



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Actuaciones para aminorar el impacto de la contaminación
acústica en aguas españolas: Sónares y detonaciones militares*

Grado en Ingeniería Mecánica

ALUMNO: Antonio Hidalgo Sánchez

DIRECTORES: Francisco Javier Rodríguez Rodríguez
Paula Gómez Pérez

CURSO ACADÉMICO: 2014-2015

Universida_{de}Vigo



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Actuaciones para aminorar el impacto de la contaminación
acústica en aguas españolas: Sónares y detonaciones militares*

Grado en Ingeniería Mecánica
Intensificación en Tecnología Naval
Cuerpo General / Infantería de Marina

Universida_{de}Vigo

RESUMEN

En este estudio se realiza una investigación sobre cuáles son las causas y consecuencias principales del impacto de la contaminación acústica en el medio marino derivadas del ámbito militar. Ésto permitió tanto evaluar aquellas medidas más adecuadas para mitigar este impacto acústico como proponer nuevas medidas de actuación encaminadas a completar la legislación española en este ámbito, buscando así un equilibrio entre la protección y preservación del medio marino y la realización de operaciones militares en aguas españolas, objetivo principal de este estudio.

Inicialmente, se introduce un breve preámbulo sobre la contaminación acústica submarina provocada por el ser humano, y posteriormente se analiza la legislación internacional y nacional que regula la protección del medio marino, obteniéndose una serie de conclusiones generales.

A continuación, se estudian los factores condicionantes de la contaminación acústica en la fauna marina tanto los impactos que se generan en ella como las causas que la provocan, focalizando la atención en el sonar como fuente inductora de esta.

En este contexto, las diferentes armadas y organizaciones militares internacionales son conscientes del impacto que generan sus actividades, especialmente en el empleo del sonar. Por ello, y fuera del ámbito civil debido a su déficit, se han investigado y propuesto una serie de medidas de mitigación del impacto acústico submarino. Las cuales son estudiadas en el presente trabajo y comparadas con las propuestas por la Armada Española, para de este modo poder plantear nuevas medidas susceptibles para completar la política de actuación existente.

PALABRAS CLAVE

Contaminación acústica, legislación, cetáceos, factores técnicos, sonar y técnicas mitigación.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, me gustaría agradecer al profesor D. Francisco Javier Rodríguez Rodríguez por su implicación en el proyecto, tratándolo con especial atención como si del suyo se tratase. Se puede decir que ha sido fundamental su intervención para el desarrollo del presente trabajo de fin de grado y para el gran resultado final.

A continuación, agradecer a la profesora Dña. Paula Gómez Pérez por su aportación en la parte experimental del proyecto, que ayudó a resolver dudas durante el desarrollo del mismo.

Igualmente, a la Escuela de Submarinos de Cartagena, en especial al T.N D. Jose Carlos Cuadrado Ibáñez, por invertir su tiempo y sus conocimientos en acústica submarina en la resolución de dudas, proporcionar documentación para la parte experimental y vincularnos con otras personas que nos podrían conceder información útil; y al Real Instituto de la Armada, con la figura de D. Rodolfo Jesús Ramos Rivero, por facilitarnos toda la documentación que disponía en relación al TFG.

Dar las gracias al personal que amablemente siempre ha estado dispuesto a resolver cualquier duda y prestarnos, voluntariamente, sus conocimientos para colaborar con el proyecto, como el C.C D. Juan Manuel Iglesias Aneiros, profesor en la Escuela Naval Militar, y D. Camilo Saavedra Penas, perteneciente al Centro Oceanográfico de Vigo.

Finalmente, y más importante, a la gente más allegada a mí: padres, familia y amigos, por el respaldo y la motivación recibida durante la realización del proyecto y durante mi formación en la Escuela Naval Militar. Primordialmente a mi hermano Pedro Hidalgo Sánchez, siendo mí apoyo incondicional y mí ejemplo de superación.

CONTENIDO

Contenido	1
Índice de Figuras	4
Índice de Tablas.....	8
1 Introducción acústica submarina y objetivos: El problema de la contaminación	9
2 Normativa reguladora de contaminación acústica.....	11
2.1 Marco Internacional.....	14
2.2 Marco Comunitario.....	21
2.3 Marco Nacional.....	23
2.4 Conclusiones obtenidas del análisis legislativo realizado.....	28
3 Análisis de los factores técnicos peculiares de la contaminación acústica.....	29
3.1 Propiedades hidroacústicas del sonido, relativas a su afección a su medio marino.....	29
3.1.1 Criterios de impacto físico.....	29
3.1.2 Mediciones de ruido antropogénico.....	30
3.2 Fuentes de contaminación acústica antropogénica.....	33
3.2.1 Fuentes de ruido marino	33
3.2.2 Señales acústicas antropogénicas	36
3.3 Impactos sobre fauna marina	39
4 Detonaciones militares	41
5 Sonares de detección de submarinos	43
5.1 Tipos de sonares.....	43
5.2 Consecuencia específica del empleo de sonares.....	45
5.2.1 Los impactos ambientales del empleo del sonar sobre las ballenas picudas	45
5.2.2 Algunos resultados de trabajos experimentales a cetáceos y tortugas.....	46
5.2.3 Varamientos en aguas españolas como problema detectado.....	48
5.2.4 Áreas mundiales clave para ballenas picudas (Zifios): Isla de Alborán y Archipiélago Canario.....	52
6 Análisis de la gestión de la contaminación acústica marina desde la óptica de los organismos militares: medidas de mitigación.....	57
6.1 Estudios base de normativa militar	57
6.1.1 NURC (Centro de investigación submarina de la OTAN).....	57
6.1.2 Plan de acción estratégico para la conservación de la diversidad biológica de la región mediterránea (SAP-BIO) año 2003.	62
6.2 Estudios dentro del marco Internacional.....	67
6.3 Estudios en el marco nacional.....	71

6.3.1 Extracto de la instrucción permanente de operaciones del AJEMA (Almirante Jefe del Estado Mayor de la Armada) Número 25/07.....	71
6.3.2 Instrucción permanente de operaciones del ALMART (Almirante de Acción Marítima)... Número 2.21/08, sobre normas para reducir el impacto medioambiental de las transmisiones sonar.....	72
6.3.3 Instrucción permanente de operaciones número 8001, de 4 de septiembre, de ALFLOT (Almirante de la Flota), sobre acciones para reducir el impacto medioambiental de las transmisiones sonar.....	75
6.4 Actuaciones para la mitigación del impacto acústico submarino adoptadas por parte de las Armada Española: Conclusiones.....	76
7 Propuestas de medida de mitigación	79
7.1 Acústica submarina: Conceptos básicos necesarios de conocimiento.....	80
7.2 Principio básico de funcionamiento del sonar	81
7.3 Factores para el estudio hidroacústico.....	84
7.4 Sonar de las Fragatas F-100 (DE 1160 LF)	91
7.5 Definición de medidas a adoptar.....	97
7.6 Cálculo experimental: Zonas de exclusión y Zona de seguridad.....	100
8 Conclusión final	107
9 Bibliografía.....	109
Anexo I: Impacto acústico ambiental en cetáceos.....	113
Trauma Acústico	113
Alteraciones o lesiones no auditivas	115
Formación de burbujas. Lesiones traumáticas debidas a accidentes	116
Estrés.....	117
Efectos de comportamiento.....	118
Significación biológica de los cambios de comportamiento.....	120
Anexo II: Conclusiones del estudio anatómo-patológico de los varamientos masivos en Fuerteventura y Lanzarote.....	123
Anexo III: Guía de identificación de cetáceos	127
Introducción	127
Pautas de mitigación	127
Descripción de cetáceos	129
Anexo IV: Cachalotes en el Estrecho de Gibraltar.....	141
Descripción. Identificación útil para su detección visual.	141
Información sobre la bioacústica del Cachalote para su posible identificación mediante el sonar pasivo	143
Normas para la mitigación del riesgo de colisión con cachalotes en el Estrecho de Gibraltar... ..	144

Anexo V: Zifios en el Mar del Alborán145

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1	Varamiento de un zifio	(http://3.bp.blogspot.com/-1cCUtmzq2zs/U3vZUD_2DHI/AAAAAAAAAlqQ/-BST5Mosi4w/s1600/se%C3%B1alan+a+la+Marina+de+EE.UU.+por+un+varamiento+masivo+de+ballenas.JPG)	10
Figura 2-1	Logotipo UNCLOS	(http://www.dipublico.org/wp-content/uploads/2013/03/derechodelmar.png)	14
Figura 2-2	Logotipo OSPAR	(http://mare.essenberger.de/images/internationale-konventionen/schutzgebiete-ospar-thumb.jpg)	15
Figura 2-3	Logotipo UNEP	(http://www.magrama.gob.es/es/costas/temas/proteccion-del-medio-marino/logo_unep-map_tcm7-336764.JPG)	16
Figura 2-4	Logotipo CMS	(http://www.fucema.org.ar/old/cdb/imagenes/cms1.gif)	17
Figura 2-5	Logotipo ACCOBAMS	(http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/6/69/ACCOBAMS_logo.png)	18
Figura 2-6	Logotipo Ascobans	(http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/47/ASCOBANS_HighRes_Logo.jpg)	19
Figura 2-7	Logotipo OMI	(http://3.bp.blogspot.com/-z5FLfnQYVK0/Ui21dD9x06I/AAAAAAAAAxM-5utiujk28/s1600/Logo_OMI_last.png)	20
Figura 2-8	Logotipo CBI	(http://www.noaa.gov/iwc/images/header_IWC2012.png)	20
Figura 2-9	Ballena saltando	(http://www.chiledesarrollosustentable.cl/wp-content/uploads/2014/10/ballena-comisi%C3%B3n14.jpg)	20
Figura 2-10	Tiburón ballena	(http://nauticalnewstoday.com/wp-content/uploads/tiburon-ballena-rhincodon-typus11.jpg)	22
Figura 2-11	Ruido	(http://uprl.unizar.es/img/ruido%201.gif)	23
Figura 2-12	Paisaje Archipelágico	(https://geofrikphotos.files.wordpress.com/2014/02/atolc3b3n-poivre.jpg)	27
Figura 3-1	Tráfico Marítimo	(http://ep01.epimg.net/diario/imagenes/2007/08/27/espana/1188165611_850215_0000000000_su_mario_normal.jpg)	33
Figura 3-2	Plataforma petrolífera	(http://blog.paisajesdemar.com/wp-content/uploads/2010/12/pozo20petrc3b3leo20repsol.jpg)	34
Figura 3-3	Dragado de arena	(https://www.dredgepoint.org/dredging-database/sites/default/files/node_images/amsterdam_nu_utrecht_rainbow.jpg)	35
Figura 3-4	Parque eólico marino	(http://img.microsiervos.com/eco/parque-eolico-nysted.jpg)	35
Figura 3-5	Explosión submarina	(http://photos1.blogger.com/blogger/7114/258/1600/cgn41.jpg)	36
Figura 3-6	Sensor de estudios sísmicos	(http://img.nauticexpo.es/images_ne/photo-g/sensor-estudios-sismicos-fondos-marinos-40158-7052131.jpg)	36
Figura 3-7	Transductor Sonar	(http://babesinopen.blogspot.com.es/2008/03/ping-time.html)	38
Figura 3-8	Análisis de daños y efectos en la contaminación submarina	(http://www.sonsdemar.eu/images/traumaacustico.jpg)	40

Figura 4-1 Detonaciones militares [2].....	41
Figura 5-1 Domo de un sonar de media frecuencia (http://ja.wikipedia.org/wiki/AN/SQS-26#mediaviewer/File:SQS-53_Sonar_CG-67_Shiloh_2009-01-12.jpg)	44
Figura 5-2 Sistema SURTASS-LFA (http://www.dosits.org/images/dosits/active1.gif).....	44
Figura 5-3 Daño fisiológico en Zifios (http://www.agenciasinc.es/var/ezwebin_site/storage/images/multimedia/fotografias/la-moratoria-antisonar-en-canarias-unica-del-mundo-para-evitar-varamientos-de-cetaceos/2514569-1-esl-MX/La-moratoria-antisonar-en-Canarias-unica).....	46
Figura 5-4 Profundidades extremas por parte de mamíferos marinos (https://pbs.twimg.com/media/B7ZKXNvCMAEW1Bm.png:large).....	47
Figura 5-5 Varamientos masivos Achipiélago Canario [12].....	51
Figura 5-6 Varamientos masivos Península Ibérica [12]	51
Figura 5-7 Vista mundial de las Áreas Claves [13].....	53
Figura 5-8 Vistas detallada de cada Área Clave por región oceánica. [13].	53
Figura 6-1 Ficha de Avistamientos a rellenar por unidades de la Armada [17].....	74
Figura 6-2 Especies marinas posibles de avistamiento en aguas españolas [17].....	74
Figura 7-1 Propagación onda sonora (http://www.estudopratico.com.br/wp-content/uploads/2014/04/ondas-sonoras.jpg).....	79
Figura 7-2 Concepto básico del Sonar (Sistemas de Armas y Tiro Naval , C.C Iglesias Aneiros) .81	
Figura 7-3 Componentes del sonar ((Sistemas de Armas y Tiro Naval, C.C Iglesias Aneiros)	81
Figura 7-4 Funcionamiento básico sonar 2 (http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sonar_Principle_ES.svg)	82
Figura 7-5 Gradientes de celeridad (http://images.slideplayer.es/3/1110047/slides/slide_9.jpg)....	83
Figura 7-6 Ley de Snell. Concepto de refracción [21]	84
Figura 7-7 Rayo directo. Canal de superficie [21]	84
Figura 7-8 Reflexión en la superdicie del fondo [21]	85
Figura 7-9 Zona de Convergencia [21]	85
Figura 7-10 Canal Sonoro [21].....	86
Figura 7-11 Aproximación de la propagación de la onda sonora [21].....	87
Figura 7-12 Coeficiente de absorcion [21].....	87
Figura 7-13 Ecuación del coeficiente de absorción bajas frecuencias(http://www.mit.edu/~millitsa/resources/pdfs/wuw37-stojanovic.pdf)	87
Figura 7-14 Coeficiente de absorción según la frecuencia (http://www.geintra-uah.org/system/files/modelos_de_propagacion_de_senales_acusticas_en_entornos_subacuaticos_i_y_ii-vdef.pdf).....	88
Figura 7-15 Pérdidas por rebote en el fondo	88
Figura 7-16 Ecuación básica del aspecto energético [21]	89
Figura 7-17 Componentes del sonar DE 1160 LF [21]	91

Figura 7-18 Modos de transmisión (TRDT, WDRT y ONMI) (Sistemas de Armas y Tiro Naval II, C.C Iglesias Aneiros)	94
Figura7-19 Red de Áreas Marinas Protegidas de España (RAMPE) (http://www.magrama.gob.es/es/costas/temas/biodiversidad-marina/Mapa_RAMPE_puntos_tcm7-306802.jpg).....	97
Figura7-20 Equipo PAM (Método de detección pasiva) (http://www.magrama.gob.es/es/costas/formacion/Manual_PAM_espa%C3%B1oles_tcm7-323456.pdf)	98
Figura 7-21 Avistamiento de cetáceos (http://www.travelsportcanarias.com/gestor_web/gestor_pv/imgpv_pv/214/214a_hb_53edf1a86ae2b.jpg).....	99
Figura 7-22 Curva PROPLOS Océano Atlántico mes de Febrero obtenidas por el programa WADER 32.	101
Figura 7-23Curva PROPLOS Mar de Alborán mes de Octubre obtenidas por el programa WADER 32.	102
Figura 7-24 Espectros medios del ruido ambiental de las aguas profundas (http://mit.ocw.universia.net/13.00/NR/rdonlyres/D629E305-6EC8-4664-B7A4-AF44152E54B4/0/1300_acoustics_lecture_notes.pdf).....	104
Figura 7-25 Niveles de presión sonora de propagación del sonar LFA-SURTASS (http://tanis.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_04_05/io9/public_html/sonar.html)	105
Figura A1-0-1 Burbujas de nitrógeno en el hígado de cetaceos (http://esmateria.com/2012/07/17/canarias-demuestra-que-prohibir-sonar-militar-frena-muerte-cetaceos/#prettyPhoto/5/)	117
Figura A1-0-2 Zifio de Cuvier (http://latin.wdcs.org/graphics_bin/northern_bn_whale02.jpg) ...	119
Figura A2-0-1 Fotos informe 1 [11].....	124
Figura A2-0-2 Foto informe 2 [11]	125
Figura A2-0-3 Foto informe 3 [11]	125
Figura A3-0-1 Partes de un cetáceo [23].....	129
Figura A3--0-2 Delfín común 1 [23].....	130
Figura A3-0-3 Delfín común 2 [23]	130
Figura A3-0-4 Delfín listado 1 [23]	130
Figura A3-0-5 Delfín Listado 2 [23].....	131
Figura A3-0-6 Delfín moteado del atlántico 1 [23].....	131
Figura A3-0-7 Delfín moteado del Atlántico 2 [23].....	132
Figura A3-0-8 Delfín mular 1 [23].....	132
Figura A3-0-9 Delfín mular 2 [23].....	132
Figura A3-0-10 Calderón gris 1 [23].....	133
Figura A3-0-11 Calderón gris 2 [23].....	133
Figura A3-0-12 Marsopa común 1 [23]	134
Figura A3-0-13Marsopa común 2 [23]	134

Figura A3-0-14 Calderón Común 1 [23].....	135
Figura A3-0-15 Calderón común 2 [23].....	135
Figura A3-0-16 Calderón tropical 1 [23]	136
Figura A3-0-17 Calderón tropical 2 [23]	136
Figura A3-0-18 Cachalote 1 [23]	137
Figura A3-0-19 Cachalote 2 [23]	137
Figura A3-0-20 Orca 1 [23].....	138
Figura A3-0-21 Orca 2 [23].....	138
Figura A3-0-22 Zifio común 1 [23]	139
Figura A3-0-23 Zifio común 2 [23]	139
Figura A3-0-24 Roncual Común [23]	139
Figura A3-0-25 Roncual Común 2 [23]	140
Figura A4-0-1 Cachalote 1 [12]	141
Figura A4-0-2 Cachalote 2 [12]	142
Figura A4-0-3 Area Cachalote [12].....	143
Figura A4-0-4 Área Cachalote 2 [12].....	144
Figura A5-0-1 Zona Zifios 1 [12].....	146
Figura A5-0-2 Zona Zifio 2 [12]	146

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Legislación actual vigente.....	13
Tabla 4-2 Areas clave españolas	54
Tabla 5-1 Distancia de precaución para fuentes impulsivas	59
Tabla 5-2 Potencia acústica de seguridad para fuentes coherentes	59
Tabla 5-3 Criterios de Riesgo Daños del Tono [15]	61
Tabla 5-4 Criterios de Riesgo Daños de Pulsos [15].....	62
Tabla 5-5 Múltiples criterio de riesgo de daño de la exposición [15].....	62
Tabla 5-6 Establecimiento de las nuevas áreas protegidas costeras y marinas en el marco de la red natura 2000 [16]	66
Tabla 5-7 Medidas de aminoramiento de impacto del uso del sonar sobre la fauna marina.....	70
Tabla A1-1 Criterios de lesión física propuestos para cetáceos expuestos a eventos acústicos (exposiciones simples o múltiples en un periodo de 24h) [7]	115
Tabla A1-2 Tipos de sonidos, características acústicas y ejemplos seleccionados de fuentes sonoras antropogénicas. [7]	115

1 INTRODUCCIÓN ACÚSTICA SUBMARINA Y OBJETIVOS: EL PROBLEMA DE LA CONTAMINACIÓN

Las fuentes sonoras inducidas por ciertas actividades humanas, presentan efectos físicos, fisiológicos y de comportamiento sobre la fauna marina (mamíferos, reptiles, peces e invertebrados), efectos que pueden ser de diverso rango en función de la cercanía a la fuente sonora.

Los mamíferos marinos, y especialmente los cetáceos, dependen del intercambio acústico para un gran número de actividades y comportamientos vitales como la comunicación, orientación, relación con el medio, alimentación, y la gran mayoría de actividades dentro de un grupo social.

En estos últimos años el ruido antropogénico en el medio marino ha crecido de una manera importante. Por otra parte, los organismos marinos superiores, en particular los cetáceos, no han desarrollado todavía la capacidad de adaptar su sistema de audición a fuentes sonoras importantes cuyo impacto se desconoce en la funcionalidad de sus sistemas vitales.

Además, aunque el ruido ambiental fue regulado con anterioridad y de modo exhaustivo, la contaminación acústica marina se ha introducido en los marcos legales internacionales sólo recientemente, traspasándose a las regulaciones nacionales de algunos países. Por tanto, se considera importante que la contaminación acústica marina se someta a un tratamiento de investigación, en cuanto a la prevención de impactos y a la obligatoriedad de evaluación de impacto ambiental previa a la realización de actividades contaminantes.

Evaluar el impacto acústico de fuentes sonoras artificiales en el medio marino es una tarea costosa por varios motivos. El primero es la relativa falta de información sobre el mecanismo de análisis de sonidos por parte de los organismos marinos. Aunque somos capaces de grabar y catalogar la mayoría de estas señales, no conocemos aun su papel e importancia en el equilibrio y desarrollo de las poblaciones de las especies marinas. En segundo lugar, el posible impacto de emisiones sonoras no sólo concierne a los sistemas de recepción auditiva sino que puede intervenir en niveles sensoriales o sistémicos y resultar letal para el animal afectado. [1]

Si a estas dos razones de peso se añade el hecho que una exposición puntual o prolongada a un ruido determinado puede tener consecuencias negativas a medio y largo plazo y, por lo tanto, no observarse de inmediato, se entiende, sin excusar la falta de previsión ni de medios para investigar, la gran dificultad a la cual se está confrontando la comunidad científica para obtener unos datos objetivos que permitan controlar de forma efectiva la introducción de ruido antropogénico en el mar.

Adicionalmente, nos encontramos con un problema grave, que es el relativo a la homogenización de las mediciones. Por el momento no existe aún un protocolo de toma de medidas para abordar la contaminación acústica marina ni tampoco un acuerdo sobre la expresión de éstas. Mientras el problema va resolviéndose, en este trabajo se evalúan y analizan los aspectos relativos a tales muestreos sonoros en función del comportamiento científico de control, de modo que este diagnóstico permita orientar las acciones preventivas y de gestión precisas para avanzar en el control de la contaminación acústica.

Por otra parte, han de adoptarse protocolos de aminoramiento de impacto, y este esfuerzo debe realizarse de forma paralela a la aplicación de las medidas de mitigación ya existentes.



Figura 1-1 Varamiento de un zifio (http://3.bp.blogspot.com/-1cCUtmzq2zs/U3vZUD_2DHI/AAAAAAAAIqQ/-BST5Mosi4w/s1600/se%C3%B1alan+a+la+Marina+de+EE.UU.+por+un+varamiento+masivo+de+ballenas.JPG)

2 NORMATIVA REGULADORA DE CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

La legislación nacional aplicable para ruido ambiental actualmente es la Ley 37/2003 del Ruido y los Reales Decretos que la desarrollan (1513 y 1367), así como la Ley 41/2010 de Protección del Medio Marino, la Ley 42/2007 del Patrimonio Natural y la Biodiversidad y la Ley 21/2013 de Evaluación de Impacto Ambiental. [2]

Además de la legislación ya existente a nivel nacional, la contaminación acústica marina está contemplada en el marco del Derecho Internacional, tanto a través de instrumentos normativos como a través de resoluciones, procedentes de diferentes instituciones tales como el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (ONU-PNUMA), la Organización Marítima Internacional (OMI), la Convención sobre el Derecho del Mar de las Naciones Unidas (UNCLOS), las instituciones de la Unión Europea así como numerosos convenios de gestión y conservación del medio marino.

En estos textos y resoluciones se invoca el principio de precaución y la puesta en marcha de medidas de mitigación de impacto. España forma parte de la gran mayoría de estos convenios internacionales y como tal se le urge a actuar en consecuencia.

El retraso en la aplicación de las regulaciones existentes sobre el control de la contaminación acústica en marina, es consecuencia del desconocimiento tradicional acerca del uso acústico por la fauna marina y de su papel estructurante en el ecosistema acuático, al facilitar ciertas funciones vitales.

A pesar de la incertidumbre científica existente en algunos casos, es evidente que el ruido antrópico marino es una forma de contaminación y por tanto es necesario controlar su emisión, como la de cualquier otro contaminante. Un beneficio de este control es que el ruido no sufre bioacumulación, la contaminación acústica desaparece en cuanto se detiene la fuente de ruido, por lo que las medidas de mitigación, en cuanto a mejoras tecnológicas y reducción de las emisiones, serán de efecto positivo inmediato.

Existen ya numerosas medidas de mitigación de impacto, que se aplican en diverso grado en distintos países, en forma de guías de conducta o reguladas legislativamente. Es práctica común que las actividades generadoras de ruido de alta intensidad deban someterse a procedimientos de evaluación de impacto antes de obtener licencia de actuación. Algunas de las medidas de mitigación existentes requieren aún de una evaluación técnica específica, para probar y optimizar su efectividad. Otras son medidas sencillas y de clara aplicación lógica.

A continuación se esquematizan estas medidas de mitigación de impacto, clasificadas para las distintas actividades productoras de contaminación acústica.

