio de la región de los oídos y estructuras adyacentes mediante tomografía computadorizada y resonancia magnética (Alonso *et al* 2003).
4. Si el personal que realiza la necropsia, puede extraer los oídos, deberá inyectarse formol al 10% mediante una jeringuilla y a la menor presión posible, a través de la ventana redonda, para permitir la fijación de los tejidos internos. Una vez realizada la operación, todo el oído se sumerge igualmente en una solución de formol al 10%. Los estudios a realizar a partir de la extracción de los oídos son diversos e incluyen

resonancias magnéticas en campos magnéticos de alta intensidad, y cortes histológicos de los oídos.

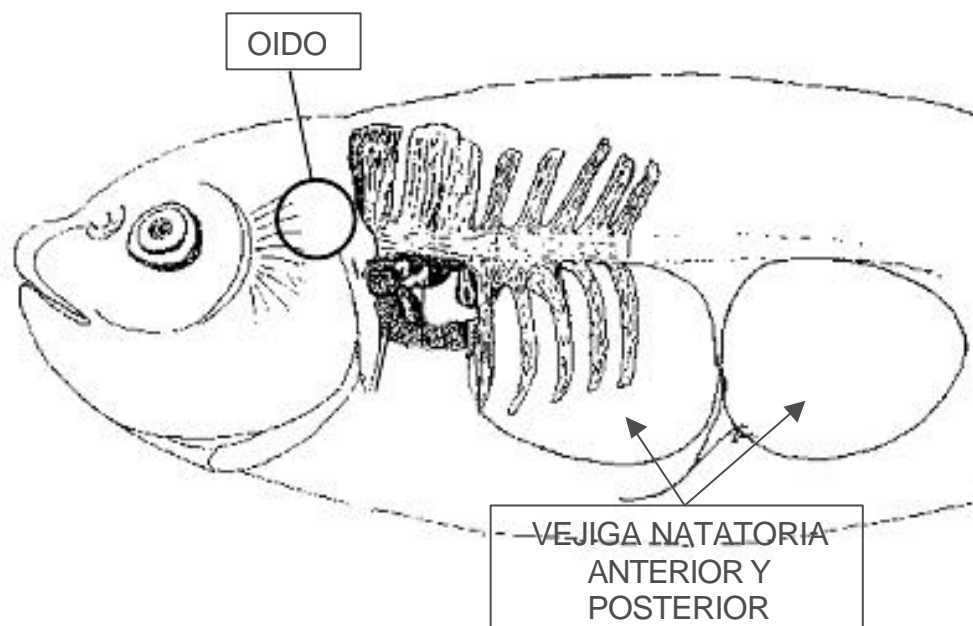
5. Asimismo, se pondrá especial atención durante la necropsia a la presencia de hemorragias difusas y lesiones bullosas en diferentes órganos, así como al estado de las glándulas adrenales. Se pondrá especial atención durante el examen de los pulmones, ojos, meninges, encéfalo y médula espinal.
6. Deberán realizarse fotografías claras y desde diferentes ángulos del animal entero, y de TODAS las lesiones macroscópicas encontradas.
7. Deberán recogerse muestras de TODOS los tejidos y colocarse en un bote etiquetado correctamente con formol al 10%, para su posterior estudio histológico. Se especificará a los laboratorios donde se envíen las muestras, la importancia de utilizar tinciones especiales para la identificación y localización de micro-partículas grasas en los tejidos de las muestras remitidas.
8. Resultaría muy conveniente que, previamente a estas operaciones, se contactara con Josep María Alonso jmalonso@iim.csic.es, con Eduard Degollada Eduard.Degollada@uab.es, o con Michel André Michel.Andre@upc.edu, del Laboratorio de Aplicaciones Bioacústicas de la Universidad Politécnica de Catalunya, y coordinadores de los GTs de Centros de Recuperación, Bioacústica y Varamientos de la SEC, respectivamente. Estas personas se encargarían de asesorar, y en caso necesario coordinar, los trabajos post-mortem, e incluso facilitarían el traslado de ejemplares o cabezas al laboratorio de Vilanova i la Geltrú para su estudio exhaustivo.