Los trabajos científicos sobre el impacto del ruido en la biodiversidad marina son relativamente recientes, por lo que no sorprende que la legislación a todos los niveles (internacional, europeo, nacional) no recoja todavía de forma específica este problema y sólo algunos instrumentos internacionales estén comenzando ahora a plantearse la adopción de medidas legislativas específicas.

No obstante, que esta materia no cuente con instrumentos específicos regulatorios no quiere decir que otra serie de instrumentos de carácter horizontal (estrategias marinas, evaluación ambiental estratégica y ambiental) o sectorial (legislación de ruido, legislación de protección de espacios y especies) no ofrezcan, o puedan ofrecer, importantes medidas de protección, en algunos casos mediante una mejor aplicación y observación de las mismas y en otros casos mediante su desarrollo.

La **Ley 41/2010, de 29 de diciembre**, de protección del medio marino, instrumento de transposición al ordenamiento jurídico español de la Directiva marco sobre la Estrategia Marina (Directiva 2008/56/CE), establece las estrategias marinas como el instrumento básico de planificación para todas las aguas marinas, incluidos el lecho, el subsuelo y los recursos naturales, sometidas a soberanía o jurisdicción española. [3] Como herramienta de planificación efectiva de todo el medio marino, las mismas deben integrar las consideraciones del ruido a la hora de realizar dicha planificación, por lo que la regulación del ruido y sus impactos, niveles máximos y medidas correctoras, deben ser un elemento integral de dichas estrategias.

Por otra parte, la normativa de evaluación ambiental como herramienta eficaz para prevenir los impactos que los planes, programas, proyectos y actividades pueda tener sobre el medio, antes de que dichas actividades se lleven a cabo. En cuanto a la regulación específica o sectorial, España cuenta con una ambiciosa normativa sobre ruido (Ley 37/2003 del Ruido). Dicha normativa supera el ámbito de aplicación de la normativa comunitaria en la materia ambiental (Directiva 2002/49 sobre evaluación y gestión del ruido ambiental, la cual se reduce al ruido ambiental al que estén expuestos los seres humanos) aunque no está aplicada al medio acuático, nada parece impedir que la misma se pueda utilizar como base jurídica para desarrollar un reglamento específico sobre el ruido submarino.

Por otra parte, la normativa de protección de espacios y especies, que establece importantes medidas específicas de protección (Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad y Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas). La normativa europea por la que se establece la Red Natura 2000 (Directiva 92/43/CEE relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres) establece la obligación de los Estados miembros de adoptar las medidas apropiadas de gestión para evitar, en las zonas de la Red Natura 2000, el deterioro de los hábitats naturales y de los hábitats de especies, “así como las alteraciones que repercutan en las especies que hayan motivado la designación de las zonas” (artículo 6.2).

Además, establece la obligación de someter a una evaluación ambiental específica, con respecto a las afecciones concretas que puedan tener sobre los objetivos de conservación de los lugares de la Red Natura, los programas, planes o proyectos que puedan afectar lugares de la red; estableciendo, de forma general, la prohibición de realizar proyectos que puedan tener un impacto negativo sobre dichos lugares.

A continuación se presentará una esquematización de la legislación jurídica vigente actualmente, para un posterior resumen de la normativa jurídica internacional que sirve de base para el desarrollo de medidas contra el ruido submarino, y para finalizar nos centraremos en el análisis de los más relevantes mecanismos de protección jurídica a nivel nacional

LEGISLACIÓN ACTUAL VIGENTE
MARCO INTERNACIONAL
Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (UNCLOS)
Convenio OSPAR para la protección del Medio Ambiente Marino del Atlántico del Nordeste
Convenio de Barcelona para la protección del medio marino y de la región costera del Mediterráneo
Convenio de Bonn sobre Especies Migratorias de Animales Silvestres (CMS)
Acuerdo para la Conservación de los Cetáceos del mar Negro, el mar Mediterráneo y el Área Atlántica Vecina (ACCOBAMS)
Acuerdo para la conservación de los pequeños cetáceos del mar Báltico, el nordeste Atlántico, el mar de Irlanda y el mar del Norte (ASCOBANS)
Organización Marítima Internacional (OMI)
Comisión Ballenera Internacional (CBI)
MARCO COMUNITARIO
Directiva marco sobre la Estrategia Marina (Directiva 2008/56/CE por la que se establece un marco de acción comunitaria para la política del medio marino)
Directiva relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres (Directiva 92/43/CEE de Hábitats)
LEGISLACIÓN NACIONAL
Normativa sobre Ruido (Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido)
Normativa de Evaluación ambiental (Ley 21/2013, 9 de diciembre)
Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad
Ley 41/2010, de 29 de diciembre, de Protección del Medio Marino (transposición de la Directiva marco sobre la Estrategia Marina)

Tabla 2-1 Legislación actual vigente

2.1 Marco Internacional.

Convención de las Naciones Unidas sobre Derecho del Mar (UNCLOS)

La Convención sobre el Derecho del Mar, de la que España forma parte desde su ratificación en 1997, prevé la adopción de medidas contra la contaminación del medio marino. Su definición de “contaminación del medio marino” (artículo 1.1), está incluida dentro del ruido submarino, “introducción por el hombre, directa o indirectamente, de sustancias o de energía que puedan producir efectos nocivos en el medio marino.

El capítulo XII de este Convenio se ocupa en su totalidad de la protección y conservación del medio marino. En el mismo conviene destacar diferentes obligaciones de los Estados en la lucha contra todo tipo de contaminación en el medio marino (artículo 194), en particular que dichas acciones deben incluir medidas especiales para la protección y conservación de ecosistemas frágiles o raros, así como los hábitats de aquellas especies amenazadas.

El artículo 236 concede cierta inmunidad con respecto a las anteriores medidas a las actividades militares de los Estados; exclusión parcial debida a que el compromiso expresado en dicho artículo es que las cumplirán en la medida de lo posible [2]. Además permite explícitamente a los Estados optar por la aplicación de sus disposiciones a las controversias relativas a actividades militares, incluidas las actividades militares de buques y aeronaves de Estado dedicadas a servicios no comerciales.

En el desarrollo de las provisiones de esta Convención, la Asamblea General de Naciones Unidas ha reflejado en los últimos años el ruido antropogénico como una de las amenazas emergentes a la biodiversidad marina, intentando promover mayores estudios y consideración a este tema y lleva a cabo actividades de compilación de información y estudios en la materia. Además del desarrollo y seguimiento genérico que le da la Asamblea General de Naciones Unidas a este Convenio, la verdadera implementación del mismo se lleva a cabo a través de los llamados Convenios de mares regionales, donde España es participante.



Figura 2-1 Logotipo UNCLOS (<http://www.dipublico.org/wp-content/uploads/2013/03/derechodelmar.png>)

Convenio OSPAR para la protección del Medio Ambiente Marino del Atlántico del Nordeste

En el marco del Convenio OSPAR encontramos, por una parte, los artículos 1(d) y 2, los cuales contienen la obligación por parte de los Estados parte de reducir y mitigar los impactos de la contaminación en el medio ambiente marino.

En el Anexo V del Convenio OSPAR sobre la protección y conservación de los ecosistemas y la diversidad biológica, las partes se comprometen a adoptar las medidas necesarias para proteger,

preservar y gestionar las especies amenazadas y, en particular, a identificar, con vistas a su regulación, las actividades que causan, o es probable que causen, un impacto significativo sobre la conservación de la biodiversidad. En relación a este último punto, conviene destacar también la obligación de las partes de implementar el principio de precaución y la obligación de utilizar las mejores tecnologías disponibles para reducir y mitigar dichos impactos.

En este contexto, la Comisión OSPAR gestionando el ruido submarino. Así, en 2009 aprobó un documento base de evaluación de los impactos del ruido submarino en el medio marino e introdujo un apartado sobre la contaminación marina en el Programa Conjunto de Evaluación y Seguimiento (JAMP) de OSPAR. Este Programa (JAMP) indica, en su apartado de acciones a realizar, que “*deben incrementarse los esfuerzos para desarrollar y aplicar medidas de mitigación para reducir los impactos del ruido submarino sobre la vida marina*”. [2]

En consecuencia, en el Informe sobre la Calidad del Medio Marino (QSR) 2010, se invitó a las partes a desarrollar las directrices sobre las mejores prácticas ambientales y mejores técnicas disponibles para mitigar las emisiones de ruido y los impactos ambientales del ruido submarino (OSPAR 2010).



Figura 2-2 Logotipo OSPAR(<http://mare.essenberger.de/images/internationale-konventionen/schutzgebiete-ospar-thumb.jpg>)

Convenio de Barcelona para la protección del medio marino y de la región costera del Mediterráneo

De manera similar al Convenio OSPAR, el Convenio de Barcelona cuenta con diferentes provisiones en las que, conforme a la Convención de Derecho del Mar, las Partes Contratantes se comprometen a reducir y mitigar los impactos de la contaminación en el Medio marino (artículos 4 y 2(a)).

El artículo 4 (3) del Convenio establece que todas las actividades que puedan afectar al medio ambiente marino, y que están sujetas a autorización por las autoridades nacionales competentes, requieren una evaluación de impacto ambiental. Este Convenio cuenta con diferentes protocolos, uno de los cuales es el Protocolo para la Protección del Mediterráneo frente a la contaminación derivada de la exploración y explotación de la plataforma continental y el suelo y subsuelo marino.

En el artículo 3 de este Protocolo se establece que todas las Partes deben usar las mejores tecnologías disponibles y las mejores prácticas para prevenir y eliminar la contaminación de las actividades marinas. A su vez, el artículo 3 del Protocolo sobre las Zonas Especialmente Protegidas y la Diversidad Biológica del Mediterráneo establece que cada parte tiene la obligación de tomar las medidas necesarias para proteger, preservar y gestionar las especies amenazadas y en peligro, y en particular, deben identificar, con vistas a su regulación, las actividades que tienen o pueden llegar a tener un impacto significativo sobre la conservación de la biodiversidad.

Por otra parte, el Convenio de Barcelona aprobó en la Conferencia de las Partes (CoP) de 2008 la aplicación del enfoque ecosistémico en la gestión de las actividades humanas que puedan afectar a la región mediterránea y en la que se elaboraba una hoja de ruta. Además, se ha adoptado mediante una Decisión aprobada en la COP, define 11 objetivos ecológicos, análogos a los 11 descriptores definidos en la Directiva Marco sobre la Estrategia Marina para la determinación del buen estado ambiental, para los cuales se establecen unos objetivos operacionales y unos indicadores que permitirán verificar el cumplimiento de los primeros. [2]



Figura 2-3 Logotipo UNEP

(http://www.magrama.gob.es/es/costas/temas/proteccion-del-medio-marino/logo_unep-map_tcm7-336764.JPG)

Convenio de Bonn sobre Especies Migratorias de Animales Silvestres (CMS)

El enfoque de este Convenio se fija en poblaciones de especies migratorias y en el ámbito de distribución geográfica de las mismas, para lo cual desarrolla acuerdos específicos, de los que luego se analizarán un par de ejemplos de gran importancia por su trabajo en materia de ruido submarino. En el marco de esta convención es conveniente destacar la Resolución 10.24 (noviembre 2011). “*Siguientes pasos para reducir la contaminación acústica submarina para la protección de cetáceos u otras especies migratorias*”. [2]

Las partes contratantes confirman la necesidad de limitar las emisiones nocivas de ruido submarino a través de medidas de gestión nacionales, regionales e internacionales (incluyendo regulaciones cuando sea necesario), al tiempo que se comprometen, entre otros, a:

- Asegurar que las Evaluaciones Ambientales, tienen en cuenta todos los efectos que las actividades puedan tener sobre los cetáceos y la biota marina y sus rutas migratorias, considerando un enfoque ecológico holístico desde la fase de planificación estratégica.
- Aplicar las Mejores Técnicas Disponibles (BAT) y las Mejores Prácticas Ambientales (BEP), incluyendo tecnologías limpias cuando sea apropiado, en sus esfuerzos para prevenir y eliminar la contaminación acústica/ ruido submarino.

- Integrar la cuestión del ruido submarino en los planes de gestión de las Áreas Marinas Protegidas.

Por otra parte, mediante la reciente Resolución 9.19 sobre Impactos Antropogénicos adversos por ruido en el medio marino y oceánico sobre los cetáceos y sobre otras biotas de 2008, las Partes Contratantes se comprometen a:

- Controlar el impacto de la contaminación sonora antropogénica en el hábitat de especies vulnerables y en zonas donde los mamíferos marinos u otras especies en peligro pueden estar concentradas.

• Adoptar medidas de reducción del uso de sónares navales de alta intensidad hasta que una evaluación transparente de su impacto ambiental sobre los mamíferos marinos, los peces u otras formas de vida marina haya sido completada y en la medida de lo posible, intentar prevenir los impactos de su uso, especialmente en áreas reconocidas o con probabilidad de ser hábitats importantes de especies particularmente sensibles a sónares activos.

- Seguir desarrollando trabajos y estudios relativos al ruido submarino y aportar información relevante sobre el ruido submarino.

- Examinar la posibilidad de introducir “zonas protegidas de los ruidos”, donde la emisión de ruidos submarinos pueda ser controlada y minimizada para la protección de los cetáceos y otras biotas.



Figura 2-4 Logotipo CMS (<http://www.fucema.org.ar/old/cdb/imagenes/cms1.gif>)

Acuerdo para la Conservación de los Cetáceos del mar Negro, el mar Mediterráneo y el Área Atlántica Vecina (ACCOBAMS)

Varias Resoluciones han sido aprobadas bajo el marco de ACCOBAMS, un acuerdo emanado del Convenio sobre Especies Migratorias, en esta materia. La más reciente es la Resolución 4.17: Directrices para tratar el impacto del Ruido Antropogénico sobre los Mamíferos Marinos en el área de ACCOBAMS (año 2007). [4]

En esta Resolución se establecen unas Directrices para gestionar los impactos del ruido submarino sobre los cetáceos en el Área ACCOBAMS, como referencia para el correcto desarrollo de actividades que producen ruido submarino. Mediante la Resolución se pide a las partes:

- Asumir el ruido submarino en el medio marino, incluyendo los efectos acumulativos, a la luz de la mejor información científica disponible y teniendo en consideración la legislación aplicable, en particular lo referente a la necesidad de llevar a cabo Evaluación Ambiental antes de autorizar las actividades productoras de ruido submarino.

- Integrar las cuestiones asociadas al ruido submarino en los planes de gestión de las Áreas Marinas Protegidas. Evitar o minimizar la producción de ruido en Áreas Marinas Protegidas y en Áreas que contengan hábitats críticos de cetáceos que puedan ser afectados por ruido antropogénico.

Conjuntamente, la Reunión de las Partes enfatiza la necesidad de aplicar el enfoque de precaución e insta a la Secretaría a desarrollar un listado de las actividades de la región que han sido aprobadas y que incluyen una componente de ruido; este listado debe hacerse sobre la base de los informes enviados por las Partes.

Por otra parte, la Reunión de las Partes insta al grupo de trabajo establecido bajo la Resolución 3.10, *Directrices para tratar el impacto del Ruido Antropogénico sobre los Mamíferos Marinos en el área de ACCOBAMS*, [2] aprobada en el año 2007, a que, en cooperación con la Secretaría, el Comité Científico y las partes desarrollen las directrices presentadas con el objetivo de probar su aplicación en áreas específicas e informar acerca de los progresos alcanzados en la implementación de la Resolución 4.17.

Otras resoluciones de este Acuerdo con relevancia en la materia son:

- Resolución 2.16 “Evaluación de Impacto del Ruido Antropogénico” (“Impact Assessment of Man-Made Noise”), 2004.
- Resolución 2.12 “Directrices para el uso de Instrumentos de Disuasión Acústica” (“Guidelines for the Use of Acoustic Deterrent Devices”), 2004.
- Resolución 1.11 “Directrices para las Actividades de Observación de Cetáceos en el área ACCOBAMS” (“Guidelines for Commercial Cetacean-Watching Activities in the ACCOBAMS Area”), 2002.
- Resolución 5.15 “Abordar el impacto del ruido antropogénico”(Addressing the impact of anthropogenic noise),2013



Figura 2-5 Logotipo ACCOBAMS(http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/6/69/ACCOBAMS_logo.png)

Acuerdo para la conservación de los pequeños cetáceos del mar Báltico, el nordeste Atlántico, el mar de Irlanda y el mar del Norte (ASCOBANS)

Este Acuerdo en su Quinta Reunión de las Partes (MOP-5, 2006) adoptó una resolución sobre el efecto adverso del ruido, los barcos y otras formas de impacto sobre pequeños cetáceos.

En dicha resolución las Partes se comprometen a desarrollar, junto con las autoridades relevantes, incluidas *las militares*, medidas correctoras, incluida la evaluación ambiental, para reducir

el impacto y el posible daño físico a los pequeños cetáceos. Igualmente esta resolución hace referencia a otros dispositivos acústicos de barcos de pesca, a las actividades industriales extractivas o a cualquier otro tipo de impacto o alteración. Se indica además la necesidad de evaluar la efectividad de cualquier tipo de directrices o medidas de mitigación introducidas. [2]

Destaca también la Resolución adoptada por la Sexta reunión de las Partes (MOP-6) en 2009, relativa a “Efectos adversos del ruido submarino sobre los mamíferos marinos durante las actividades de construcción marinas para la producción de energías renovables”, (Resolución 6.2).



Figura 2-6 Logotipo Ascobans
(http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/47/ASCOBANS_HighRes_Logo.jpg)

Organización Marítima Internacional (OMI)

La OMI estableció dentro de la agenda de su Comité de Protección del Medio Ambiente Marino, como tema prioritario, el identificar y desarrollar medidas para minimizar la introducción de ruido accidental de tráfico comercial en el mar.

Así, la Resolución A.982 (24) (2005) reconoce al ruido como uno de los vertidos, emitidos por los buques, que puede causar daños al medio ambiente marino y a los recursos vivos del mar. Esta Resolución clarifica que, entre las medidas de protección disponibles para su aplicación, están la designación de restricciones de descarga específicas, la identificación de áreas a evitar, la adopción de rutas de navegación de acuerdo a estas áreas, etc.

Fruto de esta Resolución se puede indicar, además, el establecimiento de un Grupo de Trabajo por correspondencia. Este Grupo de trabajo se estableció para determinar y tratar las maneras de reducir al mínimo la introducción accidental de ruido por las operaciones de los buques comerciales en el medio marino y limitar así los posibles efectos adversos en la fauna marina).

A través de los trabajos del Grupo, el Comité de Protección de Medio Marino de la Organización Marítima Internacional ha indicado que las medidas coordinadas y la investigación aplicada en las rutas de navegación podría traducirse en importantes avances para determinar qué tipos de buque y qué buques son más ruidosos, ya que reducir el nivel de ruido que emite un número relativamente pequeño de los buques más ruidosos es un posible modo de reducir de manera eficaz el aporte total de ruido del transporte marítimo al conjunto de ruidos en los océanos.

Esta demanda de datos fiables sobre los ruidos submarinos puso de manifiesto la necesidad de elaborar proceso de muestreo adecuado para la medición del ruido submarino procedente de los buques (de cara a asegurarse de que pueden obtenerse resultados cuantitativos reproducibles).

En este contexto, el documento MEPC 62/19, facilita información sobre la elaboración de la *Norma ISO 16554: Protecting marine ecosystem from underwater irradiated noise –Measurement and reporting of underwater sound radiating from merchant ships*. [2] En él se indica que la norma internacional se encuentra en la etapa de "proyecto de comité" (CD) y se solicitará la aprobación para que registre como "proyecto de norma internacional" (DIS), con miras a su publicación como norma ISO.



Figura 2-7 Logotipo OMI (http://3.bp.blogspot.com/-z5FLfnQYVK0/Ui21dD9x06I/AAAAAAAAAxE/M-5utiujk28/s1600/Logo_OMI_last.png)

Comisión Ballenera Internacional (CBI)

La Resolución 1998-6 de la Comisión Ballenera Internacional se identifica los impactos del ruido antropogénico como un tema prioritario de investigación. Las Conclusiones del 56° Comité Científico específica que determinadas fuentes de ruido antropogénico, como los *sónares militares*, la exploración sísmica, o la navegación, suponen una amenaza significativa y creciente para los cetáceos, con consecuencias crónicas y severas, ofreciendo a los gobiernos una serie de recomendaciones para regular el ruido antropogénico. [2]



Figura 2-8 Logotipo CBI (http://www.noaa.gov/iwc/images/header_IWC2012.png)



Figura 2-9 Ballena saltando (<http://www.chiledesarrollosustentable.cl/wp-content/uploads/2014/10/ballena-comisi%C3%B3n14.jpg>)

2.2 Marco Comunitario

Directiva marco sobre la Estrategia Marina (Directiva 2008/56/CEE por la que se establece un marco de acción comunitaria para la política del medio marino)

Mediante esta Directiva los Estados miembros quedan obligados a establecer las medidas necesarias para lograr o mantener un buen estado ambiental del medio marino a más tardar en el año 2020 (artículo 1). [5]

La definición del buen estado medioambiental implica que la utilización del medio marino se encuentra en un nivel sostenible que exige que los vertidos antropogénicos de sustancias y de energía, incluidos los ruidos, no generen efectos de contaminación (artículo 3). La Directiva prevé la consecución de estos objetivos a través de la elaboración de Estrategias marinas con la definición de las autoridades competentes, los objetivos medioambientales concretos y los programas de medidas específicas.

Por otra parte, el impacto del ruido en el medio marino tendrá que ser objeto de las medidas oportunas, especialmente de cara a los programas de medidas. La CEE, dentro de la Decisión 2010/477/UE de 1 de septiembre de 2010, sobre los criterios y normas metodológicas aplicables al buen estado medioambiental de las aguas marinas, definió para este descriptor dos indicadores que permitieran evaluar el estado actual. Dichos indicadores son los siguientes [2]:

- a) *Distribución temporal y espacial de los ruidos impulsivos de alta, baja y media frecuencia*: proporción de días y su distribución a lo largo de un año natural en zonas de una determinada superficie, así como su distribución espacial, en los que las fuentes sonoras antropogénicas superen niveles que puedan producir en los animales marinos un significativo impacto.
- b) *Ruido continuo de baja frecuencia*: evolución del nivel de ruido ambiental, medido por estaciones de observación o, si procediere, haciendo uso de algún modelo.

Por otro lado, dado que es uno de los descriptores menos estudiados, la CE estableció un Subgrupo de expertos con el objetivo de revisar la información disponible y ayudar a los Estados Miembros con la aplicación técnica de los Indicadores definidos para el Descriptor.

El informe clarifica el propósito, uso y limitaciones de los indicadores y describe que la metodología será concreta, efectiva y practicable en un primer esfuerzo por clarificar el desarrollo técnico de los indicadores y por tanto avanzar con la aplicación práctica de los mismos.

Directiva relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres (Directiva 92/43/CEE de Hábitats)

En el campo de biodiversidad el instrumento más ambicioso de la Unión Europea sin ninguna duda es la creación de la Red Natura 2000, a través de la Directiva 92/43/CEE. [2]

Esta Directiva exige a los Estados miembros, dentro de su territorio o dentro de las aguas marítimas bajo su soberanía o jurisdicción nacional, la creación de Zonas Especiales de Conservación para aquellos hábitats y especies recogidos en los anexos de la Directiva (entre los que se incluyen

tanto hábitats como especies marinas) para asegurar la conservación de los mismos y evitar su deterioro.

Para asegurar esto último, las Zonas Especiales de Conservación deben de contar con adecuados planes o instrumentos de gestión con las medidas adecuadas. En el caso de las Zonas Especiales de Conservación establecidas en el medio marino, las anteriores medidas deberán establecer las correspondientes limitaciones con respecto al ruido si existen razones que así lo justifiquen.

Además de esta importante obligación general de no deterioro (artículo 6.1), la Directiva prevé un mecanismo reforzado de protección al establecer que cualquier plan, programa o proyecto que pudiera afectar de forma apreciable a dichas Zonas Especiales de Conservación deberá someterse a una adecuada evaluación ambiental de sus repercusiones en el lugar.

Si a pesar de las conclusiones negativas de la evaluación, y a falta de soluciones alternativas, debiera realizarse un plan o proyecto por razones imperiosas de interés público de primer orden, incluidas razones de índole social o económica debidamente justificadas, el estado miembro tomará cuantas medidas compensatorias sean necesarias para garantizar que la coherencia global de NATURA 2000 queda protegida.

En caso de que el lugar considerado albergue un tipo de hábitat natural y/o una especie prioritarios, únicamente se podrán alegar consideraciones relacionadas con la salud humana y la seguridad pública, o relativas a consecuencias positivas de primordial importancia para el medio ambiente. Es conveniente destacar que la Directiva ofrece esta protección desde la nominación de un cierto espacio en las listas de LIC (Lugar de Importancia Comunitario) sin tener que esperar a su designación como Zona Especial de Conservación.



Figura 2-10 Tiburon ballena (<http://nauticalnewstoday.com/wp-content/uploads/tiburon-ballena-rhincodontypus11.jpg>)

2.3 Marco Nacional

Normativa sobre Ruido (Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido)

Esta normativa muestra una importante ambición del ordenamiento español relativo a la acústica ambiental, al superar con creces el ámbito de aplicación y el objeto de la normativa europea sobre Ruido ambiental (Directiva 2002/49/CE), el cual se reduce al impacto del ruido ambiental sobre los seres humanos. No obstante, hay que tener en cuenta que *la legislación española excluye igualmente de su ámbito las actividades militares*.