Atención a cetáceos vivos

1. También resultaría muy conveniente contactar con las personas detalladas en el apartado anterior, en el caso de producirse varamientos de animales vivos, ya que es posible realizar estudios de la capacidad auditiva de los cetáceos a través de la medición de las respuestas auditivas del cerebro mediante el estudio de los potenciales evocados (André *et al* 2003).

Necropsia de otras especies

1. Las mismas pautas generales descritas para los cetáceos, pueden aplicarse para la necropsia de tortugas marinas, peces y cefalópodos.
2. En las necropsias de tortugas deberán observarse con detenimiento todas las vísceras de la cavidad celómica, especialmente los pulmones. Asimismo, deberá abrirse la cavidad craneal para el examen detallado del cerebro. En todos los órganos se pondrá atención a la presencia de hemorragias y lesiones características de afectación por onda expansiva (“blast-injuries”). Deberán recogerse y colocarse en formol al 10% muestras de todos los tejidos para su examen microscópico.
3. En los peces, se pondrá especial atención en el examen de la vejiga natatoria, de la zona del oído, del estado general de los órganos y de la presencia de hemorragias internas. Deberán recogerse y colocarse en formol al 10% muestras de todos los tejidos para su examen microscópico.



4. En caso de la aparición de calamares gigantes o otros cefalópodos, resultaría muy conveniente ponerse en contacto con el Dr. Ángel Guerra brcl@iim.csic.es, del Instituto de Investigaciones Marinas (CISC) de Vigo, y con Luís Laria de CEPESMA auladelmar@cepesma.com, ambos con amplia experiencia en el tema.

7. CONCLUSIONES

La inmensa riqueza biológica de las aguas costeras españolas se ve amenazada periódicamente, por diversas campañas de prospección sísmica en busca de recursos naturales explotables. En los últimos años, diversas organizaciones ambientalistas, y algunos organismos oficiales de investigación, han manifestado su preocupación por los efectos que estas operaciones puedan causar al ecosistema marino. La Sociedad Española de Cetáceos, también comparte esta preocupación, y es por ello que dedica esfuerzos, a través del Grupo de Trabajo de Bioacústica, a aportar información rigurosa y contrastada, así como a establecer metodologías de monitorización de los efectos de las prospecciones en la fauna marina, y especialmente en los cetáceos.

Las campañas de prospección en aguas costeras de la provincia de Málaga, que ha previsto la empresa REPSOL, coinciden en el tiempo con el desarrollo del proyecto LIFE ‘Conservación de cetáceos y tortugas en Murcia y Andalucía’, por lo que los responsables del proyecto han definido las actuaciones pertinentes para monitorizar los efectos que las prospecciones puedan tener en los hábitats y en las especies de la zona en estudio. Entre las acciones previstas se enmarcan las que deben llevar a cabo los CR y RV, detalladas en el presente documento.

Los efectos negativos descritos para las diferentes especies marinas como consecuencia de las prospecciones sísmicas en busca de recursos naturales del subsuelo marino están bien documentadas en la bibliografía. De todas formas, se han observado diferencias importantes en los efectos descritos en estudios precedentes, debidas principalmente a factores temporales (época de las prospecciones y coincidencia con migraciones, etapas de reproducción, etc), espaciales (distribución de especies y uso del hábitat, posibilidad de migración, etc), así como a factores propios de las especies afectadas (capacidades auditivas, uso del sonido para su relación y comunicación, mayor tolerancia al ruido continuado, etc).

Por todo ello, se hace necesario un seguimiento individualizado de cada operación prospectiva que se realice en cada lugar de las aguas españolas, para poder aproximarnos a los efectos concretos en esa determinada zona. Todo ello, sin menoscabo de posibles análisis e interpretaciones globales, una vez puestos en común y estudiados varios casos bien documentados.