En su articulado destaca el art. 7.1 que establece que los límites de inmisión se regulan por el Real Decreto 1367/2007 en los Espacios Naturales que requieran una especial protección contra la contaminación acústica.

Así, el art. 14.3 de dicho Real Decreto establece que los objetivos de calidad acústica para ruido, aplicables a estos espacios naturales, se establecerán para cada caso en particular, atendiendo a aquellas necesidades específicas de los mismos que justifiquen su calificación. En este sentido, la legislación española no ha definido todavía límites ni objetivos para espacios naturales terrestres, ni mucho menos para el medio marino.

En resumen, *la administración pública deberá determinar la exigencia de esos límites en el medio marino cuando esta exigencia esté justificada, por ejemplo, por la presencia de especies protegidas suficientemente cerca de la fuente de ruido, o en las cercanías de zonas protegidas marinas*. [2] Con respecto al control del ruido en el mar, debe recordarse que no son comparables los niveles de presión sonora en agua y aire, debido a las distintas propiedades del medio de transmisión y a que se utilizan niveles de referencia distintos.

En el caso del mar no deberían aplicarse las ponderaciones realizadas a estudios antropológicos para cuantificar los niveles de sonoridad, pues en conjunto la fauna marina es sensible a un rango de frecuencias mucho más amplio que los seres humanos.



Figura 2-11 Ruido (<http://uprl.unizar.es/img/ruido%201.gif>)

Normativa de Evaluación ambiental (Ley 21/2013, 9 de diciembre, Evaluación Ambiental)

Esta ley de evaluación ambiental resulta indispensable para la protección del medio ambiente. Facilita la incorporación de los criterios de sostenibilidad en la toma de decisiones estratégicas, a través de la evaluación de los planes y programas. Y a través de la evaluación de proyectos, garantiza

una adecuada prevención de los impactos ambientales concretos que se puedan generar, al tiempo que establece mecanismos eficaces de corrección o compensación. [6]

La evaluación ambiental es un instrumento plenamente consolidado que acompaña al desarrollo, asegurando que éste sea sostenible e integrador. La presente reforma se hace en sintonía con los principios que animan la revisión de la normativa comunitaria sobre la evaluación ambiental de proyectos. Además, teniendo en cuenta esta circunstancia se prevén los mecanismos necesarios para una adaptación rápida de los contenidos técnicos que resulten de la futura reforma europea.

La ley reúne en un único texto el régimen jurídico de la evaluación de planes, programas y proyectos, y establece un conjunto de disposiciones comunes que aproximan y facilitan la aplicación de ambas regulaciones. Después de la experiencia de leyes anteriores, la consideración de los impactos ambientales de los proyectos, primero, y de los planes y programas, después, se ha revelado como una herramienta útil para asegurar la sostenibilidad del desarrollo económico. No obstante, también se han apreciado importantes disfunciones y carencias técnicas que importa corregir sin dilación. Son ejemplo de estas insuficiencias, la tardanza en la emisión de algunas declaraciones de impacto ambiental, o la diversidad de normativas (en ocasiones sin justificación medioambiental) que pueden llegar a desvirtuar los efectos preventivos del procedimiento de evaluación ambiental.

Las mejoras técnicas que incorpora esta ley se asientan en la mayor experiencia adquirida y en la mejor conciencia de dónde y cómo se suelen producir los impactos y el mejor modo de mitigarlos. En España, la eficacia de la evaluación ambiental exige establecer un procedimiento que sea común en todo el territorio nacional, sin perjuicio de la facultad constitucional de que las comunidades autónomas disponen para establecer normas adicionales de protección. Por tanto, en materia de medio ambiente, la regulación básica estatal y la autonómica de desarrollo deben asegurar la protección y preservación del medio ambiente.

Esta ley pretende ser un instrumento eficaz para la protección medioambiental. Para alcanzar este objetivo primordial, se propone simplificar el procedimiento de evaluación ambiental, incrementar la seguridad jurídica de los operadores, y en íntima relación con este último fin, lograr la concertación de la normativa sobre evaluación ambiental en todo el territorio nacional. Mediante este proyecto, como anteriormente se anunció, se unifican en una sola norma dos disposiciones: la Ley 9/2006, de 28 de abril, sobre evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente y el Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos. La ley establece un esquema similar para ambos procedimientos, unifica la terminología, y además, estos procedimientos se regulan de manera exhaustiva.

Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad

La transposición de las obligaciones derivadas de la Red Natura 2000 al ordenamiento español se ha llevado a cabo a través del capítulo III (Espacios protegidos de la Red Natura 2000) del Título II de esta ley.

El artículo 45 (1 y 2) se ocupa de las medidas generales de conservación. El apartado 45.4 establece que cualquier proyecto con posible impacto en espacios Red Natura quedará sometido a una evaluación adecuada de sus impactos sobre los objetivos específicos de conservación del lugar. Por tanto, si una actividad ya está teniendo un impacto en un lugar de Red Natura 2000, los planes de gestión deberían introducir limitaciones a la misma para evitar dicho deterioro. Si una actividad nueva pretende llevarse a cabo la misma tendría que someterse a la evaluación adecuada de sus efectos sobre

el lugar Red Natura 2000 en cuestión, procedimientos que estaban regulados a su vez por la Ley 9/2006 de evaluación ambiental estratégica y el Real Decreto 1/2008 de Evaluación de Impacto ambiental.

En desarrollo de esta Ley, ha sido aprobado el Real Decreto 1274/2011, de 16 de septiembre, por el que se aprueba el Plan estratégico del patrimonio natural y de la biodiversidad 2011-2017, en aplicación de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, que se refiere al "Medio marino y Litoral" incorporando una referencia al ruido subacuático del modo siguiente:

El ruido subacuático, producido por equipos acústicos submarinos o la navegación entre otros, es otra de las amenazas que hay que considerar. [2] El sentido del oído es vital para muchos animales, y en especial para cetáceos, ya que lo utilizan para buscar presas, orientarse, migrar, o relacionarse entre miembros de la misma especie. Gran cantidad de especies marinas sufren la exposición a ruidos de origen humano que pueden causar daños auditivos, produciendo como consecuencia que se desequilibren los ecosistemas marinos.

Por tanto se ha de fomentar la integración de la biodiversidad en las políticas sectoriales, estableciendo varios objetivos y varias acciones que abren la vía para el establecimiento de criterios limitadores de ruidos subacuáticos, y son los siguientes:

- Establecer una planificación integrada del medio marino de forma que se reduzca el impacto sobre la biodiversidad de las actividades humanas.
 - Acción 1 Establecer, para cada demarcación marina y en el marco de las estrategias marinas, programas de medidas para lograr el buen estado ambiental de la biodiversidad marina.
- Establecer Áreas Marinas Protegidas y espacios de la Red Natura 2000 en el medio marino y asegurar su gestión coherente.
 - Acción 2 Elaborar los criterios mínimos comunes para la gestión coordinada y coherente de la Red de Áreas Marinas Protegidas de España, así como el Plan Director de la Red.
 - Acción 3 Elaborar, aprobar y aplicar planes de gestión de las Áreas Marinas Protegidas y de los lugares Red Natura 2000 de competencia estatal.
- Adoptar medidas para la protección de hábitats y especies marinos
 - Acción 4 Aprobar y aplicar estrategias y planes de recuperación y conservación de especies, subespecies y poblaciones marinas incluidas en el Catálogo Español de Especies Amenazadas que sean de competencia estatal.
 - Acción 5 Aprobar y aplicar estrategias y planes de conservación y restauración de hábitats marinos incluidos en el Catálogo Español de Hábitats en Peligro de Desaparición que sean de competencia estatal

Ley 41/2010, de 29 de diciembre, de Protección del Medio Marino (transposición de la Directiva marco sobre la Estrategia Marina)

Según la Ley 41/2010, de 29 diciembre, de protección del medio marino, todos los espacios protegidos situados en aguas bajo soberanía o jurisdicción españolas, representativos del patrimonio natural marino, e independientemente de que su declaración y gestión estén reguladas por normas internacionales, comunitarias, estatales o autonómicas podrán quedar integrados en la RAMPE. Así, el artículo 26 de la Ley 41/2010, en su apartado primero, enumera los *espacios marinos protegidos* de competencia estatal que podrán formar parte de la RAMPE [7]. Estos son:

- a) Las Áreas Marinas Protegidas.
- b) Las Zonas Especiales de Conservación y las Zonas de Especial Protección para las Aves, que conforman la Red Natura 2000.
- c) Otras categorías de espacios naturales protegidos, según establece el artículo 29 de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre.
- d) Las áreas protegidas por instrumentos internacionales, sin perjuicio de que su declaración y gestión se ajustará a lo dispuesto en su correspondiente normativa internacional.
- e) Las Reservas Marinas reguladas en la Ley 3/2001, de 26 de marzo, de Pesca Marítima del Estado.

Asimismo, podrán formar parte de la RAMPE aquellos espacios protegidos y zonas protegidas en el ámbito pesquero cuya declaración y gestión sea competencia autonómica en el supuesto establecido en el artículo 36.1 de la Ley 42/2007, a propuesta de la Comunidad Autónoma afectada, previo acuerdo de la Conferencia Sectorial de Medio Ambiente.

Esta ley entiende la contaminación acústica submarina como toda introducción directa o indirecta en el medio marino de sustancias o energías como consecuencia de la actividad humana, incluida las fuentes sonoras submarinas que provoquen o puedan provocar efectos nocivos (artículo 4.f).

Estableciendo que respecto a la observación de cetáceos regulada en el RD 1727/2007, se requiere la correspondiente autorización previa (artículo 3.4), que es otorgada por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

El Real Decreto 1727/2007, de 21 de diciembre, establece medidas de protección de los cetáceos, los cuales, quedaron incluidos en los anexos II y V de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, incorporados en el Catálogo Español de Especies Amenazadas. [1]

A pesar de la limitada protección del RD 1727/2007, respecto al ruido submarino, dado que no regula el que tiene su origen en la realización de actividades industriales, militares o comerciales. En las medidas generales de protección, recoge la de *producir ruidos y sonidos fuertes o estridentes para intentar atraerlos o alejarlos, incluyendo la emisión de sonidos bajo el agua* (artículo 4.e); e introduce entre las acciones complementarias de protección, un adecuado enfoque integrador cívico-militar al expresar que en caso de herir a uno o varios cetáceos o si se encuentra un animal muerto o herido, *se deberá avisar, a la mayor brevedad e indicando la posición, al Servicio Marítimo de la Guardia Civil, si es en el mar territorial, o a la Fuerza de Acción Marítima de la Armada, si es en aguas marinas que no tengan ese carácter* (artículo 5.2).

Además, esta ley introduce la exigencia de desarrollar estrategias marinas como elementos holísticos y horizontales de planificación, instrumentos en los que la problemática del ruido submarino debe quedar recogida en toda su extensión.

Por otro lado, actualmente se está trabajando en la evaluación inicial, definición del buen estado ambiental y establecimiento de objetivos ambientales en base a dicho descriptor. Para ello se aborda la evaluación del impacto potencial de las actividades humanas generadoras de ruido submarino; considerando los efectos acumulativos de presiones como el tráfico marítimo, la presencia de grandes puertos, la pesca y las campañas de prospección sísmica.



Figura 2-12 Paisaje Archipelágico (<https://geofrikphotos.files.wordpress.com/2014/02/atolc3b3n-poivre.jpg>)

2.4 Conclusiones obtenidas del análisis legislativo realizado.

Como se puede observar dentro del marco internacional y comunitario, se están adoptando medidas contra la contaminación acústica en el medio acuático generada por el ruido antropológico. Como así lo reflejan las convenciones internacionales y regionales, acuerdos derivados desde las organizaciones. La principal acción adoptada reside en obligar a los estados a definir líneas de actuación para la mitigación y protección del ecosistema, sobre todo de especies vulnerables ante ruidos originados por las actividades humanas, como es el caso de los cetáceos. Además de limitar y reducir las emisiones de estos ruidos (conseguir buena calidad acústica ambiental), y de crear zonas especiales de conservación para asegurar la conservación de la flora y fauna, evitando su deterioro o extinción.

Se están creando grupos de trabajo para evaluar las medidas adoptadas y mejorar las prácticas y técnicas ambientales. Además de desarrollar protocolos resoluciones para controlar la contaminación acústica antropológicas y gestionar las zonas marítimas especialmente protegidas. No obstante, desde la Convención de las Naciones Unidas sobre Derecho del Mar, se otorga una inmunidad parcial a las actividades relacionadas con el ámbito militar, debido a que adoptarán las medidas según su situación. Otorgando libertad a los Estados para abordar las acciones de control necesarias. Evidentemente, si esta Convención Internacional que es la precursora de otras convenciones regionales, no limita ninguna acción contaminante, éstas se ven en la tentación de imitarla y no gestionar dicha contaminación.

Únicamente, la convención sobre especies migratorias, en su resolución 9.19, y la Directiva sobre la Estrategia Marina, en la Decisión 2010/477/UE abordan ámbitos que nos interesan en el presente estudio. Una de ellas realiza una breve referencia a la toma de medidas de reducción del uso de sónares navales de alta intensidad, y la otra a la medición del ruido continuo de baja frecuencia y la distribución temporal y espacial del ruido a diferentes frecuencias.

En relación con la legislación española, ésta se queda incompleta pues la protección de la contaminación acústica estudiada en la ley 37/2003 y los R.D. que la desarrollan, 1513/2005 y 1367/2004, son referentes al ruido sobre los seres humanos y en el medio ambiental, y no se han definido límites ni objetivos para espacios naturales marinos. Además si se establece un órgano de control debe ser suficientemente competente para la toma de acciones y decisiones por la dificultad del estudio acuático. Inclusive la ley 21/2013 de Evaluación Ambiental y la ley 42/2007 del Patrimonio Natural y Biodiversidad se limitan a cumplir las acciones referidas a cada campo impuestas por las directivas de la UE, dentro del marco comunitario.

Exclusivamente, la Ley 41/2010, de Protección del Medio Marino regulada por el R.D. 1727/2007, establece que se deberá de avisar de cetáceos heridos o muertos a las autoridades correspondientes según el carácter de las aguas marítimas. Además de desarrollar estrategias y crean una red de Areas Marinas Protegidas dentro de aguas españolas.

Finalmente a modo de conclusión, es importante reflejar que existe un déficit en la legislación Internacional en cuanto a regulación de las actividades militares para la reducción del impacto de la contaminación acústica submarina generada por éstas, al dejarlo a criterio de la legislación nacional. Por tanto, la legislación española no se ha adaptado, según los más avanzados estudios técnicos, para redactar y sustentar la normativa, de modo que cualquier intento de mitigación va a ser insuficiente. Posteriormente se reflejará como la Armada española, mediante una serie de instrucciones permanentes, es la encargada de aminorar el impacto acústico provocado por los sónares de los buques de la armada y de cualquier actividad militar desarrollada en aguas españolas, mediante una serie de medidas concretas que palian el déficit normativo detectado.

3 ANÁLISIS DE LO FACTORES TÉCNICOS PECULIARES DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

3.1 Propiedades hidroacústicas del sonido, relativas a su afección a su medio marino.

3.1.1 Criterios de impacto físico

El ruido de origen humano se genera en una amplia gama de frecuencias y de niveles de presión, y la forma en que una determinada especie reacciona al sonido dependerá de la gama de frecuencias que puede percibir, del nivel de sonido y de su espectro, de modo que la sensibilidad de la audición varían mucho de una especie a otra. [1]

Para el ser humano, el sonido es ultrasónico (es decir, por encima del rango de la audición humana) por encima de alrededor 20 kHz. Sin embargo, para muchos peces, los sonidos por encima de 1 kHz son ya ultrasonidos. Para un mamífero marino, la mayor parte de la energía de un cañón de aire comprimido puede ser infrasónico, ya que muchas de estas especies no pueden percibir los sonidos por debajo de 1 kHz. Estas consideraciones indican la importancia de considerar la capacidad auditiva al evaluar el efecto del ruido subacuático en animales marinos. La preocupación por los efectos ambientales que pueden derivarse del ruido producido por las actividades humanas han llevado algunos autores a desarrollar y proponer el concepto "dBht" (o dB umbral de audición de la especie) como método métrico oficial de evaluación de los efectos del ruido.

El dBht establece el valor de una medición acústica según las diferencias de sensibilidad auditiva, mediante un filtro que reproduce dicha capacidad auditiva. Se utiliza un conjunto de coeficientes para definir el comportamiento del filtro de manera que se corresponda con la forma en que la agudeza de la audición de la especie varía con la frecuencia. El nivel de sonido se mide después del filtro. En esta escala, el nivel es diferente para cada especie, y se corresponde con el nivel probable de la percepción del sonido de ésta.

Esta formulación es idéntica en el concepto de la escala dB(A), utilizada para la calificación de los efectos de comportamiento del ruido en el hombre. Uno de los principales beneficios de esta escala es su simplicidad, un número único, el dBht, puede ser utilizado para describir los efectos del ruido en

una especie en particular. Se prevé que la eventual utilización de la escala dBht será la de proporcionar unos "sonómetros de especies", que permitirá realizar simples mediciones de ruido en unidades biológicamente significativas para los usuarios que no son expertos en acústica submarina.

En la actualidad, existen pruebas in situ que podrían ser empleadas para medir el impacto del ruido en animales. Sin embargo, usando estas medidas es imposible predecir sin error cuál sería el impacto capaz de crear una lesión o una perturbación significativa del comportamiento para cada especie. Esto se debe a varias razones: las diferencias ínter específicas de las especies, el hecho de que en la realidad, las exposiciones sonoras contienen una gran variedad de patrones temporales y de características de presión y a la falta de audiogramas para todas las especies consideradas. En particular, el nivel de presión sonora RMS resulta inadecuado como medida autónoma y única a la hora de evaluar los riesgos acústicos de un ruido/sonido transitorio en mamíferos marinos.

Los sonidos impulsivos presentan un máximo (pico) de niveles de presión sonora elevado, pero muy poco contenido energético. Como el daño físico y la discapacidad auditiva pueden ser causados bien por un elevado pico de presión, bien por el flujo de energía, es importante que en cualquier límite de seguridad para exposiciones sonoras se incluyan ambas mediciones, *el flujo de energía máximo y el pico de presión recibidos*.

Este criterio, que podemos llamar "criterio doble" (energía y pico de presión), reflejaría mejor el potencial de los pulsos cortos de elevada presión para producir daños físicos, así como el de sonidos transitorios de elevada energía con picos de presión más bajos para inducir impactos fisiológicos. Para los individuos expuestos, cualquiera de los dos niveles que se exceda en primer lugar se usará como criterio operacional de lesión. De forma similar el enfoque del "criterio doble" se ha propuesto también para alteraciones del comportamiento por pulsos simples.

Por otra parte, el criterio de presión para impactos físicos también puede estar constituido por aquellos picos de SPL (niveles de presión del sonido) por encima de los cuales habrá una lesión de los tejidos, independientemente de la duración de la exposición. Así, cualquier exposición simple por encima de este pico de presión se podrá considerar causa potencial de lesión en tejidos, independientemente de la SPL o del SEL (nivel de exposición del sonido) de la exposición completa.

Por último, para exposiciones diferentes de aquellas que contienen intensos picos transitorios de presión, el nivel de exposición de sonido es la medida apropiada(s) para estimar la aparición de un TTS (pérdida auditiva temporal) y para predecir la aparición de un PTS (pérdida auditiva permanente). Este uso de SEL se basa en la asunción de que sonidos de energía equivalente tendrán generalmente efectos similares en los sistemas auditivos de sujetos humanos expuestos, incluso si difieren en los SPL, duración, y/o patrón temporal de exposición.

3.1.2 Mediciones de ruido antropogénico

Como ya hemos señalado, aunque esté aceptado que el ruido antropogénico tiene la capacidad de producir efectos sobre los mamíferos marinos, el problema que se encuentra la comunidad científica al tratar de ponderar y establecer medidas que clasifiquen el tipo de fuentes que producen dichos efectos reside en que no existen medidas estandarizadas de ruido ni protocolos para realizarlas.

En el presente apartado se pretende exponer cuales son los parámetros acústicos considerados indispensables para la caracterización de las fuentes de ruido en medio marino y las razones por las que no se deberían sintetizar las medidas en un solo valor. [1]

- a) **Niveles de Presión Sonora (SLP)** La magnitud de los niveles de presión sonora en el agua se describe normalmente como la presión sonora en una escala de decibelios (dB) relativa presión de referencia rms de $1\mu\text{Pa}$ (dB re $1\mu\text{Pa}$). Los decibelios no son una magnitud intuitiva y las diferentes referencias que se utilizan para agua y aire y las características distintas de los dos medios, han conducido a muchas confusiones en cuanto a la interpretación de las medidas. Resulta evidente que la magnitud en decibelios de la presión sonora no es válida si no se indica la referencia respecto a la cual ha sido calculada, pero es igualmente importante especificar como la magnitud fue cuantificada.

En bioacústica y estudios de ruido subacuático, se utilizan a menudo medidas "pico a pico", medidas de pico, pico de la envolvente, pico – rms y rms. Para un mismo sonido impulsional, los valores en dB pueden variar en 10 dB o más entre estas distintas medidas, haciendo las comparaciones entre ellas inútiles. Por este motivo, a menudo, las medidas realizadas para sonidos impulsionales son inconsistentes, incomparables con otros valores y, por supuesto, exentas del rigor necesario para una estandarización.

Si los que se analizan son sonidos o ruidos continuos, se utiliza la cuantificación rms mientras que para sonidos impulsionales se utilizan las medidas de pico. Dichas medidas no incluyen la variable temporal en sus cálculos, y por lo tanto, no estudian distribución del ruido en el tiempo. Aunque se han empleado niveles rms para establecer un valor de seguridad para los mamíferos marinos y para estimar el impacto de las fuentes sonoras en el mar, estas metodologías han sido rechazadas como medida única por la comunidad científica por su falta de coherencia.

- b) **Nivel de Sonido Equivalente (Leq):** El nivel de sonido equivalente se establece a partir de las medidas de presión sonora instantánea, para evaluar el impacto de fuentes de ruido continuas (aunque variables en el tiempo). El Leq se entiende como el nivel de una fuente continua y constante que en un periodo de tiempo determinado contendría la misma energía que la fuente de estudio variable en el tiempo. Dicha medida no tiene en cuenta los eventos particulares en el tiempo sino que aglutina todos los sucesos en un solo valor.
- c) **Nivel de Exposición de Sonido (SEL):** Se entiende como el nivel de sonido equivalente (Leq) normalizado para un segundo de duración y permite comparar eventos de ruido de diferentes duraciones.
- d) **Densidad Espectral de Potencia:** Hasta este momento no se ha hablado de la distribución por frecuencias de la energía producida por las fuentes acústicas. Sin embargo, para determinar el impacto que esta actividad puede tener en la fauna marina es fundamental obtener el espectro frecuencial.

Sabemos que los impactos potencialmente más dañinos para los mamíferos marinos se producen por el enmascaramiento de las señales que estos inducen o por el desplazamiento temporal o permanente de su umbral de audición. Dichos efectos se producen siempre que exista un solapamiento entre el espectro del ruido y de las señales de interés o de las frecuencias que cada especie puede percibir.

Por ello, es importante especificar el rango de frecuencias sobre el cual el nivel se ha medido y los filtros frecuenciales utilizados. Los niveles de densidad espectral (dB re $1\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$) representan el promedio de la presión sonora por cada banda de 1 Hz. Los niveles se miden a menudo en bandas de octava (una octava indica un factor 2 entre la frecuencia superior e

inferior de la banda), pero en mamíferos, tanto terrestres como marinos, se utilizan generalmente los tercios de octava (se podría entender como la suma de la potencia del sonido de todas las bandas de 1Hz incluidas en la banda de estudio).

El motivo de dicha medida es que el ancho de banda efectivo para los mamíferos parece acercarse al 1/3 de octava. Ponderar las medidas mediante los tercios de octava puede ser válido en algunos casos aunque siempre se pueden extraer dichos resultados de las densidades espectrales de potencia con mayor resolución. En el caso del estudio del ruido de emisión de cualquier fuente es importante destacar la naturaleza multitonal de muchas fuentes, con lo que el uso de altas resoluciones frecuenciales se hace fundamental.

Por todo lo expuesto, y debido a la naturaleza múltiple de las fuentes de ruido tanto en el espacio frecuencial como el temporal, para realizar un estudio del impacto de este tipo de fuentes sobre los ecosistemas y sus especies se necesita realizar múltiples muestreos sonoros que aportarán información diferentes, y no se pueden condensar o resumir estas medidas en un solo valor mediante un único parámetro acústico.

3.2 Fuentes de contaminación acústica antropogénica.

Las fuentes sonoras de contaminación acústica marina producidas por las actividades humanas incluyen: Fuentes de ruido y Señales acústicas antropógenas. La razón para esta separación reside en lo siguiente: las actividades humanas en el mar que pueden generar ruido residual, asociado a la actividad pero sin que contenga o busque información, entrarían en esta categoría de "ruido"; se trata de actividades que "podrían" prescindir del ruido, si se contase con la tecnología o prácticas adecuadas y disponibles. Pero otro conjunto de actividades se basan en la utilización de señales acústicas, es decir, fuentes sonoras que se introducen en el medio para extraer una información, y difícilmente pueden ser sustituidas, si acaso, trasladadas. [1]

3.2.1 Fuentes de ruido marino

- **Tráfico marítimo**

El tráfico marítimo es la principal fuente de ruido de fondo de baja frecuencia (5 Hz–500 Hz) en los océanos. El ruido de los barcos se genera, fundamentalmente por tres elementos: el motor, la maquinaria de la hélice y el flujo del agua sobre el casco.

Se puede, además, provocar cavitación; es decir, creación de “vacíos” en el agua, o zonas con presión inferior a la presión ambiente submarina, causados por el movimiento rápido de la hélice en el agua. El “llenado” posterior de estos vacíos genera sonido. Los sonidos por cavitación representan entre el 80-85% del ruido generado por el tráfico marítimo.

El tráfico de buques no se distribuye uniformemente por los océanos, sino que transita a través de rutas generales y costeras, diseñadas para minimizar la distancia recorrida. Los puertos también son fuentes de ruido. Así, aunque unas pocas docenas de puertos en el mundo manejan la mayoría del tráfico marítimo, cientos de pequeños puertos adicionales pueden ofrecer impactos significativos, dependiendo de sus características y ubicación; del mismo modo que los barcos pequeños no contribuyen significativamente al ruido global del medio marino, pero, sin embargo, constituyen fuentes locales sonoras en áreas costeras.



Figura 3-1 Tráfico Marítimo

(http://ep01.epimg.net/diario/imagenes/2007/08/27/espana/1188165611_850215_0000000000_sumario_normal.jpg)

- **Exploración y producción de gas y petróleo**

Las actividades de producción de gas y petróleo que generan ruido subacuático en las bajas frecuencias incluyen diversas fases: perforaciones, emplazamiento y retirada de estructuras a mar abierto y su transporte asociado. De entre todas estas actividades, los niveles sonoros de presión asociados con la fase de perforación son los más elevados.

El ruido de los barcos encargados de la perforación se origina por la maquinaria de perforación y por las hélices y propulsores usados para el mantenimiento de la posición del barco. La perforación genera, además, ruido complementario debido a las embarcaciones de suministro y helicópteros de apoyo.

Las actividades asociadas con la industria de exploración de petróleo han constituido la mayor fuente de actividad acústica de aguas superficiales menos de 200m. En los últimos años estas actividades se están desplazando a aguas profundas hasta los 3000 m. La perforación y producción en aguas profundas tienen el potencial para generar mayores niveles de ruido que la producción en agua superficial, debido al tipo de buques y maquinaria de perforación empleados y a las plataformas de producción flotantes. Además, el ruido generado en aguas profundas puede asociarse fácilmente a un canal profundo, por donde el sonido se propagaría a larga distancia.



Figura 3-2 Plataforma petrolífera (<http://blog.paisajesdemar.com/wp-content/uploads/2010/12/pozo20petrc3b3leo20repsol.jpg>)

- **Dragados**

El dragado marino se suele llevar a cabo en las aguas costeras para conseguir más profundidad en canales y puertos, ganar terreno al mar o extraer recursos marinos. También en este caso vamos a encontrar dos tipos de actividad como fuente de ruido, la debida a la de los propios barcos dragadores y la establecida por la maquinaria empleada.



Figura 3-3 Dragado de arena (https://www.dredgepoint.org/dredging-database/sites/default/files/node_images/amsterdam_nu_utrecht_rainbow.jpg)

- **Parques eólicos marinos**

Existen tres fases en el ciclo de vida de un parque eólico marino: la construcción, la explotación y el desmantelamiento. En cada una de estas fases el ruido subacuático puede proceder de una amplia variedad de fuentes.

Durante la construcción, el ruido proviene de actividades de pre-instalación, tales como los estudios topográficos, el aumento de tráfico marítimo, el hincado de pilotes, el dragado, la apertura de zanjas y la perforación. Durante la fase de operación y explotación pueden surgir también ruidos provenientes de varias fuentes, entre ellas el ruido aerodinámico de las hojas y la caja de cambios. El desmantelamiento puede implicar ruido de cortes hidráulicos, cortes por chorro abrasivo o el uso de cargas de corte.



Figura 3-4 Parque eólico marino (<http://img.microsiervos.com/eco/parque-eolico-nysted.jpg>)

- **Explosiones**

Prohibidas ya las explosiones nucleares, las explosiones submarinas que se utilizan para la investigación marina, para la construcción y eliminación de estructuras submarinas (principalmente por la industria petrolífera) y para pruebas militares, son, en la actualidad, de carácter químico.



Figura 3-5 Explosión subacuática (<http://photos1.blogger.com/blogger/7114/258/1600/cgn41.jpg>)

3.2.2 Señales acústicas antropogénicas

- **Estudios sísmicos**

La realización de estudios sísmicos en el medio marino tiene por objeto, en general, el análisis de la composición de los fondos marinos y es la principal técnica para la localización de reservas de petróleo y gas natural. También se realizan por parte de los investigadores científicos, para recoger información sobre el origen de La Tierra y el movimiento de las placas de la corteza terrestre.



Figura 3-6 Sensor de estudios sísmicos (http://img.nauticexpo.es/images_ne/photo-g/sensor-estudios-sismicos-fondos-marinos-40158-7052131.jpg)

Las ondas de presión necesarias para la realización de un estudio sísmico se consiguen mediante “disparos” de aire comprimido efectuados por cañones de aire alimentados por potentes compresores. Los cañones liberan un determinado volumen de aire a alta presión, creando una onda de presión sonora y la expansión y contracción de la burbuja de aire liberada. Los cañones pueden ir montados en un buque o dispuestos en un dispositivo (de decenas a centenares de metros de longitud), remolcado por el propio buque (array). Una operación de reflexión sísmica submarina incluye una serie de pases en paralelo a través de un área por un barco que arrastra los *arrays* de cañones de aire comprimido e hidrófonos.

- **Dispositivos acústicos de disuasión y de hostigamiento**

- Los dispositivos acústicos de disuasión (ADDs), llamados pingers, utilizan el sonido para ahuyentar a los mamíferos marinos de las zonas en las que tienen lugar actividades pesqueras. La idea de estos dispositivos es la de mantener estos animales lejos de la pesca mediante la introducción de señales acústicas locales de alerta o que causen una molestia.
- Los dispositivos acústicos de hostigamiento (AHDs) por su parte, se utilizan para reducir la depredación por parte de los mamíferos marinos de pescado silvestre o en las piscifactorías. Estos dispositivos han sido parcialmente efectivos reduciendo las capturas accidentales en algunas especies de mamíferos marinos, pero se necesitan estudios a más largo plazo para demostrar que el sonido generado no sirve para atraer a estas u otras especies, al reconocerlo como "presencia de presa".

- **Experimentos científicos**

El uso del sonido se utiliza a menudo en la investigación de la propagación acústica submarina y en la acústica oceanográfica. Durante estos proyectos son transmitidas una amplia variedad de señales, anchos de banda, niveles de fuente y ciclos de trabajo.

La extensión espacial de la mayoría de los experimentos es de decenas de kilómetros, pero se han emprendido proyectos a escala mayor como el programa *Termometría Acústica del Clima Oceánico (ATOC)*, que estudia los cambios de temperatura midiendo la velocidad del sonido en el océano, usando un sonido de baja frecuencia, que alcanza grandes distancias.

El sonido en el océano se utiliza para muchas otras labores científicas. Como en las industrias del gas y el petróleo, los buques de investigación utilizan el sonido para localizar y liberar equipamiento marino sumergido produciendo una emisión acústica. El perfilador de corrientes acústico Doppler (ACDP), instalado en los cascos de los barcos, mide la velocidad y dirección de las corrientes oceánicas emitiendo una secuencia de pulsos de alta frecuencia y utilizando el llamado "efecto Doppler" para analizar su transmisión. Los correntímetros acústicos (ACM) emiten y reciben pulsos de sonido para estudiar las corrientes y las olas. Todos estos dispositivos o bien utilizan altas frecuencias con pequeña propagación de sonido o tienen fuentes de bajo nivel.

- **Sonar**

Los sistemas de sonar generan energía acústica intencionadamente para explorar el océano. Buscan información acerca de los objetos dentro de la columna de agua, en el fondo del mar, o en el sedimento. El sonar emite energía acústica de alta intensidad y recibe la energía reflejada y/o dispersa. Hay una amplia gama de sistemas de sonar que se utilizan para aplicaciones civiles y militares. Los sistemas sonar se pueden calificar como de baja frecuencia (menor de 1 kHz), de media frecuencia (entre 1 kHz -20 kHz), y de alta frecuencia (mayor de 20 kHz). El sonar militar se utilizan para la detección, localización y clasificación de blancos. Generalmente cubren un rango de frecuencias muy amplio con unos niveles acústicos de presión sonora de fuente que el sonar civil, y operan durante tanto ejercicios de entrenamiento como en combate.

- El sonar activo de baja frecuencia (LFA) se emplea para la vigilancia a gran escala; están diseñados para rastrear submarinos a escalas de cientos de kilómetros. Se utilizan barcos de soporte especializados para desplegar el LFA, que consisten en un *array* de elementos fuente suspendidos verticalmente bajo el barco.
- Los sonares tácticos de guerra antisubmarinos de media frecuencia están diseñados para detectar submarinos a decenas de kilómetros. La mayoría de las armadas emplean el sonar de media frecuencia para el sondeo a gran profundidad, la comunicación entre plataformas y los dispositivos de activación.
- Por su parte, el sonar de alta frecuencia suele estar incorporado en armas como torpedos y minas o en sistemas de contramedidas (defensa) frente a minas y artefactos antitorpedos. Están diseñados para operar en rangos espaciales que van de unos pocos cientos de metros a varios kilómetros. Estos sonares son altamente direccionales y utilizan señales pulsadas. Otros tipos de sonar de alta frecuencia militares incluyen sonares que escanean lateralmente para el mapeado del fondo y operan a frecuencias cercanas a los 100 kHz.
- Los sistemas de sonar comerciales se emplean para encontrar pesca, sondear a gran profundidad y hacer perfiles de la columna de agua. Las sondas de profundidades comerciales y pesqueras han sido ideadas para focalizar el sonido en un haz dirigido hacia abajo. Por su parte, las sondas de profundidad y los dispositivos que hacen perfiles de la columna de agua a media profundidad se diseñaron para localizar el fondo marino y para sondear por encima de él, respectivamente. Operan en aguas principalmente costeras y superficiales. Los dispositivos para localizar bancos de pesca se utilizan tanto en aguas profundas como en áreas superficiales.
- Los sistemas de sonar de investigación. Existen diferentes diseños de sonar "civiles" que se emplean para diversas tareas de investigación, tales como medición de aguas profundas, cartografiado de los fondos marinos y capas sedimentarias o localización de bancos de peces u otros objetos. El sonar de investigación puede estar instalado en los cascos de los barcos o puede ser remolcado por ellos. Generalmente emplean señales de media frecuencia dependiendo del objeto a localizar y de la profundidad. La longitud de la señal es relativamente corta, los ciclos de trabajo son pequeños y la densidad del flujo de energía es baja en comparación con el sonar militar.

Estas fuentes sonoras se introducen en el espacio acústico y físico de los organismos marinos y no existen actualmente niveles de referencia que permitan prever las consecuencias negativas de estas interacciones a corto, medio o largo plazo sobre el equilibrio natural de los océanos y sus efectos sobre la biodiversidad marina.

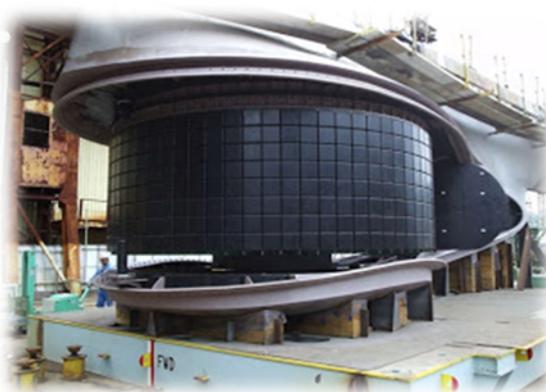


Figura 3-7 Transductor Sonar (<http://babesinopen.blogspot.com.es/2008/03/ping-time.html>)

3.3 Impactos sobre fauna marina

Dentro del impacto del sonido subacuático en la vida marina, hay que diferenciar entre los impactos agudos y crónicos. Los efectos agudos potenciales incluyen los riesgos de daños o lesiones inmediatas auditivas o del cuerpo, debidas a una intensa fuente de sonido, mientras que los posibles efectos crónicos implican el riesgo de la degradación del hábitat o la exclusión de áreas de importancia por largos períodos de tiempo, incluso a niveles moderados de presión sonora. Ambos tipos de impacto pueden afectar a un individuo o incluso las poblaciones.

Con respecto a la escala espacial, distintas fuentes sonoras tendrán radios de afección que pueden variar entre escasos metros hasta cientos de kilómetros. Estos efectos dependen no sólo de las características de la fuente sonora, sino también de la sensibilidad de las especies afectadas.

Las especies pueden reaccionar a sonidos que coincidan con las frecuencias a las que son sensibles. Se pueden dar respuestas de comportamiento y en algunos casos afecciones fisiológicas a la audición, con cambios en el umbral de sensibilidad temporales o permanentes. Así mismo, se pueden producir daños causados por altas presiones acústicas incluso a frecuencias a las que los animales no sean sensibles auditivamente.

Por último, la afección del ruido puede ser directa o indirecta. En este último caso bien por provocar cambios de comportamiento o desorientación, que puedan desembocar en daños o incluso mortandad o bien a través de cambios en la calidad del hábitat que puedan generar estrés. [2]

a) Daños fisiológicos directos e indirectos:

- Daño a tejidos corporales por la presión acústica
- Daños graves a las estructuras auditivas.
- Cambio temporal o permanente del umbral de sensibilidad: reducción recuperable (TTS) o irre recuperable (PTS), respectivamente, de la sensibilidad auditiva a ciertas frecuencias.
- Desorientación causada por daños en los órganos del equilibrio, que puede originar efectos secundarios.
- Daño a tejidos vitales causados por un embolismo gaseoso y graso, que podría producirse por una reacción de escape.
- Reacciones de alerta en forma de contracciones musculares reflejas.

b) Daños perceptivos:

- Solapamiento y enmascaramiento de sonidos biológicos relevantes por ruidos de origen antrópico, incluyendo sonidos comunicativos, ecolocalización (biosonar), sonidos asociados con la localización de las presas, evitación de depredadores o colisiones con embarcaciones.

c) Efectos comportamentales:

- Interrupción de comportamientos normales, por ejemplo alteración de ritmos respiratorios y de inmersión, movimientos anómalos, evitación de áreas, cambios en rutas migratorias, etc. Estos efectos se pueden dar a decenas de kilómetros desde la fuente de emisión.

d) Efectos crónicos:

- Stress con consecuencias potenciales de inmunodepresión y reducción de viabilidad reproductiva. Incremento del gasto energético.
- Repercusiones poblacionales a largo plazo: insuficientemente conocidas debido a la falta de estudios dedicados a lo largo de un periodo suficiente de tiempo.

e) Efectos ecológicos directos:

- Reducción de la población de la especie afectada, lo que podría ser muy significativo si la población local es reducida.

f) Efectos ecológicos indirectos:

- Pérdida de calidad del hábitat.
- Reducción en la disponibilidad de presas y por tanto de la actividad trófica.

Para más información de las consecuencias del impacto ambiental de la contaminación acústica en cetáceos, veasé en el ANEXO I.



Figura 3-8 Análisis de daños y efectos en la contaminación submarina
(<http://www.sonsdemar.eu/images/traumaacustico.jpg>)

4 DETONACIONES MILITARES

Los ejercicios navales pueden incluir prácticas de tiro con munición real (minas, torpedos, bombas). Las detonaciones pueden ser de distinta magnitud, dependiendo del armamento testado y de los objetivos de las maniobras, e incluyen las fuentes más potentes de ruido antropogénico en el mar.

Las explosiones submarinas son más dañinas que las explosiones en aire debido a la física de la propagación de la onda expansiva. La explosión es una reacción química muy rápida que genera calor y gases, de modo que se forma una burbuja en el agua con una presión de hasta 50.000 atm y una temperatura de 3000°C. La burbuja se expande y desplaza volúmenes de agua, lo que genera la primera onda de choque, llegándose a la presión pico en escasos milisegundos. [2]Esta onda de choque es la que causa la mayor parte de los daños en órganos animales.

Al expandirse la burbuja se enfría y desciende la presión, que ha pasado al agua; el momento del agua desplazada crea una serie de oscilaciones en el volumen de la burbuja, que, a su vez, producen pulsos secundarios de presión. En el agua, por ser incompresible, se induce poca absorción de la onda expansiva, de modo que se transmite a mayor rango que en aire. El rango letal de una explosión en agua es, por tanto, mucho mayor que la misma masa explosiva en aire.

Por ejemplo, un hombre a 5 metros de la explosión de una granada de mano no sufriría daños por la onda expansiva en el aire, pero el impacto sería letal si esa persona estuviera sumergida. Cuando la onda expansiva alcanza la superficie del agua, parte de la presión se dispersa en la pluma y campana de explosión y el resto de la energía se refleja de vuelta al agua.



Figura 4-1 Detonaciones militares [2]

La mayor parte de las detonaciones militares se realizan en aguas abiertas, mientras que las explosiones civiles, para construcciones, se emplean normalmente en rocas o sólidos.

Durante muchas décadas, las Armadas de distintos países han realizado detonaciones militares de forma rutinaria, tanto en tiempos de guerra como en maniobras navales. La explosión de cargas submarinas puede utilizarse para, por ejemplo, realizar pruebas de choque o resistencia de buques (“shock-test”). Estas pruebas llegan a emplear más de mil kilogramos de explosivos. Otros ejercicios que envuelven uso de grandes cargas explosivas son los de hundimiento de barcos. Estas pruebas producen un sonido de baja frecuencia con un nivel de presión acústica máxima de hasta 299 dB re 1 μ Pa a 1m.

No está claro hasta qué punto las pruebas de choque se llevan a cabo dentro de las aguas españolas y probablemente sean poco comunes. No existe una base de datos pública acerca de la frecuencia con la que se realizan ejercicios navales en España, que incluyan hundimiento de barcos, prácticas de tiro o cargas submarinas, ni de las características de potencia de la munición utilizada en cada caso. Ello limita la capacidad de evaluar el alcance del impacto de estas actividades en aguas nacionales.

Debido a estos factores, y al empleo más frecuente del sonar en operaciones militares, nos centraremos en el sonar como fuente generadora de impacto acústico submarino, estudiando las consecuencias que producen su uso en los cetáceos y cómo podemos aminorarlas implantando nuevas medidas de mitigación del impacto acústico.

5 SONARES DE DETECCIÓN DE SUBMARINOS

5.1 Tipos de sonares

Los sonares militares (tácticos) comenzaron a utilizarse de forma generalizada en los años sesenta para la detección de submarinos. Los sonares tácticos más comunes emiten a frecuencias medias, audibles para el ser humano.

En las dos últimas décadas se han desarrollado sonares de baja frecuencia, que pueden alcanzar distancias mucho mayores de detección, pues las frecuencias bajas sufren menos absorción por las moléculas de agua. Por la misma razón la huella espacial de afección de estos sonares es muy extensa.

En todo caso, los sonares militares emiten intensidades mucho mayores que las ecosondas normalmente utilizadas para otros usos (como pesca y barcos recreativos) y constituyen, por debajo de las prospecciones sísmicas y de las explosiones, las fuentes de sonido antrópico de mayor potencia. Se detallan a continuación las características de las dos grandes clases de sonares tácticos utilizados para detección de submarinos [2]:

a) Sonares tácticos de frecuencia media:

Durante al menos cuatro décadas, el sónar activo de frecuencias medias y de alta intensidad se ha empleado como un elemento estándar, por las Armadas de numerosos países, para la detección de submarinos.

Estos sistemas emiten pulsos intermitentemente, formados por tonos de frecuencia modulada, normalmente en el rango entre 2 y 8 kHz. Dos sonares muy utilizados en los ejercicios (incluyendo maniobras relacionadas con varamientos masivos de cetáceos) son los tipos AN/SQS-53C y AN/SQS-56. El primero posee niveles sonoros de presión mayores de 235 dB (RMS) re 1 μ Pa a 1m, emitiendo a frecuencias centrales de 2,6 kHz y 3,3 kHz. El segundo emite normalmente a 223 dB (RMS) re 1 μ Pa a 1m, con frecuencias centrales de 6,8 kHz, 7,5 kHz y 8,2 kHz. Las señales cubren un ancho de banda estrecho, inferior a 100 Hz.

Estos sonares son direccionales y emiten en una banda horizontal de una media de 30 grados de inclinación, como un disco que se regula para ser omnidireccional en los 360 grados de la horizontal, o

bien limitado a un sector de 120 grados en la dirección del rumbo del barco. Se despliegan desde los buques a profundidades de unos 6-8m. El ciclo de emisión de los pulsos es alto. Estos sónares emplean en los buques de superficie y submarinos.



Figura 5-1 Domo de un sonar de media frecuencia (http://ja.wikipedia.org/wiki/AN/SQS-26#mediaviewer/File:SQS-53_Sonar_CG-67_Shiloh_2009-01-12.jpg)

b) Sónar activo de baja frecuencia:

Estos sónares de nueva generación operan en frecuencias bajas para ampliar el rango espacial de detección de los submarinos. Emiten tonos modulados por debajo de 700 Hz, con directividad horizontal y ciclos de trabajo altos.

Uno de los sónares más importantes de este tipo es el SURTASS LFA (Surveillance Towed Array Sensor System Low Frequency Active), desarrollado por la Armada de EEUU y cuyo uso es objeto de un controvertido debate público desde hace años. Este sistema está formado por hasta 18 transductores, cada uno con un nivel de emisión de 215 dB re 1 μ Pa a 1 m, lo que resulta en un nivel de emisión conjunta de hasta 240 dB re 1 μ Pa a 1 m. Aunque los niveles máximos o rms sean similares en este sónar y los de frecuencias medias, la energía emitida es mucho mayor en los LFAS, debido a la larga duración de sus pulsos.

Otro sistema de sónares de baja frecuencia, es el denominado TVDS (Towed Vertically Directive Source), utilizado por los investigadores de la OTAN y tiene un nivel de emisión de hasta 228 dB re 1 μ Pa RMS a 1 m.

Los sónares de baja frecuencia se pueden desplegar desde buques de superficie y desde submarinos, aunque estos usan el sónar activo mucho menos y operan a la configuración de nivel sonoro mínima para lograr sus objetivos tácticos y reducir su detectabilidad acústica.

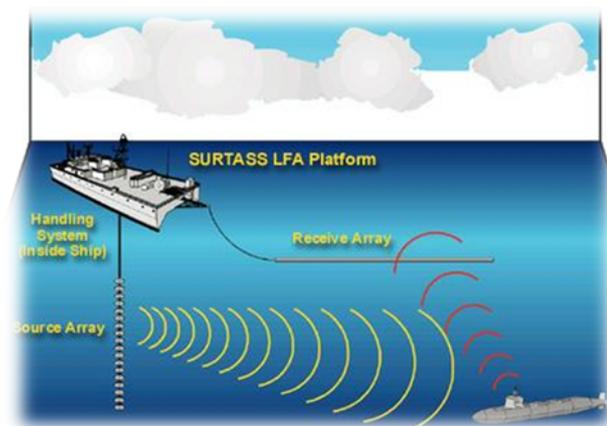


Figura 5-2 Sistema SURTASS-LFA (<http://www.dosits.org/images/dosits/active1.gif>)

5.2 Consecuencia específica del empleo de sonares.

5.2.1 *Los impactos ambientales del empleo del sonar sobre las ballenas picudas*

Zifios pertenecen a los mamíferos marinos comprendidos dentro de los cetáceos. La familia se compone de aproximadamente 21 especies que pasan relativamente poco tiempo en la superficie y aparecen casi exclusivamente en aguas profundas más allá de la plataforma continental. La mayor parte de nuestros conocimientos actuales relativos a los zifios se basa en estudios de especímenes varados. Los informes de varamientos masivos ocasionales de zifios se remontan no obstante a principios del año 1800. Desde 1960, sin embargo, 41 varamientos en masa de Zifios de Cuvier han sido descubiertos en todo el mundo.

Por otra parte, estos varamientos probablemente sólo representan una pequeña proporción de todos los varamientos de ballenas picudas. Algunos de estos varamientos masivos recientes fueron concurrentes con maniobras navales y el uso de sonares activos. En general, los varamientos han sido de especial preocupación, ya que ciertos sonidos de sonar podrían afectar directa o indirectamente en la muerte o lesiones de zifios, particularmente zifios de Cuvier.