El presente documento describe los protocolos a seguir por los responsables de Redes de Varamiento y Centros de Recuperación, para llevar a cabo la recogida de datos pormenorizada durante y después de las prospecciones. Esta recogida sistemática, ordenada y completa de datos, permitirá la redacción de informes que aporten la información necesaria para la extracción de conclusiones fiables sobre los efectos de las campañas de prospección sísmica en peces, tortugas y cetáceos de aguas españolas.

Aunque el presente documento está orientado a las actuaciones a realizar durante y después de las campañas de prospección sísmica que la empresa REPSOL tiene intención de realizar en aguas andaluzas, el documento y sobretodo, el análisis posterior de la información recogida siguiendo sus directrices, resultan extrapolables a cualquier otra zona del estado español que pueda verse afectada por este tipo de operaciones.

8. LISTADO DE CONTACTOS

REDES DE VARAMIENTO Y CENTROS DE RECUPERACIÓN DE ANDALUCÍA:

CENTRO DE RECUPERACIÓN DE ESPECIES MARINAS AMENAZADAS, C.R.E.M.A, (Málaga). Personas de contacto: José Luis Mons y Juan José Castillo crema@auladelmar.info

PROMAR - CENTRO VETERINARIO Y DE ATENCIÓN DE ESPECIES EQUINAC, (Almería). Personas de contacto: Eva M^a Morón equinac73@yahoo.es, Paco Toledano almeria@ecologistasenaccion.org

OCEANIDES, (Cádiz). Persona de contacto: Jesús de la Fuente jes.alb@colvet.es

DELPHIS (Cádiz). Persona de contacto: Elvira Morote ecologistas.cadiz@nodo50.org

GRAMPUS, (P.N. Doñana, Huelva). Pers. de contacto: Juan Carlos Rivilla grampus@terra.es

RED DE VARAMIENTOS DE CEUTA

SEPTEM-NOSTRA / INSTITUTO DE ESTUDIOS CEUTÍES, (Ceuta)

Persona de contacto: Dr. Oscar Ocaña lebruni@telefonica.net

RED DE VARAMIENTOS Y CENTRO DE RECUPERACIÓN DE MURCIA

CENTRO DE RECUPERACIÓN DE FAUNA SALVAJE DEL PARQUE NATURAL “EL VALLE”, (Murcia). Persona de contacto: Dr. Alejandro Bayón abayon@um.es

COORDINADORES DE LOS GRUPOS DE TRABAJO DE LA SEC

Josep M^a Alonso jmalonso@iim.csic.es, coordinador del GT de Centros de Recuperación

Dr. Eduard Degollada Eduard.Degollada@uab.es, coord. veterinario del GT de Varamientos

Dr. Michel André Michel.Andre@upc.edu, coordinador del GT de Bioacústica

Ana Cañadas alnitak.ana@cetaceos.com coordinadora del GT de Avistamientos

Dr. Alfredo López cemma@arrakis.es coordinador biológico del GT de Varamientos

Xulio Valieras xulio.valeiras@st.ieo.es coordinador del GT de Tortugas Marinas

COORDINADORES DEL PROYECTO LIFE

Erika Urquiola urquiola@cetaceos.com, presidenta de la SEC

Ricardo Sagarminaga ricardo@cetaceos.com

OTROS CONTACTOS

Dr. Ángel Guerra brcl@iim.csic.es, del Instituto de Investigaciones Marinas (CISC) de Vigo,

Luís Laria auladelmar@cepesma.com, de CEPESMA (Red de Varamientos de Asturias)