Aunque una serie de eventos de varamientos de ballenas picudas ha coincidido con actividades navales y el uso del sonar activo, el mecanismo por el cual sonar puede conducir a la varada y, en ocasiones, a la muerte de ballenas picudas no es del todo conocido. La determinación de tales mecanismos no es sólo de interés científico, también es importante en términos de mitigación. [8]

Si la causa primaria de varamientos es una respuesta de comportamiento en el que las ballenas evitan el sonar desplazándose hacia aguas poco profundas, entonces tal vez sólo aquellas actividades que producen sonidos muy próximos a la tierra deben ser gestionadas. Del mismo modo, si estos eventos resultaron de la propagación acústica anormal debido a las condiciones ambientales inusuales, entonces los causantes de sonido necesitan monitorear condiciones ambientales antes de su generación y mitigar éste cuando se produzcan ciertas condiciones.

Sin embargo, la evidencia disponible actualmente no es suficiente para alcanzar tales conclusiones. Son varias los posibles mecanismos a través de los cuales el sónar puede conducir a varamientos y/o la muerte de las ballenas picudas. La primera vía potencial implica una respuesta conductual al sonar que implica directamente la varada, como situarse lejos de un sonido en aguas poco profundas. Un escenario alternativo implica una respuesta de comportamiento que conduce a daños en los tejidos. Tales respuestas podrían ser: un cambio en el perfil de inmersión; estancia en profundidad más de lo habitual; o permanecer en la superficie más de lo normal. Todas estas respuestas podrían contribuir además a formación de burbujas, hipoxia, arritmia cardiaca, hemorragia hipertensiva u otras formas de trauma.

Otra causa de varamientos se puede deber a un cambio fisiológico tales como una respuesta vestibular; así los mamíferos marinos podrían desorientarse debido a una respuesta vestibular a los sonidos(el sistema vestibular periférico de los zifios pueden verse afectado limitando su capacidad de navegar) conduciendo a un cambio de comportamiento, o estrés inducido en diátesis hemorrágica; (es una tendencia a sangrar resultado de una o causa particular de una serie de condiciones, incluyendo: el agotamiento de los factores de coagulación (la coagulación diseminada intravascular DIC), una deficiencia hereditaria en factores de coagulación de la sangre y por plaquetas disfunción o trombocitopenia).

Por último, las ballenas picudas también podrían experimentar daño tisular directamente inducido de la exposición al sonido, como a través de la formación de burbujas o cizalladura de los tejidos y el crecimiento o resonancia acústica de los tejidos (como los pulmones). En la actualidad no es posible descartar cualquiera de estos mecanismos potenciales.

Las conclusiones del estudio anatómico-patológico de la Universidad de las Palmas de Gran Canaria, originados por el masivo varamiento de zifios en Fuerteventura y Lanzarote en 2002, se hace referencia en el ANEXO II.



Figura 5-3 Daño fisiológico en Zifios

(http://www.agenciasinc.es/var/ezwebin_site/storage/images/multimedia/fotografias/la-moratoria-antisonar-en-canarias-unica-del-mundo-para-evitar-varamientos-de-cetaceos/2514569-1-esl-MX/La-moratoria-antisonar-en-Canarias-unica)

5.2.2 Algunos resultados de trabajos experimentales a cetáceos y tortugas

En el año 2012 el equipo de Russel D. Andrews monitorizó los movimientos de ocho ballenas de pico (*Ziphius cavirostris*), de la familia de los zifios, en aguas del sur de California. Durante varios meses, los científicos siguieron los movimientos de estos animales para comprender mejor sus dotes de grandes buceadores. Los zifios, al igual que otros mamíferos marinos como los cachalotes o calderones, descienden a profundidades de hasta 1.000 metros para cazar, y este grupo lo hacía habitualmente hasta los 1.400 metros. Pero, en una de las jornadas, uno de los zifios decidió seguir bajando. [9]

Los científicos siguieron la inmersión de este ejemplar durante 138 minutos y comprobaron que había descendido hasta los 2.992 m, un nuevo récord absoluto en el reino animal. Tres años antes, otro equipo de biólogos marinos había registrado el descenso de un elefante marino hasta los 2.388 metros, una profundidad en la que la oscuridad es absoluta y la presión podría aplastar a la mayoría de las criaturas. Lo que saben los biólogos es que estos buceadores extremos presentan adaptaciones anatómicas para resistir la presión, que expulsan el 90% del aire de sus pulmones antes de sumergirse para poder descender y evitar el colapso gaseoso, que bajan su metabolismo al mínimo y que sus

músculos son una reserva de oxígeno gracias a la mioglobina, que les permite un tiempo extra bajo el agua.

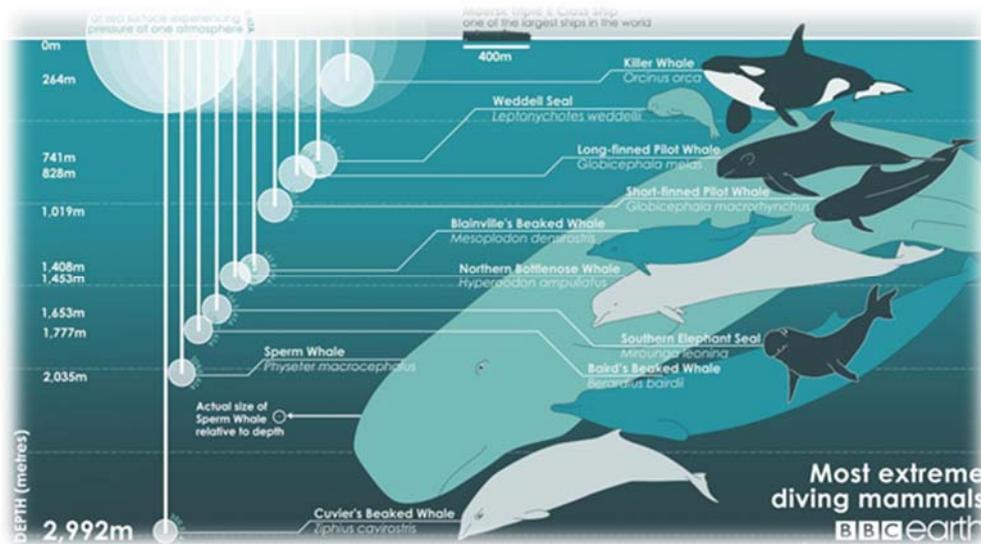


Figura 5-4 Profundidades extremas por parte de mamíferos marinos
 (<https://pbs.twimg.com/media/B7ZKXNvCMAEW1Bm.png:large>)

El trabajo experimental del Catedrático D. Antonio Fernández Rodríguez y su grupo de investigación de Anatomía Patológica de las Palmas de Gran Canaria comienza con el varamiento masivo durante las maniobras militares que se celebraron en Fuerteventura en el año 2002. Coincidiendo en el tiempo y en espacio empiezan a aparecer estos cetáceos, o bien flotando o bien varadas en la playa. En total, fueron dieciséis los cetáceos que aparecieron muertos y el gobierno de Canarias decidió encargar al equipo de patólogos forenses que determinara si existía alguna relación entre las maniobras y la muerte de las ballenas.

La respuesta empezó a reflejarse durante las autopsias, cuando vieron los daños masivos en todos los tejidos. Sobre todo lo más impactante era un embolismo gaseoso sistémico, con muchas burbujas de gas, además de un embolismo graso, en animales que tenían el estómago lleno y habían muerto poco después de alimentarse. Lo más parecido a aquello que habían visto, recuerda, eran casos de buceadores que "se habían escapado de submarinos", habían subido a la superficie y se había producido un proceso descompresivo que les había producido un embolismo gaseoso al mismo tiempo con hemorragias.

Lo común entre las hemorragias para los cetáceos era la utilización de un sónar antisubmarino de media frecuencia y alta intensidad. La conclusión que se llegó era que los zifios habían estado alimentándose aquella noche a gran profundidad cuando, por algún motivo, lo sónares los asustaron, les hicieron entrar en pánico y ascender demasiado rápido, rompiendo su perfil de buceo, siendo el mismo caso que a los buceadores cuando rompen su tabla de descompresión y que esto les provoca una descompresión masiva y severa.

Utilizando sistemas de localización, otros biólogos vieron que los zifios, a diferencia de los cachalotes o calderones, tienen "un perfil de buceo muy estereotipado". Si bien las tres especies pueden bajar a profundidades de 700-800 metros en el mismo tiempo (alrededor de 15 minutos), a la hora de subir el cachalote y el calderón lo hacen en el mismo tiempo, pero las ballenas de pico suben en un 30% más de tiempo, o sea, más despacio. Y al llegar a la superficie realizan de nuevo una inmersión, primero a 300 metros, luego a 200 m y a 100 m, hasta llegar a superficie, como un periodo

de recuperación. Entonces en una situación de pánico pueden ascender de forma precipitada a la superficie sin hacer esa tabla de descompresión y el nitrógeno se acumula en forma de burbujas hasta provocar una enfermedad descompresiva.

Pero esta hipótesis generaba dudas entre la comunidad científica, ya que no existían datos experimentales. En 2012, la respuesta al enigma aparecería casualmente en las costas del Mediterráneo, durante el estudio de las tortugas bobas que recuperan los pescadores tras atraparlas en sus redes de arrastre.

Se empezaron a hacer pruebas diagnósticas a las tortugas, como ecografías y resonancias, aparecieron unas bolsas de gas (nitrógeno) en acumulado en los riñones, y además presentaban una enfermedad descompresiva con la parálisis de aletas y otras partes. A diferencia de lo que ocurre con las personas, el embolismo no se produce por un ascenso demasiado rápido a superficie, puesto que "la velocidad a la que sube la red de los pescadores no es más rápida de lo que haría la tortuga de forma natural". La diferencia está en lo que pasa abajo.

El lento ritmo cardíaco y el cierre del circuito pulmonar que le permiten permanecer horas bajo el agua se ven alterados y la tortuga empieza a solubilizar nitrógeno que se acumula en su organismo. Cuando los pescadores la recogen, la tortuga no está ahogada como cuando pasa muchas horas bajo el agua, sino que parece perfectamente sana hasta que no puede acumularse más nitrógeno y muere. El mecanismo recuerda a los síntomas de embolismo observados en algunos cetáceos como los calderones, en este caso sin relación con el uso del sónar.

Entonces se trató a las tortugas descomprimidas con la misma técnica que se les aplicaba a los buceadores y someterlas a presión en una cámara hiperbárica para hacer desaparecer las burbujas. Saliendo en perfecto estado, demostrándose la enfermedad descompresiva en vertebrados marinos. Esta es la prueba definitiva de que tales animales pueden padecer el mal del buceador, y además viene a apoyar la teoría sobre los cetáceos indicada anteriormente (relativa a la formación de burbujas en los cetáceos), ya que no es posible meter un zifio en una cámara hiperbárica. Lo relevante es que a pesar de los millones de años de evolución, hay especies que si se dan las circunstancias, pueden padecer una enfermedad de buceo, algo que hasta hace poco ni siquiera se sospechaba y que esta premisa puede ser muy útil para ayudar en la conservación de estos animales.

Los trabajos de D. Antonio Fernández y su equipo no solo han puesto de manifiesto una realidad que los científicos desconocían, sino que sirvieron para que el Parlamento Europeo prohibiera el uso de sónares militares en las aguas donde viven las ballenas de pico. La prueba más sólida es que se prohibió en 2004 y desde entonces no se ha vuelto a tener varamientos masivos de ballenas de pico.

5.2.3 Varamientos en aguas españolas como problema detectado.

Uno de los problemas de conservación de los cetáceos que parece haber trascendido más a la opinión pública en la actualidad es el de los varamientos masivos coincidentes con maniobras militares. Las especies involucradas en estos varamientos son principalmente de la familia *Ziphiidae* (*Zifios*) y las causas de los mismos no son aún bien conocidas, a pesar del amplio rango de hipótesis formulado por la comunidad científica; estos autores destacan, además, que los zifios no suelen encallar en grupos de forma natural.

Las actividades durante las maniobras militares de las que se tiene información tienen como factor común el uso de sónares de media frecuencia para la detección de submarinos. Sin embargo, en

distintas maniobras se utilizaron otros sónares y no puede descartarse que los zifios presenten sensibilidad a otras frecuencias.

El cuadro más común de este tipo de eventos es que aparecen varios zifios varados, más de 2 y excluyendo madre junto con cría, en ocasiones aún vivos y dispersos a lo largo de kilómetros de litoral, y en un rango de tiempo. Existe un cuadro lesional común caracterizado por hemorragias multiorgánicas causadas por embolias grasas y gaseosas, que llevan a los animales a la muerte. Las causas de las embolias son aún desconocidas y se plantean varias hipótesis; las dos más apoyadas, y que no son mutuamente excluyentes, son [2]:

- a) Los émbolos de gas/grasa se producen por el efecto físico de la fuerte onda de presión acústica creada por los sónares. Esta primera hipótesis exige que los animales se encuentren relativamente *cerca de los barcos emisores de sónar, dado que la presión acústica tiende a disminuir con la distancia.*
- b) Los sónares producen un cambio en el comportamiento de los animales rompiendo su perfil normal de buceo, activando mecanismos patogénicos similares a los descritos en la enfermedad descompresiva severa en humanos y en animales de experimentación. Esta segunda hipótesis es apoyada por el hecho de que los zifios son buceadores extremos de profundidad, que probablemente llevan al límite sus facultades fisiológicas de forma, por lo que podrían ser más sensibles a alteraciones de las mismas, producidas por respuestas de estrés o escape, visto en el anterior apartado.

El primer caso conocido en el que se dio un varamiento masivo de zifios simultáneamente a ejercicios navales tuvo lugar en Italia en 1964 y desde entonces ha ocurrido en numerosas ocasiones en distintos lugares. Entre ellos destaca Canarias, pues es en uno de los lugares del mundo con mayor número de mortandades masivas de zifios relacionadas con actividades militares. En Almería también se dio un varamiento masivo inusual en 2006 de 4 individuos, coincidente con maniobras navales utilizando sónar, presentando los zifios el cuadro lesional típico de los otros varamientos relacionadas con sónares.

- Canarias como emplazamiento de especial interés (1985-2004) [10]

Se presenta un listado elaborado a partir de los datos de la SECAC (Sociedad para el Estudio de los Cetáceos en Canarias), complementado con los datos obtenidos en la página web del Real Observatorio de la Armada. Los varamientos son los siguientes, señalándose con un asterisco en los que se confirmó la coincidencia con la realización de maniobras militares.

- ***5 de Febrero de 1985.** Varamiento de 11 animales en la costa sureste de Fuerteventura. Especies: zifio de Cuvier y zifio de Gervais (*Mesoplodon europaeus*).
- **1 de Junio de 1986.** Varamiento de 5 animales en la costa noreste de Lanzarote. Especies: zifio de Cuvier y zifio de Gervais.
- **4 de Julio de 1987.** Varamiento de 4 animales en la costa noreste de Lanzarote. Especie: zifio de Gervais.
- ***25 y 26 de Noviembre de 1988.** Varamiento de tres zifios de Cuvier y un zifio calderón de hocico boreal (*Hyperoodon ampullatus*) en el sur de Fuerteventura. Varamiento de dos cachalotes enanos (*Kogia simus*) al noreste de Lanzarote.

- ***19 de Octubre de 1989.** Varamiento de tres zifios de Gervais, dos zifios de Blainville y quince zifios de Cuvier en las costas de Fuerteventura.
- ***5 de Junio de 1991.** Varamiento de un zifio de Cuvier al este de la Isla de la Palma, coincidente con las maniobras "Ocean Safari 91".
- ***11 de Diciembre de 1991.** Varamiento de dos zifios de Cuvier en Tzacorte (oeste de La Palma) tras el ejercicio naval de hundimiento del buque "Churruca".
- ***24-27 Septiembre de 2002.** Varamiento de 16 zifios en Fuerteventura y Lanzarote, de las especies zifio de Cuvier, zifio de Blainville y zifio de Gervais. Los hechos se produjeron de forma simultánea a las maniobras aeronavales "Neo Tapón" y los análisis anatomopatológicos, realizados por la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, señalan la relación de la muerte con causas acústicas.
- ***22-28 Julio de 2004.** Varamiento de cuatro zifios de Cuvier e inidentificados en Fuerteventura y Lanzarote, coincidente con las maniobras militares "Majestic Eagle 04" realizadas a unas 100 millas náuticas al noreste de Canarias. Las autoridades militares afirmaron haber aplicado medidas de precaución para proteger la fauna marina durante el curso de los ejercicios navales.

En el varamiento de 2002 las maniobras se realizaron con participación de buques de diversas nacionalidades y varios utilizaron sónares de detección de submarinos. Entre ellos, el buque norteamericano *Mahan* utilizó sónares SQ53 y SQ56. Los estudios comprobaron que todos los animales sufrieron la "acción-causal" en el mismo intervalo de tiempo, provocando la misma, lesiones vasculares que comprometieron el normal funcionamiento de los órganos afectados. Como consecuencia de esta disfunción algunos animales vararon vivos pudiendo morir otros antes de varar. La muerte de estos animales se produjo por un shock hemorrágico agudosubagudo, que se complicó en los animales varados vivos con fenómenos de estrés asociados al síndrome del varamiento y muerte por colapsocardiocirculatorio. [11]

A partir de la difusión pública de los análisis de estos estudios sobre varamientos masivos, que apuntan por contexto a las maniobras militares como causantes de las mortandades, se ha aumentado el esfuerzo de identificación de las causas de varamientos masivos de zifios. Así, la lista de mortandades de este tipo coincidentes con ejercicios navales se ha incrementado considerablemente en el mundo.

Es destacable que, además de los varamientos de zifios, se han registrado en los últimos años mortandades y claros cambios de comportamiento, simultáneas a ejercicios navales, involucrando a otras especies de cetáceos (Congress Report to EEUU, 2005). Un caso de varamientos vivos de dos cachalotes enanos (*Kogia simus*), calderones comunes (*Globicephala melas*) y un rorcual aliblanco en Carolina del Norte (2005) fue descrito como un "evento de mortalidad inusual". Una posterior investigación del caso no podía ni establecer ni descartar una correlación entre las ejercicios militares en alta mar y el incidente de varamiento (HOHN *et al.* 2006).

Una incertidumbre similar resultó después de un caso de 14 marsopas (*Phocoena phocoena*) varadas tras el empleo de un sónar militar de frecuencia media al este del Estrecho de Juan de Fuca y el Estrecho de Haro en el Estado de Washington, EE.UU, en 2003. No se identificaron lesiones compatibles o a favor del diagnóstico de trauma acústico en ninguno de los 11 delfines que fueron examinados. Sin embargo, el avanzado estado de descomposición de los animales dificultó la

interpretación patológica de la causa de la muerte en la mayoría de los individuos, de modo que lesiones compatibles con un trauma acústico podrían haber sido difíciles de interpretar.

MAPA DE VARAMIENTOS MASIVOS EN ESPAÑA



Figura 5-5 Varamientos masivos Archipiélago Canario [12]

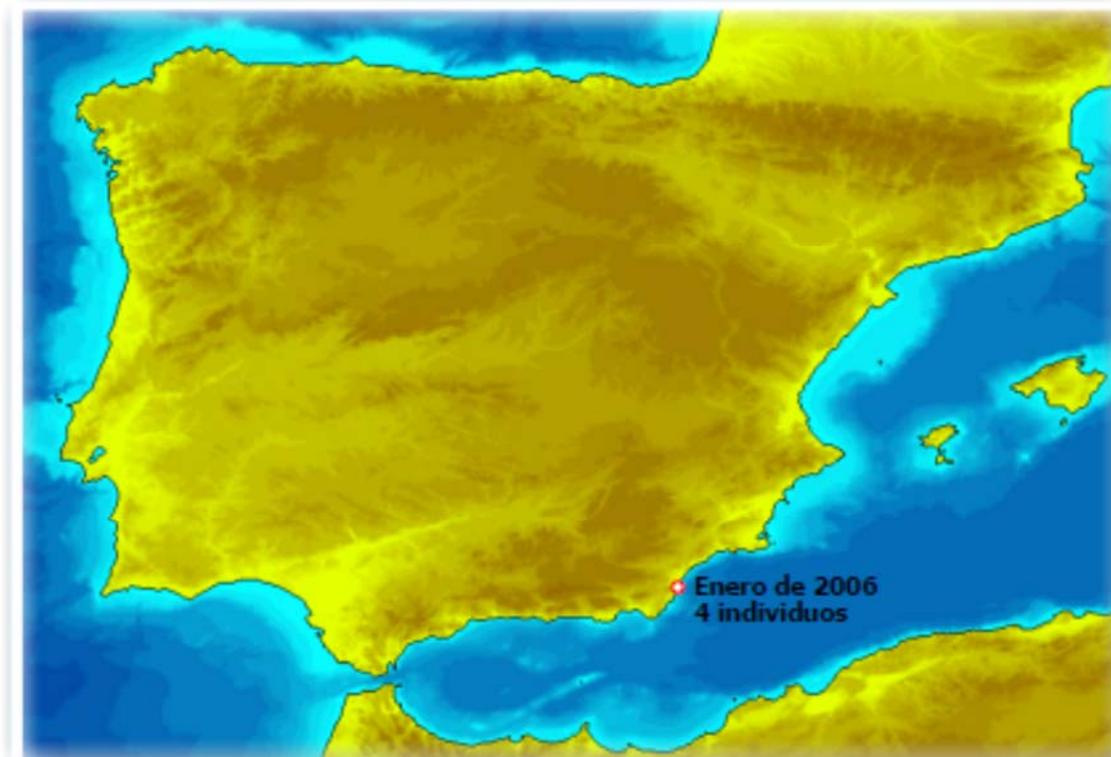


Figura 5-6 Varamientos masivos Península Ibérica [12]

5.2.4 Áreas mundiales clave para ballenas picudas (Zifios): Isla de Alborán y Archipiélago Canario.

Actualmente, la falta de conocimiento acerca de las ballenas picudas es principalmente debido a su distribución oceánica y sus preferencias por aguas profundas más allá de los bordes del estante donde relativamente pocos buques de investigación pueden alcanzar. Sin embargo existen problemas en la identificación de los animales a nivel de especie e incluso varados pueden ser mal identificados

Los Zifios pueden verse afectados por las actividades humanas como la caza de ballenas, la captura incidental en la pesca de otras especies marinas, la ingestión de plásticos, la acumulación de biocontaminantes y ruido antropogénico. Se asume que la conservación de la ballena picuda puede lograrse en el corto plazo si los enfoques tradicionales para la conservación de los grandes mamíferos (tales como calcular y controlar el tamaño de las poblaciones, investigar los requerimientos de hábitat, monitoreo de la pérdida de hábitat, aumentando la conciencia de la comunidad, la identificación de las posibles amenazas y la aplicación de medidas de mitigación apropiadas) se centran en identificar áreas de importancia de ballenas picudas.

Tales áreas "clave" se identifican utilizando simple criterios y conocimientos disponibles. A pesar de este enfoque, es importante se ha de subrayar que, especialmente teniendo en cuenta los conocimientos actuales, las ballenas picudas se reproducen fuera de estas áreas. Todas las ballenas picudas pueden verse afectadas por actividades antropogénicas por tanto se deberán tomar medidas adecuadas de mitigación tanto dentro como fuera de las áreas clave.

Un área clave se define como cualquier aquella en la cual los impactos antropogénicos podrían dar lugar a problemas de nivel de conservación a escala regional o global. Se utilizan cuatro criterios para identificar áreas clave [13]:

- Zonas (A): donde una o más especies de ballenas picudas se ha registrado.
- Zonas (B): zonas utilizadas durante los movimientos entre dos o más áreas clave identificadas en el criterio (A).
- Zonas (C): las zonas con una alta diversidad de zifios en su área, los registros de más de 25% de todo de especies de ballenas picudas y al menos el 50% de toda los géneros ballena picuda.
- Zonas (D): áreas relativamente pequeñas que cubren una gran parte, o de todo, de la gama conocida de una especie o aislado de la población.
- Zonas (E): áreas que se pueden utilizar en apoyo adicional en el contexto de las cuatro anteriormente mencionadas, y áreas donde las ballenas picudas ya han sido afectadas por los impactos humanos y donde pueden existir problemas de conservación o de donde pueda ser más vulnerables a una futura interferencia antropogénica.

Una base de datos global que contiene 4.857 registros de ballenas picudas se construyó utilizando toda la información disponible de avistamientos, la captura incidental, la caza de ballenas, varamientos y otros tipos de registros que, dentro de los datos, contenía lugares específicos. Las fuentes de datos variaron ampliamente en su contenido y la literatura revisada incluye informes publicados y no publicados, bases de datos públicas y privadas e investigación en curso. Después de una serie de controles, los datos fueron ordenados según los criterios presentados anteriormente para

identificar y definir las áreas clave para los zifios. Veintitrés áreas fueron identificadas a partir de los datos cotejados, y los límites se establecen en función de la disposición de los datos.

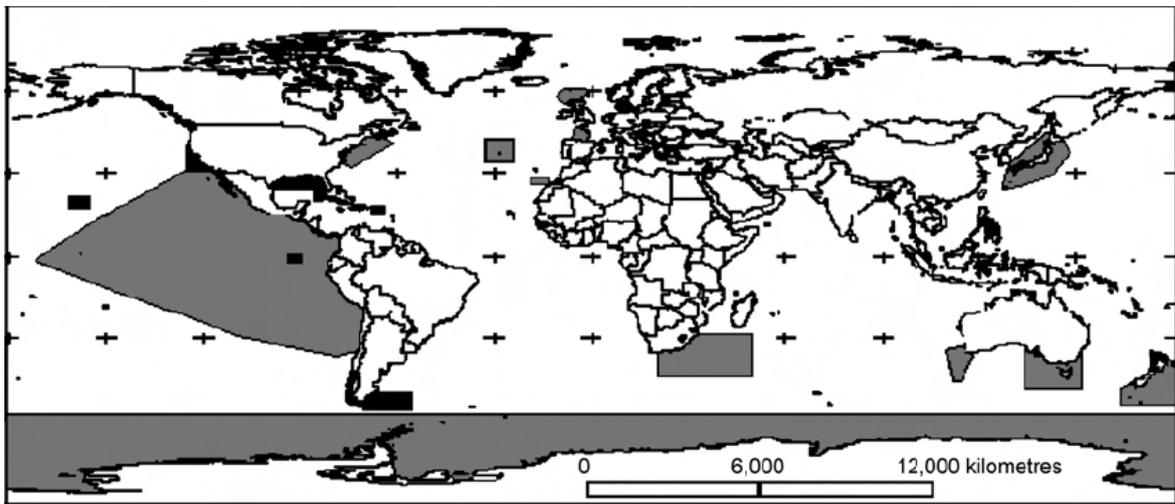


Figura 5-7 Vista mundial de las Áreas Clave [13].

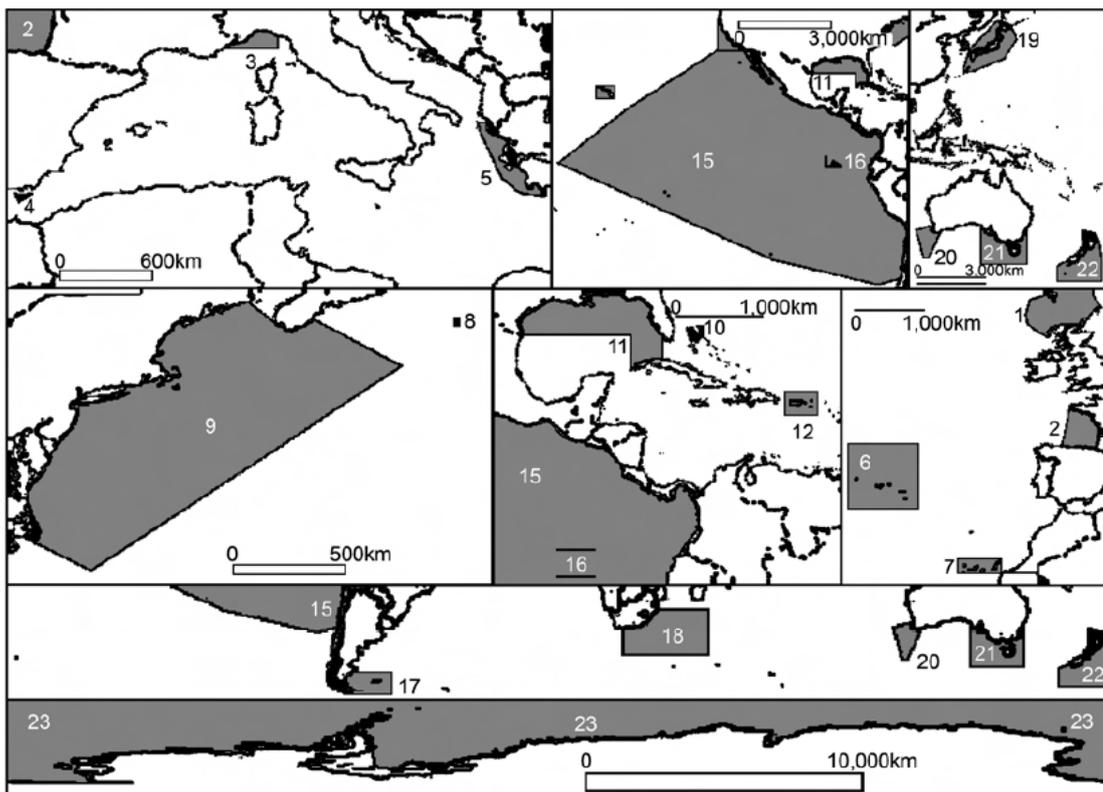


Figura 5-8 Vistas detallada de cada Área Clave por región oceánica. [13].

(1) La frontera del Atlántico; (2) La Bahía de Vizcaya; (3) El Golfo de Génova; (4) El mar de Alborán oriental; (5) Grecia Occidental; (6) Las Azores; (7) Las Islas Canarias; (8) Nueva Escocia; (9) Noreste márgenes de la plataforma continental de América del Norte; (10) Bahamas Norte; (11) Norte del Golfo de México márgenes de la plataforma continental; (12) Puerto Rico y las Islas Vírgenes; (13) Los márgenes de la plataforma de California; (14) Hawái; (15) La parte oriental del Pacífico tropical;

(16) Las Islas Galápagos; (17) Tierra del Fuego y las Islas Malvinas; (18) El Océano Índico por Sudáfrica; (19) Japón; Australia (20) Sur-occidental; (21) el sudeste de Australia y Tasmania; (22) Nueva Zelanda; (23) Océano del Sur y la Antártida.

A continuación se analizan las siguientes áreas:

Mar de Alborán Oriental
<p>Límites: un pentágono con esquinas en 36.52 ° N, 3,10 ° W; 35.98 ° N, 3,10 ° W; 36.08 ° N, 2,87 ° W; 36.52 ° N, 2,13 ° W y 36.47 ° N, 2,80 ° W (basado en 27 registros). Se han registrado muchos avistamientos de ballenas picudas de Cuvier en el este de Alborán Mar, así como avistamientos ocasionales de ballenas de botella. El área representa un área de avistamientos regulares de zifios y es la única zona conocida fuera del Norte Océano Atlántico, donde las ballenas de botella del norte han sido observadas. Además, su posición entre el Norte Atlántico y el cuerpo principal del Mediterráneo significa que es potencialmente importante para el intercambio información entre estas dos áreas. Por tanto, el este del Mar de Alborán califica como un área clave bajo el criterio (A) y, posiblemente, (B) y (D).</p>
Las Islas Canarias
<p>Límites: 27,50 a 29,50 ° N, 13,25 a 18,75 ° W (basado en 60 registros). Cinco especies de ballenas picudas de tres géneros han sido registradas en Canarias. Ballena Picuda de Blainville y zifios de Cuvier han sido avistados varias veces y ha habido al menos cinco varamientos masivos atípico que afecta a cuatro especies de ballenas picudas de Canarias; varios de ellos se han vinculado a las actividades militares en el área de ámbito local. Por tanto, las islas canarias se califican como un área clave bajo criterios(A) y (C) aumentada por (E).</p>

Tabla 5-1 Areas clave españolas

Las áreas clave identificadas aquí cubren las ubicaciones de casi 70% de los registros de ballenas picudas incluidas en la base de datos construido para este análisis. Van desde relativamente pequeñas y discretas áreas geográficas, como la Cañada de Nueva Escocia, a regiones enteras, como la Antártida.

Tales diferencias de escala reflejan dos factores. En primer lugar, pueden reflejar diferentes niveles de estudio. Por ejemplo, en el Gully, la investigación ha sido dirigida específicamente a estudiar las ballenas de botella del norte conocidas que se encuentran, mientras que para el Océano Austral y aguas de la Antártida, la mayor parte de los datos provienen de encuestas de amplio alcance emprendidas para estimar la abundancia de ballenas minke. Además, algunas áreas clave se basan en datos de varamientos, que proporcionan sólo una visión de baja resolución de los patrones en la ballena picuda, ya que dependen en gran medida de las condiciones que prevalecen, con animales potencialmente viajando grandes distancias. Por tanto, tales datos se pueden solo utilizar para identificar las áreas muy generales de concurrencia.

En segundo lugar, pueden reflejar diferencias reales en distribución a distintas escalas y en diferentes océanos. Por ejemplo, en una escala amplia, hay una gran abundancia de zifios en todo el Océano Austral y Antártico. En otros lugares, de distribución de ballenas picudas se relaciona con factores de escala fina con niveles relativamente bajos de concurrencia fuera de las áreas clave. Otros datos tienen la obligación de investigar si hay escala fina de áreas específicas que ballenas picudas

utilizan preferentemente dentro de zonas de amplia escala. Esto es particularmente importante para las áreas clave como el Océano del Sur y la Antártida, para que a escala fina corriente el conocimiento es limitado.

La identificación de áreas clave no es un fin en sí mismo, sino más bien una forma de proporcionar un foco para la adecuada evaluación, mitigación y estrategias de regulación. Sin embargo, hay poca información disponible sobre la mitigación y estrategias reguladoras para algunos de las amenazas antropogénicas potencial identificadas, especialmente en materia de ruido. La determinación de los mecanismos detrás de estas amenazas sólo será posible si muchos campos aislados comienzan a colaborar.

El trabajo actual va dirigido a la comprensión de cómo los sonares navales pueden ser el resultado de los varamientos masivos de ballenas picudas, que incluye a investigadores que trabajan en áreas tan diversas como la anatomía auditiva, la propagación del sonido, oceanografía física modelada, comportamiento de buceo, ecología y patología. A falta de conocer con seguridad los impactos antropogénicos y estrategias de mitigación apropiadas, un enfoque preventivo debe aplicarse en las áreas clave.

El medio marino es un sistema dinámico con grandes cambios que se producen en periodos de tiempo relativamente cortos que pueden afectar la distribución de las especies y preferencias de hábitat. Por tanto, es importante reconocer que las áreas clave identificadas pueden no ser (y probablemente no lo son) entidades estáticas. Esto quizás es importante para las áreas llave que cubren áreas relativamente pequeñas, discretas y que están sobre la base de datos a escala fina, donde los pequeños desplazamientos geográficos de condiciones oceanográficas podrían resultar en cambios locales en patrones de distribución de zifios. Por tanto, las áreas clave deben ser monitorizadas regularmente para detectar cambios de distribución y la presencia de ballenas picudas. Es casi seguro que una mayor investigación identificará áreas clave adicionales, así como lugar a la modificación de las ya existentes.

Esto refuerza el hecho de que a falta de pruebas no debe ser tomado como evidencia de ausencia. Simplemente porque un área que no se identifica como una área clave, no significa que los zifios han estado presentes o susceptible a impactos antropogénicos en otras áreas. Para identificar o modificar áreas clave se requiere de proyectos y estudios de investigación dedicados; muchas áreas del mundo siguen siendo no levantadas.

Sin embargo, la realización de encuestas y proyectos dedicados a la investigación para las especies oceánicas es complejo, caro y puede tardar varios años. Por lo tanto, sería valioso utilizar nuevas técnicas de desarrollo de modelación espacial con los datos disponibles para predecir áreas de hábitat adecuadas de las ballenas picudas. El uso de áreas clave como la propuesta combinada con un enfoque de modelado espacial debe permitir adecuadamente medidas de conservación de precaución que deben aplicarse a pesar del relativamente escaso conocimiento de las ballenas picudas en muchas áreas del mundo.

6 ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA MARINA DESDE LA ÓPTICA DE LOS ORGANISMOS MILITARES: MEDIDAS DE MITIGACIÓN

6.1 Estudios base de normativa militar

6.1.1 NURC (Centro de investigación submarina de la OTAN)

La NURC es el centro de la OTAN que lleva a cabo la investigación marítima. Este centro mantiene una amplia asociación para expandir su producción de investigación, promover la innovación marítima y fomentar la aplicación más rápida de los productos de investigación.

Los planes y operaciones de la NURC son revisados exhaustivamente y regularmente por organismos externos: la supervisión independiente de expertos nacionales, la revisión de las prestaciones propuestas por autoridades militares de usuario y la certificación de procesos de negocio independiente. El Comité Científico de Representantes Nacionales, la afiliación a la cual está abierta a todas las naciones de la OTAN, proporciona orientación científica al centro y al Comandante Supremo Aliado.

El Programa Científico del Trabajo (SPOW) es el núcleo de las actividades de la NURC y está organizado en cuatro áreas de empuje de búsqueda:

- Expedicionarias contramedidas de mina (MCM) y Protección Portuaria (EMP)⁷
- Reconocimiento, Vigilancia y Redes Submarinas (RSN)
- Expedicionaria de Apoyo a las Operaciones (EOS)
- Mando y Apoyo Operacional (COS)

La NURC también proporciona servicios a otros patrocinadores a través del Programa de Trabajo Complementario (SWP). Estas actividades se llevan a cabo para acelerar la implementación de nuevas capacidades militares de la OTAN y las Naciones, para proporcionar asistencia a las Naciones, y asegurarse de que las capacidades marítimas del Centro se mantienen de una manera totalmente productiva y económica.

a) NURC-SP-2006-008: Normas y procedimientos de mitigación de riesgos en buceadores y de mamíferos marinos

Las naciones de la OTAN trabajan para prevenir la contaminación en el medio marino, y las formas de energía que son clasificadas, por ello los efectos potencialmente nocivos deben ser mitigados, en consonancia con los objetivos operativos. Los Principios generales de la protección del medio ambiente se centran en la conservación de los ecosistemas marinos mamíferos debido a su dependencia de sonido y la incertidumbre relacionada con el impacto de la misma en su fisiología y el comportamiento. [14]

A pesar de la falta de conocimiento, de los efectos biológicos de la naturaleza, de la respuesta del comportamiento de los mamíferos marinos y del rango, profundidad y circunstancias específicas que se pueden producir estos efectos, existe evidencia de que algún sonido de alto nivel, ya sea explosivo, electromecánico ruido buque o general en origen, puede tener en algunas circunstancias, un efecto perjudicial sobre los buceadores y los mamíferos marinos. Por tanto, nos centraremos en la parte de este documento relacionada con los mamíferos marinos.

La evidencia sobre las respuestas de comportamiento de los mamíferos marinos son a menudo contradictorias: algunas especies muestran tendencias claras de evitación, mientras que otros no muestran ninguna respuesta en absoluto, o puede incluso congregarse en las proximidades de una fuente de sonido, depende de sus características y condiciones oceanográficas.

La anatomía del oído, rango de audición y la sensibilidad de los mamíferos marinos varía ampliamente entre las especies. Muchos están adaptados fisiológicamente para sostener moderadamente rápido y extremo cambios de presión a partir de fuentes naturales y parecen capaces de soportar valores de potencia acústica mayores que en el aire. Es posible que estas adaptaciones puedan proporcionar mecanismos de protección que reducen el riesgo de lesiones de sonido de alto nivel. Sin embargo, observaciones recientes indican que puede haber una relación compleja entre niveles de energía del sonar, el tipo de señal, y las reacciones de comportamiento.

Se dispone de pocos estudios de anatomía y conducta, y además la identificación precisa de los mamíferos marinos no siempre es posible. Por tanto es necesaria la presentación de los procedimientos de reducción del riesgo de precaución que se aplican generalmente a todos mamíferos marinos, estas directrices son deliberadamente conservadoras y pueden ser modificadas para reflejar los resultados de los estudios futuros. También hay que destacar que, si bien ninguna medida de mitigación de riesgos puede eliminar los riesgos asociados con el uso del sonar, pero una prudente planificación y acciones pueden reducir significativamente estos riesgos.

En este sentido, la NURC indica que llevará a cabo una fase de investigación de manera responsable. Esto incluirá un Estudio de Alcance Ambiental (ESS), procedimientos de mitigación y monitoreo junto con un registro de auditoría asociado. Para este fin, todas las operaciones realizadas en los buques o desde la orilla, se llevarán a cabo en conformidad con las leyes aplicables, reglamentos locales y la práctica marítima aceptadas. Además se ha comprometido a mejorar la comprensión de las características del ruido antropogénico, como la estructura de la frecuencia, la intensidad, o el contexto

que hace un sonido aversivo y, potencialmente, perjudicial para los mamíferos marinos. Las políticas y reglas de mitigación de riesgos se mantendrán ajustadas a las mejores técnicas disponibles y las prácticas medioambientales.

Existen motivos razonables para temer que un sonido de alta intensidad a cierta frecuencia (en el punto de recepción) puede tener efectos imprevistos nocivos. Se deben seguir precauciones para minimizar el daño potencial de estas fuentes de alta intensidad, ya sean de origen explosivo o electro-mecánica. Santuarios de mamíferos marinos y los hábitats deben evitarse siempre que sea posible.

La Consideración del daño potencial se logra mediante la evaluación del potencial que resulte en un ensayo en el mar, y la adopción de medidas destinadas a evitar los efectos durante uso legítimo de los mares. Las acciones pueden incluir la garantía de que una prueba de mar nunca se lleva a cabo en o cerca de áreas de reproducción de mamíferos marinos o las rutas de migración.

La influencia de la energía del sonido en los mamíferos marinos es una función del nivel de presión en el punto de la recepción por el mamífero y la pérdida de propagación sobre la distancia. Mientras que a nivel de presión de fuente se puede ajustar cuando en el experimento en virtud de la presencia de mamíferos marinos para cumplir con las normas de mitigación. En vista del hecho de que la sensibilidad de los mamíferos marinos al sonido no es ni bien conocido ni coherente en todas estas especies, un enfoque conservador, pero práctico es prudente y necesario.

Precaución durante los estudios experimentales:

1. Fuentes impulsivas. Gamas de seguridad:

Misticetos: 2000 m
Odontocetos / pinnípedos: 2000 m

Tabla 6-1 Distancia de precaución para fuentes impulsivas

2. Fuentes coherentes El nivel de ruido en el punto de recepción no debe exceder de los siguientes niveles (re 1µPa):

Pequeño Odontocetos:
Frecuencias menores de 3 kHz: 186 dB
Frecuencias entre 3 - 20 kHz: 181 dB
Frecuencias de 20 a 75 kHz: 178 dB
Misticetos y grande Odontocetos:
Frecuencias de 100 kHz: 160 dB

Tabla 6-2 Potencia acústica de seguridad para fuentes coherentes

Recientes búsquedas en los varamientos de zifios en las Islas Canarias Islas en 2002 asociados con sonares militares indica que una de las causas de los varamientos puede ser un efecto similar a las "curvas" en los buceadores. Esto pone de manifiesto la necesidad de planificar cuidadosamente las

operaciones de evitar hábitats de ballenas picudas y seguir un procedimiento estricto y, posiblemente, extendido "ramp up" antes de un experimento de sonar cuando el hábitat no puede evitarse por completo.

Se reconoce que la aplicación de la política y los procedimientos presentará algunas dificultades en el mar, que podría causar retrasos en experimentos y requerir recursos adicionales, así como formación específica. Debido a que estas pautas están diseñadas para minimizar el riesgo para los mamíferos durante los experimentos de sonar y otras operaciones NURC, son utilizados por los científicos en el ejercicio y en la planificación de las operaciones marinas durante los cuales se utilizarán fuentes de sonido de alto nivel.

b) NURC-SP-2009-002: Normas y procedimientos de mitigación de riesgos en mamíferos marinos

Durante la última década, los varamientos masivos de zifios en estrecha proximidad a experimentos sonar activo y ejercicios militares aumentó la preocupación por los posibles efectos del sonar activo en los mamíferos marinos.

Así, el proyecto de Mitigación de Riesgos de Mamíferos Marinos (MMRM) se inició para desarrollar el fundamento científico necesario para el desarrollo de procedimientos, ayudas en la decisión y herramientas asociadas para ayudar a mitigar el riesgo acústico en los mamíferos marinos. El proyecto MMRM mantendrá las políticas de mitigación de riesgos y normas para ajustarse a mejor técnicas disponibles y las prácticas medioambientales.

La NURC toma medidas cautelares y preventivas a eludir un daño a los mamíferos marinos de sonido bajo el agua. Además, todas las operaciones conducidas en buques o desde la orilla se llevarán a cabo de manera conforme con las leyes ambientales aplicables, locales reglamentos y prácticas marítimas aceptadas. Esta política está en apoyo de los principios y políticas de protección del medio ambiente de la OTAN.

Los procedimientos llevados a cabo por la NURC tienen dos intenciones [15]:

- Minimizar el riesgo potencial de varamientos de zifios como resultado del uso de fuentes de sonido: La hipótesis es que los varamientos de zifios puede ser el resultado de una respuesta de comportamiento a las fuentes a nivel de sonido significativamente por debajo de los que causan impacto físico directo; sin embargo, la relación específica de causa y efecto entre el uso del sonar y mamíferos varamiento es aún desconocido. Por lo tanto, la política de precaución es reducir las interacciones temporales y espaciales de los sonidos a las ballenas picudas.
- Minimizar el riesgo de lesión auditiva en un mamífero submarino que puede resultar de la utilización de fuentes sonoras. El umbral de desplazamiento temporal (TTS) de capacidad auditiva es el más bajo nivel experimental conocido por encima del cual se puede producir una lesión auditiva, tal y como apuntamos en otros apartados de este estudio de impacto ambiental.

La mitigación de riesgos a mamíferos marinos se consigue principalmente en la fase de planificación previa a la realización de las pruebas de mar. La planificación culmina con la finalización del Estudio de Alcance Ambiental (ESS), que es incluido en el plan de ensayo en el mar. Este estudio se centra en la recopilación y el análisis de datos en apoyo de los siguientes objetivos:

- Centrarse en el riesgo potencial de zifios varados como consecuencia del uso de fuentes de sonido. Ver la reacción de comportamiento que sucede en la proximidad de los varamientos de zifios con el uso de sonidos desconocidos.
- Centrarse en minimizar el riesgo de lesión auditiva de un mamífero marino que puede resultar de la utilización de las fuentes de sonido. TTS es una función de la intensidad, la duración y la frecuencia de la señal. Por lo tanto, la planificación de los esfuerzos, a de centrarse en la relación entre las características de la fuente de sonido y el recibido de energía en el animal.

Además, las prácticas operacionales adicionales apoyarán los objetivos de mitigación del riesgo de lesiones físicas y varamientos potenciales. El propósito de los criterios que se presentan a continuación es para mitigar la aparición de temporal cambio del umbral. Ahora vamos a ver unos términos que nos ayudarán a entender los resultados obtenidos en los diferentes estudios.

- El intervalo de cierre es la distancia desde la fuente de transmisión en el que el máximo instantáneo nivel de presión de sonido recibido pico (SPL en dB // 1 μ Pa) o sonido recibido integrado nivel de exposición (SEL en dB // 1 μ Pa² s) es equivalente o inferior a los criterios de riesgo daños (RDC) que aparece a continuación.
- El pico de presión sonora es el valor máximo absoluto de la presión acústica instantánea durante un tiempo determinado.
- El nivel de exposición sonora es una medida de la energía física del ruido que tiene en cuenta tanto la intensidad y duración.

El modelado de la pérdida de transmisión debe incluir las frecuencias mínimas y máximas, y debe dar lugar a los niveles de media recibidos y energías en toda la columna de agua, además los niveles y energías máximas recibidos de todos los ángulos de azimut. Las predicciones de la pérdida de transmisión son realizadas mediante el uso de herramientas conocidas para producir resultados cercanos a otros modelos alternativos, es decir, garantizar entre modelos la consistencia de los resultados de los modelos de la zona de ejercicio planificado. Además, las herramientas de predicción deben ser operadas por una persona con experiencia que conoce el impacto de los parámetros de entrada del modelo en la pérdida de transmisión y tiene acceso al medio ambiente.

- Cuando las fuentes tonales (es decir, el sonar activo, dispositivos acústicos de disuasión, la tomografía acústica fuentes) se emplean en conjunción con los mamíferos marinos, los siguientes valores de SEL no deberán superarse con el fin de evitar un desplazamiento temporal del umbral de los animales en el alrededores (TTS).

Category of Marine Mammal	Received Sound Exposure Level of Single Ping (dB re 1 μ Pa ² -s)	Received Sound Exposure Level of Multiple Exposures (dB re 1 μ Pa ² -s)
Cetaceans	195	195 – 5 log ₁₀ (N)
Pinnipeds in water	183	183 – 5 log ₁₀ (N)

Tabla 6-3 Criterios de Riesgo Daños del Tono [15]

Donde N es el índice de ping sonar recibido por el animal, medida como pings / día.

- Cuando las fuentes de impulsos se utilizan en presencia de los mamíferos marinos (es decir, rifle de aire, pistola de agua, explosivos), el siguiente SPL no se debe superar para evitar TTS.

Category of Marine Mammal	Maximun Received SPL Single Exposure (dB re 1 μ Pa ² -s)	Maximun Received SPL Multiple Exposures (dB re 1 μ Pa ² -s)
Cetaceans	224	224 - 5 log ₁₀ (N)
Pinnipeds in water	212	212 - 5 log ₁₀ (N)

Tabla 6-4 Criterios de Riesgo Daños de Pulsos [15]

El DRC de pulso se basa en la presión pico para reflejar la sensibilidad particular del oído de los mamíferos a los sonidos impulsivos. Para tener en cuenta el efecto acumulativo sobre el animal de múltiples exposiciones, la corrección $5\log_{10}(N)$ será aplicada en efectos múltiples acumulados de exposiciones, cuando la situación incluye uno de los siguientes casos:

- Fuente estacionaria y los animales están presentes.
- Fuente y receptores móviles.

Por ejemplo, si se planea transmitir desde una fuente de sonido estacionaria 1000 – 2000 pings / por día de 1 segundo cada uno, la reducción en el manejo integral se basan en criterios de riesgo para SEL:

Pings/Day	Reduction of SEL Risk Criteria (dB)	SEL Risk Criteria (dB re 1 μ Pa ² -s)
1	0	195
1000	15	180
2000	16.5	178.5

Tabla 6-5 Múltiples criterior de riesgo de daño de la exposición [15]

6.1.2 Plan de acción estratégico para la conservación de la diversidad biológica de la región mediterránea (SAP-BIO) año 2003.