9. BIBLIOGRAFÍA RELACIONADA

- AUGER et DÉSILETS, (2003). Les impacts environnementaux de l'exploration pétrolière et gazière dans le Golf du Saint-Laurent. Mémoire de l'Union Québécoise por la Conservation de la Naure, decembre 2003. 59p.
- AGUILAR, N. Y BRITO, A. (2002). Cetáceos, pesca y prospecciones petrolíferas en las Islas Canarias. Informe de la Universidad de La Laguna, Tenerife. 7pp.
- ALONSO, JM, E. DEGOLLADA, M. ANDRÉ AND E. DELORY (2003). “*Odontocete ear analysis by imaging techniques*” 17th annual conference ECS, Las Palmas de Gran Canaria, 8-12 of March, 2003.
- ANDRÉ, M, A. SUPIN, E. DELORY, C. KAMMINGA, E. DEGOLLADA & JM. ALONSO. (2002). “*Auditory evoked potentials of a rehabilitated striped dolphin, stenella coreuleoalba: an assessment of the sonar system functionality*” 16th annual conference ECS, Liège, Belgium, 7-11 of April, 2002.
- CRUM LA. AND MAO Y. (1996). Acoustically enhanced bubbles growth at low frequencies and its implications for human diver and marine mammals safety. J. Acoust. Soc. Am. 99: 2898-2907.
- FERNÁNDEZ, A. (2004). Pathological findings in stranded beaked whales during the the naval military manoeuvres near the Canary Islands. Proceedings of the workshop on Active Sonar and Cetaceans, ECS Newsletter n. 42, Special Issue, feb.2004: 37-40.
- JEPSON,P.D, M.ARBELO, R. DEAVILLE, I. A. P. PATTERSON, P. CASTRO, J. R. BAKER, E. DEGOLLADA, H.M. ROSS, P.HERRÁEZ, A. M. POCKNELL, F. RODRÍGUEZ, F. E.HOWIEL, A. ESPINOSA, R. J. REID, J. R. JABER, V. MARTIN, A. A. CUNNINGHAM, AND A. FERNÁNDEZ (2003). Gas bubble lesions in stranded cetaceans. Nature 424: 575-576.
- GORDON J, GILLESPIE D, POTTER J, FRANTZIS A, SIMMONDS M AND SWIFT R (1998). The effects of seismic surveys on marine mammals. Chapter 6 from: Tasker ML and C Weir (eds), Proceedings of the seismic and marine mammals workshop, London, 23-25 june 1998.
- GUERRA A, GONZÁLEZ, A, GRACIA, J, Y ROCHA, F. (2004). Calamares gigantes varados: víctimas de exploraciones acústicas. Investigación y Ciencia, julio 2004, nº334: 35-37.
- JOIN NATURE CONSERVATION COMMITTEE (2004). Guidelines for minimizing acoustic disturbance to marine mammals from seismic surveys. Non published report. 9 pp. Se puede bajar de: www.jncc.gov.uk/marine
- KETTEN DR, ROWLES T, CRAMER S, O'MALLEY J, ARRUDA J AND EVANS PGH (2004). Cranial Trauma in Beaked Whales. Proceedings of the workshop on Active Sonar and Cetaceans, ECS Newsletter n. 42, Special Issue, feb.2004: 21-27.

- MCCAULEY RD. (1994). Seismic surveys. In: Environmental implications of off-shore oil and gas development in Australia – the findings of an independent scientific review. Edited by: JM Swan, JM Neff and PC Young, Australian Petroleum Exploration Association, Sydney, pp: 19-122.
- MCCAULEY RD, FEWTRELL J, AND POPPER AN. (2003). Effects of anthropogenic sounds on fish ears. *J. Acous. Soc. Am.* 113 (1): 638-642.
- PIANTADOSI CA. AND THALMANN ED. (2004). Comment on: Pathology: whales, sonar and decompression sickness. *Nature*. 2004 Apr 15;428(6984):1 p following 716; discussion 2 p following 716.
- SIMMONDS M. AND DOLMAN S. (2003). Oceans of Noise: A Whale and Dolphin Conservation Society science report. Chippenham, 164p. Se puede bajar de: www.wdcs.org
- SKALSKI JR, PEARSON WH, & MALME CI. (1992). Effects of sounds from geophysical survey device on catch-per-unit effort in a hook-and-line fishery for Rockfish (*Sebastes*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 49: 1357-1365.