El Proyecto del Plan de Acción Estratégico para la Conservación de la Diversidad Biológica de la Región Mediterránea pretende valorar la situación actual del estado de conservación de los componentes que engloban la diversidad biológica mediante consultas técnicas. Por lo tanto, espera ayudar a tomar las medidas adecuadas para la conservación del medio marino. El logro de los objetivos de este Plan de Acción Estratégico contribuirá a mantener y a restaurar la productividad y la biodiversidad del medio marino, favoreciendo la conservación y la utilización sostenible de los recursos naturales. Además proporcionará una base científica para la aplicación del citado Protocolo sobre las Zonas Especialmente Protegidas y la Diversidad Biológica en el Mar Mediterráneo.

Los objetivos específicos del plan de acción estratégico como contribución al Proyecto SAP BIO son los siguientes [16]:

1. La identificación de los principales problemas que afectan a la biodiversidad marina y sus causas, estableciendo su importancia relativa.

2. El análisis de las medidas fundamentales y adicionales necesarias para resolver cada problema prioritario.
3. La formulación de principios, enfoques, medidas, calendarios y prioridades para la acción.
4. La determinación de los elementos y la preparación de líneas directrices para la elaboración de los planes de acción nacionales en materia de protección del medio ambiente marino.
5. La identificación de la participación que pueden tener las organizaciones no gubernamentales en la ejecución del Plan de Acción Estratégico.
6. La preparación de una lista prioritaria de actividades y de inversiones (cartera de inversiones).

El análisis de la situación actual ha permitido poner de manifiesto los principales factores que afectan a la biodiversidad en el Mediterráneo, así como los problemas detectados para los que se proponen acciones específicas, siendo sus impactos los que afectan a ecosistemas y especies de interés para la conservación, y que tienen relación con los siguientes aspectos: Pesca y acuicultura, Contaminación, Turismo y Especies exóticas y especies invasoras

El conjunto de prioridades para la acción contra estos impactos se ordena en función de su importancia dentro de cada uno de los sectores con incidencia en la biodiversidad marina y costera del Mediterráneo. Con respecto a este conjunto de prioridades para la acción, se proponen algunos Planes de Acción Nacionales para aquellas acciones más urgentes. En todos los casos, es fundamental determinar y examinar los mecanismos existentes para facilitar el intercambio de información pertinente entre los distintos agentes implicados en las acciones propuestas.

Es fundamental también que en todas las acciones que se emprendan se integren en mayor medida las prácticas de evaluación de impacto ambiental. Las prioridades de acción establecidas, así como los planes de acción, deben estar en todo momento, coordinados con las estrategias de actuación de países terceros, garantizando la coherencia entre ellos y con los respectivos objetivos de conservación de la biodiversidad de los distintos países. Es fundamental apoyar el desarrollo de una cooperación mundial con terceros países que aborde, en particular, el uso sostenible y la gestión de la biodiversidad en economías en transición, así como en las economías emergentes y en desarrollo.

Se puede hacer un análisis de las acciones ya emprendidas para la conservación de las especies marinas en España, basándose en los proyectos de investigación de los últimos años en los que participa la Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Como ejemplo, debemos destacar los siguientes proyectos relacionados con la conservación de cetáceos.

a) Identificación de las áreas de especial interés para la conservación de los cetáceos en el Mediterráneo español.

El objetivo global de dicho proyecto es el de cumplir con la finalidad que propugnan diferentes Convenios y Acuerdos internacionales, esto es, conseguir y mantener un estado de conservación

favorable para los cetáceos del Mediterráneo, y en particular en las aguas españolas, procurando la información e instrumentos necesarios para que se puedan adoptar las medidas necesarias, y entre estas, la creación de una red de zonas especialmente protegidas para la conservación de los cetáceos; la cual, coordinada con las respectivas áreas de los demás países mediterráneos, lograría un avance decisivo para esta finalidad.

b) Conservación de cetáceos y tortugas en Andalucía y Murcia.

Este proyecto, financiado por el Fondo europeo LIFE-Naturaleza y en el que participan como socios, entre otros, la Dirección General de Conservación de la Naturaleza y la Dirección General de Costas del Ministerio de Medio Ambiente, así como los Gobiernos regionales de Andalucía y la Región de Murcia, tiene como objetivo desarrollar los instrumentos de gestión, monitorización, educación y sensibilización para la conservación y gestión sostenible de nuestros ecosistemas marinos, a través de la implementación de los marcos jurídicos nacionales e internacionales y en particular la Directiva de Hábitats 92/43/CEE, en materia de creación de áreas marinas protegidas y conservación de mamíferos marinos y tortugas.

Los planes de acción han de ser instrumentos prácticos para lograr la integración de la biodiversidad en los instrumentos y ámbitos sectoriales e intersectoriales pertinentes para la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica.

Deben favorecer la colaboración y la asociación, así como un uso más eficaz de los recursos disponibles. En el desarrollo y la aplicación de los planes de acción debe adaptarse un planteamiento de precaución en caso de que se disponga de conocimientos incompletos. Se deben evaluar los aspectos socioeconómicos de la aplicación de las medidas incluidas en los planes de acción. A fin de fijar las prioridades y de justificar las opciones elegidas cuando existan diferentes alternativas, los planes de acción deben incorporar la necesaria información en materia de análisis coste/eficacia.

Cada plan de acción debe establecer las tareas, las metas y los mecanismos para evaluar sus resultados y los progresos realizados en la aplicación del Plan de Acción Estratégico (SAP BIO). Tras la adopción de los Planes de Acción, será responsabilidad de los agentes competentes garantizar su aplicación. La aplicación del Plan de Acción Estratégico y la efectividad e idoneidad de los Planes de Acción se evaluarán periódicamente, de acuerdo con los respectivos planes de actividades.

A pesar de la importancia de todas las prioridades, se ha primado la viabilidad de los Planes de Acción propuestos, ya que tienen unos objetivos muy definidos sobre hábitats y especies concretos y se cuenta con la colaboración de los agentes que estarán implicados en su desarrollo. Para cada uno de los Planes de Acción propuestos, se deben identificar aquellas acciones que se consideren las más adecuadas para cumplir con los objetivos propuestos.

Unos de los planes de acción es el plan Natura 2000, reflejándose a continuación en modo de tabla

ESTABLECIMIENTO DE LAS NUEVAS ÁREAS PROTEGIDAS COSTERAS Y MARINAS EN EL MARCO DE LA RED NATURA 2000		
Amenazas	<ul style="list-style-type: none"> -Desconocimiento del estado y distribución de los hábitats y especies marinas, en especial los hábitats de alta mar. -Insuficiente designación de áreas marinas para la Red Natura 2000. -Medidas de gestión poco definidas. -Establecimiento de una red de espacios marinos protegidos: necesidad de conexión y coordinación entre los mismos. -Escaso conocimiento por parte del público de la importancia y valor de las áreas marinas. 	
Medidas de conservación actuales	<ul style="list-style-type: none"> -Propuesta inicial de áreas marinas protegidas dentro de la Red Natura 2000. -Inclusión de áreas protegidas en la Lista de ZEPIM (actualmente España es el país Mediterráneo que tiene mayor número de zonas incluidas en la Lista). -Espacios naturales costeros protegidos al amparo de la legislación ambiental nacional y regional 	
Objetivos	Legislación	<ul style="list-style-type: none"> -Continuación de la aplicación de la legislación existente -Revisión de la legislación ambiental nacional existente para incluir con más detalle diversas figuras de protección marina.
	Protección	<ul style="list-style-type: none"> -Garantizar la aplicación de las medidas de gestión en las áreas ya protegidas. -Coordinación con otras figuras de gestión marina no orientadas específicamente a la protección de hábitats y especies marinas.
	Seguimiento	<ul style="list-style-type: none"> -Seguimiento de la aplicación de las medidas de gestión en las áreas protegidas y adecuación de las mismas a los problemas detectados.
	Investigación	<ul style="list-style-type: none"> -Inventariación detallada de hábitats y especies en las áreas ya designadas. -Coordinación entre las propuestas de investigación y las medidas de gestión. Mayor desarrollo de investigación aplicada.
	Información pública	<ul style="list-style-type: none"> -Mayor información pública relativa a los valores e importancia de las áreas marinas.
Acciones	<ul style="list-style-type: none"> -Designación de suficientes zonas marinas para una aplicación coherente de la Directiva Hábitats en el medio marino. -Desarrollo de medidas de gestión de las áreas marinas de Natura 2000. -Coordinación de las áreas marinas ya protegidas. Diseño de una red integral. Establecimiento de corredores marinos. -Desarrollo de campañas de información y sensibilización pública sobre la importancia y valor de las áreas marinas (Como edición de dípticos o creación y dotación de centros de interpretación). 	

<p>Aplicación</p>	<ul style="list-style-type: none">-Designación de suficientes zonas marinas para una aplicación coherente de la Directiva Hábitats en el medio marino.-Desarrollo de medidas de gestión.-Coordinación.-Divulgación y educación.
--------------------------	--

Tabla 6-6 Establecimiento de las nuevas áreas protegidas costeras y marinas en el marco de la red natura 2000

[16]

6.2 Estudios dentro del marco Internacional

Como hemos visto existen convenios internacionales, como el llevado a cabo por la OTAN, y en particular su centro NURC en el Mediterráneo, que han desarrollado protocolos de actuación estandarizados, con medidas de mitigación del impacto del sónar sobre buceadores y fauna marina.

Sin embargo, la Marina de cada país decide las medidas de mitigación de impacto de sus actividades independientemente, de acuerdo a su legislación ambiental nacional. En caso de ejercicios conjuntos de varias nacionalidades, las medidas de mitigación comunes dependerán de la decisión del coordinador de las maniobras y de la nacionalidad de las aguas en las que estas se realicen.

Las medidas de mitigación del sónar táctico ya aplicadas por las armadas de distintos países que parecen más efectivas son las de evitar zonas conocidas de alta densidad de avistamientos de zifios o donde se hayan registrado varamientos masivos previos. [2]

Así desde que se limitó el uso del sónar activo a 50 millas de Canarias no se han registrado nuevos varamientos masivos atípicos de zifios. Este es un paso importante y una medida de prevención pionera para tratar de reducir el impacto de la actividad militar en una zona conocida por sus poblaciones de zifios. Sin embargo, podría no ser suficiente para cumplir con este fin, debido a las razones siguientes:

- La distancia máxima entre cada uno de los zifios varados en un solo suceso en Canarias fue menor de 80 mn (millas náuticas)
- El ejercicio militar naval ‘Majestic Eagle’ (2004) se realizó a unas 100 nm al NE de Lanzarote y se registraron varamientos de zifios en Lanzarote y Fuerteventura
- El paso de buques a posibles zonas de ejercicios navales cerca de Canarias puede implicar el uso del sónar, sobre todo si los buques no son españoles. Se desconoce la disciplina a la moratoria española por parte de buques de otras nacionalidades. Sería importante informarles a través de los avisos a los navegantes, para que consideren la moratoria cuando naveguen en aguas internacionales dentro del perímetro de las 50 millas náuticas alrededor del Archipiélago.
- Existe una gran escasez de datos sobre la distribución de los zifios en aguas oceánicas del perímetro del archipiélago, por lo que es necesario evaluarlo adecuadamente para verificar si las poblaciones de Canarias están asociadas al talud o se reparten por la llanura abisal.

Sin embargo, evitar zonas costeras no garantiza que no se produzcan impactos sobre poblaciones de zifios, u otras especies sensibles, en aguas más oceánicas. Estos impactos podrían pasar desapercibidos al no observarse varamientos. Por ello, es importante desarrollar, de forma paralela, investigación sobre las áreas donde se plantea localizar maniobras navales que impliquen el uso de sónar.

Estas medidas deben ir acompañadas de un protocolo estricto de detección de fauna, y de actuación en caso de detección, durante el desarrollo de las maniobras, que reduzca las posibilidades de producir daños.

En octubre de 2004, el Parlamento Europeo aprobó una resolución pidiendo una moratoria sobre la operación del "sónar militar activo de alta intensidad". La resolución expresa su preocupación por los varamientos y muertes asociadas con el uso del sónar de frecuencia media, e insta a los Estados miembros a elaborar acuerdos internacionales para regular los niveles de ruido en los océanos y a

vigilar, investigar e informar de eventos de mortalidad asociados con el uso de este sónar, para restringir el empleo de sónares de alta intensidad activos y para evaluar los impactos ambientales de los despliegues militares actuales en las aguas europeas.

La urgencia en impedir nuevas mortalidades cuenta con el apoyo de las Armadas, debido a su voluntad de cumplir con la seguridad medioambiental y por razones operativas; por ejemplo, el Grupo Militar de Oceanografía de la OTAN (2005) declaró que "a menos que pueda demostrarse claramente que están tomándose las medidas razonables para evitar daños a los mamíferos marinos, los grupos de presión usarán presión legal y/o política para detener el uso del sónar activo".

En este contexto, los conocimientos científicos pueden contribuir a desarrollar un protocolo de mitigación realista para reducir la mortalidad. Este protocolo debe incluir al menos las siguientes acciones:

- Evitar las zonas de alto riesgo por registros de presencia de zifios u otras especies potencialmente sensibles de mamíferos marinos.
- Mantener equipos de observadores independientes en los buques con sónar, limitar las actividades de riesgo a las horas de luz del día y a las condiciones ambientales adecuadas a la vigilancia visual.
- Realizar censos aéreos en la zona de ejercicio antes, durante y después de las maniobras con base en los barcos de la armada, y realizados por observadores independientes entrenados.
- Utilizar equipos de detección acústica de una manera eficaz, basada en modelos de detección acústica validados para las condiciones locales.

Los zifios pasan visibles sólo el 8% de su tiempo en la superficie, con una duración media de los intervalos de superficie de 2 minutos, lo que hace difícil la detección visual. Esto es sobre todo cierto cuando la fuerza del viento aumenta por encima de Estado Beaufort 3.

Las medidas de mitigación más efectivas para evitar la ensonificación de especies y hábitats particularmente sensibles son las restricciones geográficas y estacionales. Las actividades que producen señales acústicas pueden ser programadas para evitar las áreas y/o momentos donde/cuando las especies sensibles de mamíferos marinos u otros taxones están normalmente realizando actividades cruciales.

En algunos casos específicos, y al margen de las actividades mencionadas, la sola presencia de ciertas especies en el área, debería ya ser considerada como suficiente para implementar medidas de mitigación, como por ejemplo en el caso de hábitats de zifios y el uso planificado de sónar militar de media frecuencia.

En España se han llevado a cabo estas medidas alrededor del Cabo de Gata. El Ministerio de Medio Ambiente y el Ministerio de Fomento han establecido un área de seguridad para los cetáceos de 20 millas alrededor del Cabo de Gata. Esta delimitación se ha publicado en las Cartas Náuticas Internacionales. Estas medidas también se han llevado a cabo en otros estados y ámbitos.

La IUCN (International Union for Conservation of Nature) recomienda que los estados miembros utilicen las legislaciones nacionales y la internacional para establecer restricciones al ruido al menos en las Áreas Marinas Protegidas, incluyéndolas, en su caso, en los Planes de Gestión de éstas.

A continuación se mostrarán otras medidas de mitigación para reducir el impacto acústico de las actividades asociadas al sonar:

- **La eliminación o modificación de la fuente de sonido.** El cese completo de las operaciones de sonar podría plantear riesgos inaceptables para el personal naval y buques, aunque restringir el uso puede ser aceptable en algunas circunstancias. Una opción podría ser el cierre de áreas regionales o estacionales con altas densidades de población de ballenas picudas para todos los ejercicios de entrenamiento y de prueba. Otra opción podría ser la de aumentar el uso de simulaciones para el entrenamiento de sonar en el lugar de la formación a bordo de los buques. Sin embargo, en la formación in situ se considera fundamental para mantener una flota lista para el combate, por lo que es poco probable que todos los entrenamientos se desplacen a los simuladores.

Otras modificaciones aceptables podrían incluir cambios en las características de frecuencia o amplitud de las señales del sonar. Si los efectos adversos observados en los zifios son causados por un estrecho rango de frecuencias o por una forma de onda en particular, otros tipos de señales pueden funcionar igual de bien para la localización de submarinos. Las mejoras en el procesamiento de las señales recibidas podrían permitir al sonar alcanzar los estándares de rendimiento actuales, con niveles de la fuente reducidos.

- **Ramp up.** El "ramp up" es un proceso que consiste en un incremento lento del nivel de presión de un sonido producido por una fuente. El "ramp up" se ha utilizado como medida de mitigación para actividades militares y sísmicas y está basado en la idea de que los animales evitarán un sonido cuando no se sientan cómodos con él. De esta forma se puede dar una de abandonar el área antes de que los niveles sonoros lleguen a niveles dañinos.

En EEUU, Australia y el Reino Unido ya se ha recomendado que se utilice el "ramp up" en los cañones de aire comprimido cada vez que se despliegue el *array* sísmico. Sin embargo, la efectividad del proceso del "ramp up" requiere más estudio, debido a que los bajos niveles de presión sonora no disuaden los animales e incluso atraen a los animales curiosos. Además, la transmisión sonora del complejo multihaz puede crear zonas de convergencia con niveles más elevados a grandes distancias de la fuente; en este caso un animal que intentase eludir las altas exposiciones sonoras podría nadar hacia la fuente.

Otra premisa de la mitigación de ramp-up es que cuando una fuente de sonido está en su amplitud máxima, los animales que han sido recientemente expuestos al sonido por la reubicación de la fuente de sonido experimentará una aceleración gradual a medida que se acerca.

- **Alertar a los estímulos y las alarmas (dispositivos acústicos de disuasión (ADD) y dispositivos acústicos de hostigamiento (AHD)).** Las señales de alarma han sido propuestas como un medio para que los cetáceos se alejen de una situación potencialmente peligrosa. El sonido de los dispositivos acústicos parece ser aversivo a muchos cetáceos, por lo que la diferencia entre "disuasorio" y "hostigamiento" puede ser artificial. Para evaluar la eficacia de una señal de alarma, será necesario evaluar el tipo de respuesta de alarma provocada y su probabilidad de reducir el riesgo.
- **Zonas de seguridad o exclusión:** las zonas de seguridad se deben definir en relación con la posición de la fuente de sonido, independientemente de que ésta se encuentre estacionaria o en movimiento. Los operadores de las actividades deberían estar obligados a examinar (visual o acústicamente) la zona de exclusión, y a controlar, prevenir, reconvertir o retrasar las

actividades que producen sonido o detenerlas por completo si mamíferos marinos u otras especies sensibles entran en la zona. El radio de la zona de seguridad se debe ajustar de acuerdo con los niveles de la fuente y las condiciones de propagación del sonido pudiendo variar entre 500 metros y varios kilómetros.

Las medidas de mitigación deberían considerar el efecto acumulativo de las fuentes de sonido que operan simultáneamente en la zona y el estatus de las poblaciones particularmente sensibles. Se va a mostrar una tabla resumiendo las medidas de mitigación, más importantes, empleadas por las Armadas internacionales.

MEDIDAS DE AMINORAMIENTO DE IMPACTO DEL USO DEL SONAR SOBRE LA FAUNA MARINA
Evaluación de impacto ambiental*
Investigación de áreas*
Selección de áreas*
Exclusión costera y aguas específicas*
Zonas de exclusión
Zonas de seguridad
Sistemas de detección pasivos*
Observadores entrenados
Monitoreo acústico pasivo
Uso mínimo de la fuente*
Comienzo gradual de emisión (Ramp-up)*
Retraso si se observan cetáceos*
Reducción de potencia si se observan cetáceos*
Sonar off si se observan cetáceos*
Red de varamientos*
Informe actividades*

Tabla 6-7 Medidas de aminoramiento de impacto del uso del sonar sobre la fauna marina

(*)*, Medidas de mitigación que la Armada Española adopta actualmente, como veremos en el siguiente apartado.

6.3 Estudios en el marco nacional

6.3.1 Extracto de la instrucción permanente de operaciones del AJEMA (Almirante Jefe del Estado Mayor de la Armada) Número 25/07.

A nivel táctico, las unidades de la Armada adoptarán las medidas preventivas apropiadas para reducir el riesgo potencial al medio ambiente, siempre dentro de un equilibrio razonable con la obligación de cumplir la misión encomendada y con lo que las necesidades de la Defensa nacional exijan en cada situación. [12]

En el caso particular del archipiélago canario, y dado que el Comité Permanente de Investigación de los Varamientos masivos de Zifios en Fuerteventura” aún no ha delimitado una zona en la que se deba restringir la utilización de sonares antisubmarinos activos o de llevar a cabo explosiones antisubmarinas, se ha establecido una política provisional de actuación restrictiva para evitar posibles daños.

Por ello, las actividades de cualquier ejercicio que implique el uso de sonares activos antisubmarinos se llevarán a cabo, únicamente, a poniente y/o al sur de las islas más occidentales del archipiélago, área donde actualmente no hay constancia de la existencia de ninguna población de zifios, y siempre a una distancia superior a 50 millas náuticas. Asimismo, se comunicará su ejecución al Gobierno Autónomo de Canarias con la antelación suficiente.

Esta política, que se adoptará por los buques y aeronaves españoles, será también de aplicación para buques y aeronaves de otros países, con carácter obligatorio en aguas territoriales españolas y con carácter de recomendación en aguas internacionales. Durante la realización de los ejercicios se adoptarán las siguientes medidas:

- Se llevará a cabo previamente la inspección visual de la zona, de ser posible aérea, suspendiéndose la transmisión de los sonares antisubmarinos y/o explosiones submarinas en cuanto se produzca cualquier avistamiento. El ejercicio no se reanudará hasta que se compruebe la ausencia de zifios en dicha zona.
- Siempre que sea posible, se utilizarán sistemas pasivos de detección acústica para advertir de la presencia de cetáceos. Caso de confirmarse la presencia de zifios, se actuará de acuerdo con el párrafo anterior.
- Siempre que sea posible, se ajustará la potencia de transmisión de los sonares a la mínima imprescindible para lograr los objetivos del ejercicio.
- Al finalizar los ejercicios se realizará una nueva inspección visual de la zona para comprobar eventuales daños a la población de zifios o a cualesquiera especies de cetáceos.
- En caso de ejercicios liderados por otros países u organizaciones internacionales y realizados en aguas internacionales, participe o no alguna unidad española, se recomendará la política expuesta y la aplicación de todas las medidas anteriores.

Cuando definitivamente se establezcan y delimiten las áreas identificadas por los científicos como “hábitat” permanente de zifios, el empleo de sonares activos antisubmarinos y/o las explosiones submarinas que se realicen con motivo de algún ejercicio se hará en zonas alejadas a más de 50 millas del límite exterior de dichas áreas. Estos “hábitat” se señalarán convenientemente en las cartas náuticas que se utilicen en los ejercicios. Todas estas medidas, de aplicación exclusiva a las aguas próximas al archipiélago canario, se harán extensibles a cualquier otra zona en la que se compruebe científicamente la presencia habitual de esta especie de cetáceos.

6.3.2 Instrucción permanente de operaciones del ALMART (Almirante de Acción Marítima) Número 2.21/08, sobre normas para reducir el impacto medioambiental de las transmisiones sonar.

En los últimos años se han producido determinadas varadas de cetáceos que han llamado poderosamente la atención de los medios de comunicación. En algunos de los casos, parte de la comunidad científica ha querido encontrar una relación causa-efecto con la realización de maniobras navales en las proximidades. Aunque el Ministerio de Defensa se ha comprometido a no realizar ejercicios que impliquen el uso de sonares activos en las inmediaciones de las Islas Canarias, así como en las áreas de hábitat permanente de zifios.

Algunos estudios han tratado de sugerir que los efectos de los sonares de media y baja frecuencia podrían ser causa de la desorientación o daños físicos directos a los cetáceos. Por otro lado España, interesada en la protección medioambiental, ha ratificado el Acuerdo de Mónaco, para la conservación de cetáceos del Mar negro, Mediterráneo y Zona Atlántica de Contigua (ACCOBAMS), anteriormente mencionada en otros apartados.

De las especies de cetáceos que habitualmente se encuentran en aguas españolas, algunas pertenecen a la categoría de peligro de extinción (ballena franca), otras a la de vulnerable (delfín mular, poblaciones de calderón tropical y delfín común de canarias, cachalote, marsopa y roncual azul, norteño y aliblanco) y otras son de interés especial (poblaciones de calderón tropical en el Atlántico peninsular y Mediterráneo, calderones común y gris, delfines común y listado, cachalote pigmeo y orca). Las especies de zifios o ballenas picudas (familia Zifios de Cuvier, de Blainvillae y de Gervais) son pocos frecuentes alrededor de la península y suelen formar grupos pequeños, desde individuos aislados hasta un máximo de seis. Son más frecuentes y en familias más numerosas en Canarias. Son precisamente los zifios la familia de cetáceos que generalmente va asociada a casi todos los varamientos en los que se ha estudiado una relación causa-efecto con ejercicios navales.

A nivel nacional respecto al umbral de daño, el Plan de Acción Estratégico para la Conservación de la Diversidad Biológica en la Región Mediterránea (SAP-BIO), del Ministerio de Medioambiente, establece en 110 dB el umbral de presión sonora partir el cual las fuentes sonoras se pueden considerar significativamente molestas para los cetáceos y a partir de 180 dB pueden producir “graves consecuencias”. Por otra parte, también hay que tener en cuenta el estudio desarrollado por NURC para el cálculo del TTS, para poder calcular una distancia de seguridad fiable. Además está desarrollando sistemas de hidrófonos para la detección y clasificación de cetáceos.

El objetivo de esta instrucción, en el ámbito de la FAM (Fuerza Acción Marítima), reside en establecer unas normas de actuación para reducir el impacto medioambiental que sobre los mamíferos marinos puedan causar transmisiones sonar y otros emisores acústicos. Además de aportar normas para la recopilación, análisis y difusión de datos relativos al avistamiento de cetáceos, con objeto de mantener una base de datos sobre la actividad de estos observada en aguas españolas.

La presente instrucción, aunque de poca aplicación para unidades de la FAM, se difunde para general conocimiento de las medidas que tienen que adoptar los buques de la Armada, o marinas extranjeras, en cualquier ejercicio o actividad liderados por España, y que implique el uso de sonares activos o que se desarrolle en aguas jurisdiccionales o de responsabilidad española.

Cuando exista algún área identificada como hábitat permanente en zifios, el empleo de sonares se programará en zonas alejadas al menos 50 millas del límite exterior de tales áreas. En el caso particular de Canarias, las actividades de cualquier ejercicio que implique el uso de sonares activos se

llevarán a cabo, a poniente y/o al sur de las islas más occidentales del archipiélago, y siempre a una distancia superior a las 50 millas. Además, durante la realización de ejercicios con sonares activos en zonas con avistamiento de cetáceos, se adoptarán las siguientes medidas: [17]

- Se comprobará que no se trata de las áreas protegidas existentes, con información propia o a través de las páginas web del NURC o del Ministerio de Medioambiente.
- Se llevará a cabo, previamente, la inspección visual de la zona, de ser posible del área, suspendiéndose la transmisión de los sónares activos en cuanto se produzca cualquier avistamiento de cetáceos. En zonas donde exista historia de presencia de zifios, esta búsqueda se prolongará una hora. El ejercicio no se iniciará o reanudará hasta que se compruebe que la zona está clara.
- En la medida de lo posible, y con objeto de facilitar la exploración visual, los ejercicios con sonar activo se programarán preferentemente durante las horas de luz diurnas.
- En la medida de lo posible, no se planearán ejercicios con sonar activo en zonas donde los cetáceos pudiesen quedar atrapados entre las unidades y costa o fondo marino.
- Se intentará utilizar, siempre que sea posible, sistemas pasivos de detección acústica para advertir la presencia de cetáceos.
- Siempre que sea posible, se ajustará la potencia de transmisión de los sonares a la mínima imprescindible para lograr el objetivo del ejercicio.
- Se comenzarán los ejercicios con una fase de “ramp-up”, y caso de no poder regular la potencia de salida se empezará con una fase de transmisiones intermitentes y en pulso corto.
- Al finalizar los ejercicios se realizará una nueva inspección visual de la zona para comprobar eventuales daños a la población de cetáceos.

Los mandos subordinados se asegurarán del cumplimiento exacto, por parte de las unidades bajo su dependencia orgánica, de las medidas que le sean de aplicación, indicadas en anteriormente. Evaluarán, y posteriormente, e informarán de la influencia de las medidas pudieran tener en las operaciones realizadas. Además, ordenarán a estas unidades de la recopilación de datos relativos al avistamiento de cetáceos. Estos informes serán posteriormente emitidos directamente por las unidades al Instituto Hidrográfico de la Armada. Durante el desarrollo de las operaciones los mandos subordinados, informarán al ALMART de cualquier conflicto de entidad que puntualmente pudiera presentarse entre las necesidades operativas y la protección medioambiental.

El Real Instituto Hidrográfico de la Armada es el responsable de informar sobre los avances científicos que en este campo se puedan producir y también de mantener al día una base de datos sobre la actividad de cetáceos observada en aguas españolas, basada en los informes remitidos, conforme al anexo, por las distintas unidades de la Armada. Informar, cuando sea requerido por mandos o unidades de la Armada, de la existencia o de cetáceos en las zonas de ejercicios previstas, en base a los avistamientos realizados y a los estudios científicos.

A petición de los Mandos Orgánicos de la Armada, se efectuará misiones REA (“Rapid Environmental Assesment”). También será el punto de contacto con los organismos científicos de la OTAN dedicados a estudios sobre este asunto y será el interlocutor de la Armada con otros organismos

e instituciones de carácter científico dedicados al tema y representar a la Armada en grupos de trabajo organizados por agencias de la OTAN, como EL Grupo Oceanográfico Militar (MILOC).

Las unidades de la FAM informarán a su debido mando orgánico de la repercusión que estas medidas tienen en el desarrollo de las operaciones y remitirá los informes de avistamientos al Instituto Hidrográfico de la Armada, para alimentar la base de datos correspondiente. A continuación se mostrará la ficha de avistamientos que tienen que rellenar las unidades de la Armada Española y los cetáceos que nos podemos encontrar en aguas españolas

Fichas de Avistamientos Instituto Hidrográfico de la Marina
Sección de Oceanografía 

Buque: _____

Fecha	Hora	Posición		Viento		Mar	Número de animales	Número de crías	Actividad	Dir. animales	Hora fin de avistamiento	Posición fin de avistamiento		Observaciones
		Lat	Lon	Dir	Int							Lat	Lon	

Figura 6-1 Ficha de Avistamientos a rellenar por unidades de la Armada [17]

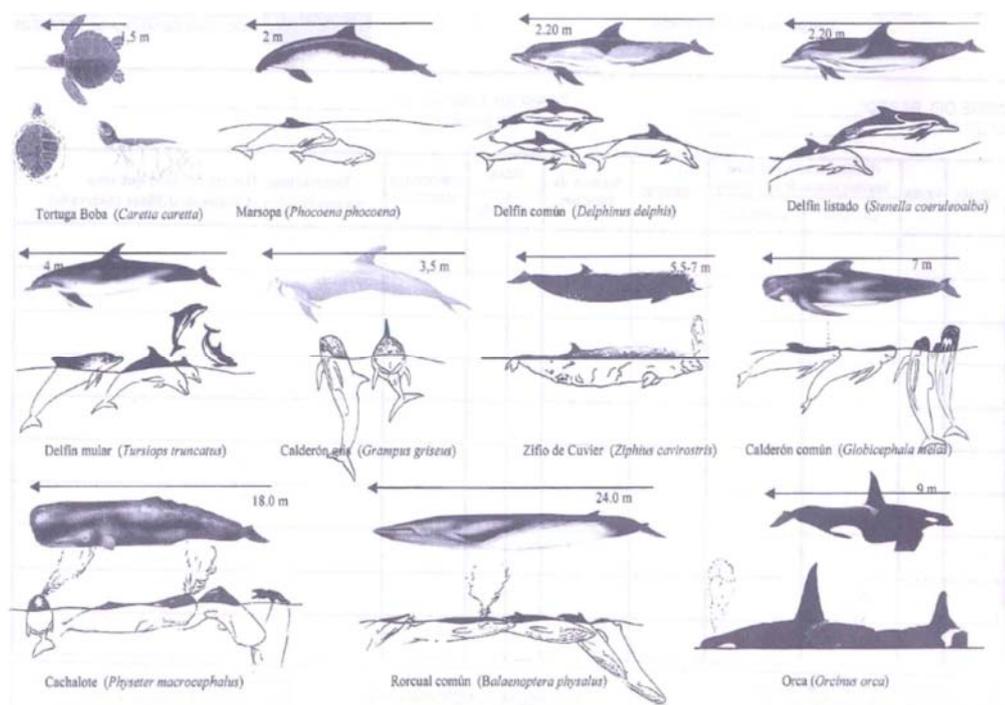


Figura 6-2 Especies marinas posibles de avistamiento en aguas españolas [17]

Para más información sobre la identificación de cetáceos en aguas Españolas veasé ANEXO III

6.3.3 Instrucción permanente de operaciones número 8001, de 4 de septiembre, de ALFLOT (Almirante de la Flota), sobre acciones para reducir el impacto medioambiental de las transmisiones sonar.

La Instrucción Permanente de Operaciones núm. 25/2007 del AJEMA, establece normas para reducir el impacto medioambiental de las transmisiones sonar y otros emisores acústicos por parte de unidades de la Armada. Para facilitar su cumplimiento en 2008, el ALFLOT elaboró y difundió normas para reducir los riesgos de las transmisiones de sonar activo y otros emisores acústicos para las unidades bajo su mando, partir de la Instrucción Permanente de Operaciones núm. 8001. [18]

De modo preciso, la NATO Undersea Research Centre (NURC) establece el umbral de daño entre los 160-180 dB, dependiendo de la frecuencia del sonido, y ha desarrollado el modelo EST (“Environmental Scoping Tool”) para predecir las pérdidas de propagación acústica de una señal transmitida bajo el agua en una zona determinada del Mediterráneo y que permite determinar la distancia al umbral de daño, que se establezca en dB, que refleja la instrucción para cada sonar.

Con carácter general, las instrucciones serán de aplicación a todas las unidades de la Flota y unidades extranjeras en cualquier ejercicio o actividad liderado por España con unidades de la Flota y que implique el uso de sónares activos, o que se desarrolle en aguas jurisdiccionales o de responsabilidad española.

También se indica que no realizarán ejercicios que impliquen el uso de sónares activos en las inmediaciones de las Islas Canarias, así como en las áreas de hábitat permanente de zifios, ya mencionado en anteriores Instrucciones Permanentes de la Armada Española. Además, durante la realización de ejercicios con sónares activos en zonas con avistamiento de cetáceos, se adoptarán las medidas anteriormente mencionadas en las Instrucción Permanente del ALMART número 2.21/08.

En el planeamiento de todos los ejercicios se tendrán en cuenta las medidas anteriores y los factores de protección medioambiental (tales como la actividad de cetáceos conocida en la zona de ejercicios), las características oceanográficas, condiciones batitérmicas, etc. En el caso de ejercicios en los que una nación anfitriona u otra organización internacional dispusieran de normas propias, las unidades aplicarán la más restrictiva.

Se informará de los avistamientos de cetáceos, que será remitida directamente a la Sección de Oceanografía del Instituto Hidrográfico de la Armada (encargada de actualizar la base de datos sobre la actividad de cetáceos en aguas españolas).

En el cumplimiento de estas normas, dentro de las responsabilidades de la Armada, se tendrá siempre en cuenta el equilibrio razonable entre la protección medioambiental y la obligación de cumplir la misión encomendada, y con lo que las necesidades de la Defensa Nacional exijan en cada situación.

6.4 Actuaciones para la mitigación del impacto acústico submarino adoptadas por parte de las Armada Española: Conclusiones.

Tras analizar en anteriores capítulos la legislación civil vigente y las causas-consecuencias del impacto de la contaminación acústica submarina provocada por el ser humano, y más concretamente en operaciones militares, el presente capítulo refleja como las principales actuaciones de mitigación de este impacto dependen de la Marina de cada país de acuerdo con las medidas ambientales nacionales particulares.

Dentro del marco Internacional, evitar zona de avistamiento de zifios destaca como medida más efectiva de mitigación en los últimos años. No obstante, aún se han detectados varamientos provocados por acciones militares, por tanto se debe seguir investigando sobre estas zonas de especial interés, además de desarrollar nuevas técnicas modulación espacial y recopilación de información, para seguir reduciendo el número de varamientos.

Para una mayor efectividad, estas medidas han de estar respaldadas de protocolos de detección de fauna silvestre, (y de actuación en su caso), durante el desarrollo de las maniobras militares, que reduzca las posibilidades de producir daños a la fauna, evitando áreas del alto riesgo, realizando censos aéreos y creando equipos de observación de cetáceos.

Se hace referencia en este apartado a otras medidas de mitigación complementarias. Sin embargo la OTAN es consciente que todas estas medidas han generado buenos resultados, pero que todavía no son suficientes, y por tanto con su centro específico NURC, sigue investigando mediante el desarrollo estudios subacuáticos. La Armada española ha seguido la línea de las marinas internacionales, y, con la creación de unas instrucciones permanentes ha solventado, dentro de unas líneas generales, las medidas de actuación de los buques de la armada frente al impacto medioambiental que generan durante operaciones nacionales e internacionales en aguas del territorio nacional, apoyándose en los estudios de la NURC y del Plan de Acción Estratégico para la Conservación de la Diversidad Biológica en la Región Mediterránea (SAP-BIO), del Ministerio de Medioambiente.

El AJEMA (Almirante Jefe del Estado Mayor de la Armada) en la instrucción número 25/07, determina unas acciones preventivas, siempre priorizando que se cumpla el interés de la misión asignada; sin embargo, establece en los alrededores del archipiélago canario una actuación especial más restrictiva para la realización de cualquier ejercicio militar, extrapolándose a cualquier área protegida por presencia de zifios.

El ALMART (Almirante de Acción Marítima) en la instrucción número 2.21/08, establece como han de actuar los buques de la FAM (Fuerza Acción Marítima) en estos casos, a pesar de que estos no suelen realizar operaciones con sonares activos.

Por tanto, la Acción Marítima es la encargada de establecer normas de recopilación, análisis y difusión de avistamiento de cetáceos y estudios científicos del empleo del sonar en los buques de la armada. Además, se encarga de que los buques de la armada realicen una evaluación de información de las medidas de mitigación empleadas para su mejora.

Por último, el ALFLOT (Almirante de la Flota) en la instrucción número 8001, determina una serie de acciones, similares al ALMART, que tienen que llevar a cabo todas las unidades de la FLOTA y unidades extranjeras de cualquier acción liderada por España en aguas españolas o interés

internacional. En el caso de actuar bajo criterio simultáneo con medidas de otro país, se utilizarán las más restrictivas.

Podemos observar, por tanto, como la Armada Española es consciente de la importancia de la protección y conservación del entorno marítimo nacional, y de los efectos que producen las operaciones militares, sobre todo con el empleo del sonar, realizando estas instrucciones de carácter permanente, aún con el hándicap del déficit normativo que existe en la legislación española y de la falta de estudios sobre el impacto acústico en las especies marinas predominantes en aguas españolas.

Sin embargo, estas instrucciones son incompletas frente a las acciones llevadas a cabo por otras marinas internacionales. En este contexto, en el próximo capítulo se va a proponer entre otras, como medida de mitigación, la creación de una zona de seguridad específica para las unidades de la armada, para operaciones militares que empleen el sonar activo. De este modo, se actualizará nuestro régimen de acción, y nos colocaremos a la par de otras marinas internacionales.

7 PROPUESTAS DE MEDIDA DE MITIGACIÓN

Una vez analizadas y evaluadas las medidas nacionales de mitigación vigentes, relacionadas con el impacto acústico del sonar en operaciones militares, reflejándose en diferentes instrucciones permanentes impuestas por los más altos cargos de la Armada Española, podemos hacer una comparación de éstas con las medidas adoptadas por otras armadas internacionales; para, de este modo, igualarnos al resto de armadas y, además, continuar con la tendencia que tiene nuestra Armada en cuanto a la protección y preservación del medio marino.

Se cree conveniente introducir algunos conceptos básicos de acústica submarina, además de detallar cómo es el funcionamiento del sonar como medio de detección de onda sonora. Posteriormente, se explicará como se realizan los estudios acústicos submarinos para determinar los parámetros que necesitamos, y también se introducirá el sonar DE 1160 LF (sonar de las fragatas españolas F-100) como sonar de estudio, debido a que es el más perjudicial por la potencia acústica que posee y los componentes energéticos de baja frecuencia que emite (la onda generada tiene menos pérdidas de propagación y por tanto mayores alcances). Finalizaremos, con el estudio experimental de las zonas de exclusión y seguridad.

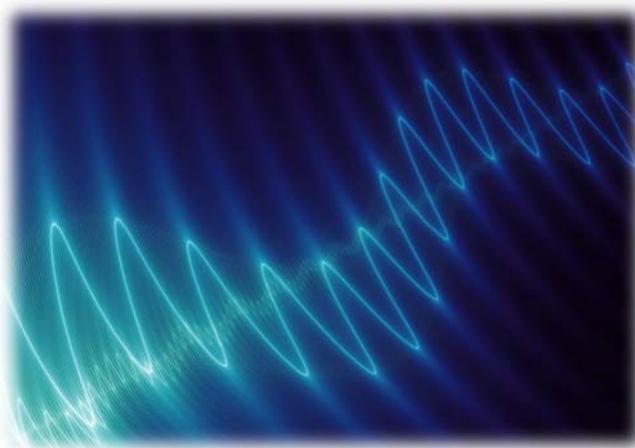


Figura 7-1 Propagación onda sonora (<http://www.estudopratico.com.br/wp-content/uploads/2014/04/ondas-sonoras.jpg>)

7.1 Acústica submarina: Conceptos básicos necesarios de conocimiento.

Acústica es la ciencia del sonido, considerando su producción, transmisión y efectos. Por acústica Submarina se define la parte de la Acústica en la que el medio de transmisión es el agua. Antes de empezar a abordar la temática de la Acústica Submarina es necesario poseer unos conocimientos fundamentales de la naturaleza del sonido y de los principios que atañen a su generación, propagación y recepción.

El sonido es un fenómeno físico que consiste en la oscilación mecánica de las partículas de un medio elástico, producida por un elemento en vibración, que es capaz de provocar una sensación auditiva en función de la sensibilidad del receptor.

El sonido se desplaza a diferente velocidad dependiendo del medio en el que se propaga. En el caso del aire, lo hace a unos 350 m/s mientras que en el agua (un fluido mucho más denso donde las partículas se encuentran más juntas) lo hace a 1450m/s. Esto supone un cambio significativo en el comportamiento de las ondas en ambos escenarios, siendo el agua el medio donde el sonido se transmite con mayor facilidad y a mayores distancias.

La oscilación de las partículas del agua (en este caso del mar) se produce de forma estacionaria, significando esto que las partículas se mueven respecto a una posición de equilibrio transmitiendo este movimiento a sus partículas vecinas, y así de modo sucesivo, generando las llamadas ondas de presión. En estas oscilaciones se utiliza el concepto de frecuencia que establece las oscilaciones por segundo que se producen en las partículas del medio respecto de su posición de equilibrio.

El Nivel de presión sonora que se expresa con las siglas "Lp" es la expresión de la magnitud de la presión sonora en unidades de dB referidas a una magnitud de referencia concreta. Por ello es fundamental aportar en las medidas la referencia respecto a la cual se han obtenido los niveles, volviéndose inútil una medida sin especificar dicha referencia. Típicamente la referencia en agua es $1\mu\text{Pa}$ en 1 m, por tanto, mientras que no se diga lo contrario, en este capítulo todas las medidas de presión sonora seguirán esta referencia. El nivel de presión sonora (en dB) tiene la ventaja de ser una medida objetiva, y bastante cómoda, del carácter del sonido; aunque, dado que la sensibilidad del oído depende mucho de los componentes de frecuencia del sonido percibido, en las medidas ambientales se emplea la escala A (dBA).

Hasta ahora, nos hemos referido al sonido, principalmente, como un fenómeno físico, pero también interesa su estudio como fenómeno capaz de estimular el oído humano, produciendo una sensación psicológica, ya que en muchos sistemas sonar especialmente en los pasivos, la detección de un blanco o su identificación se realiza en base a los sonidos emitidos por aquel y captados por el equipo sonar.

7.2 Principio básico de funcionamiento del sonar

El sonar recibe su nombre del acrónimo inglés (Sound Navigation And Ranging). El sonar se aprovecha de la transmisión de ondas sonoras a través del agua para poder recoger información del fondo de un modo similar a lo que realiza el radar en tierra firme. A pesar de que según de que tipo sea, poseerá un funcionamiento diferente (activo o pasivo), el fenómeno físico en el que se basan todos es el mismo. [20]



Figura 7-2 Concepto básico del Sonar (Sistemas de Armas y Tiro Naval II, C.C Iglesias Aneiros)

Plataformas sobre los que van montados los sonares: Buques (sonar de casco, VDS, Variable Depth Sonar y sonar remolcados), Submarinos (sonar de casco y sonares remolcados), Helicópteros (VDS), Sonoboyas (activas y pasivas) y Fijos (Micrófonos).

El sonar está compuesto por un transmisor, emisor, receptor e indicador. El transmisor emite un haz de impulsos ultrasónicos a través del emisor. Cuando chocan con un objeto, los impulsos se reflejan y forman una señal de eco que es captada por el receptor. El receptor amplifica la energía de las ondas del eco y genera una señal que es enviada al indicador, constituido por una pantalla en la que se muestra el objeto en el que han rebotado las ondas. (Transductor como emisor/receptor)

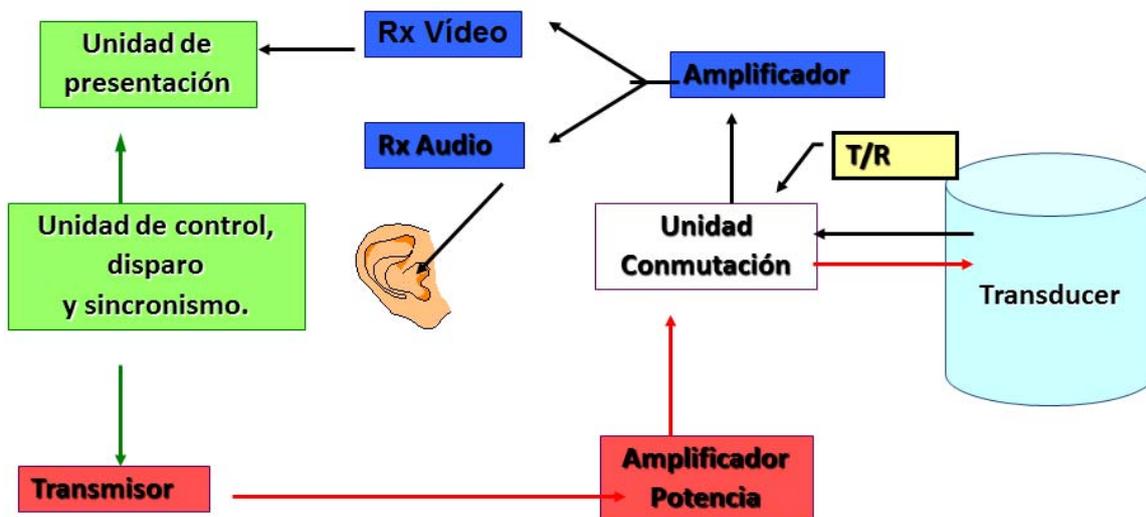


Figura 7-3 Componentes del sonar ((Sistemas de Armas y Tiro Naval II, C.C Iglesias Aneiros)

El sónar activo manda una señal mediante el emisor. Esa señal, al encontrar un obstáculo, rebota y es recogida otra vez por el emisor. Mediante el análisis de tiempos se puede establecer, conocida la celeridad del sonido en el medio, la localización del obstáculo. Mediante haces de sondas se puede actualmente conocer la forma del mismo e incluso su composición, teniendo cuantificada la señal absorbida y la reflejada.

El sónar Pasivo se limita a recibir el sonido que proviene de los objetos que se encuentran sumergidos. Estos dispositivos reciben directamente el ruido producido por el objeto y el camino que recorre la onda es la distancia existente entre el objeto y el receptor del ruido.

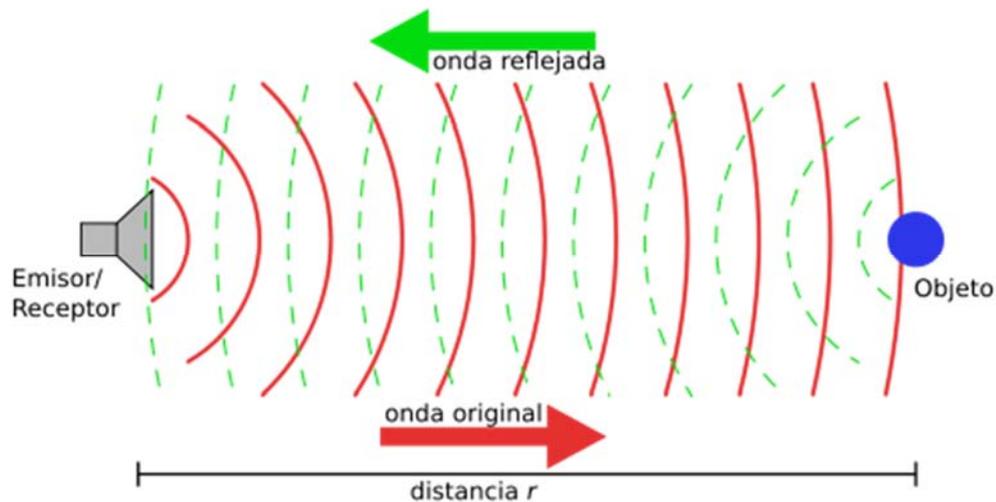


Figura 7-4 Funcionamiento básico sónar 2 (http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sonar_Principle_ES.svg)

Podríamos preguntarnos ¿por qué no se emplean ondas electromagnéticas por el agua?; es decir, ¿por qué el sónar emplea ondas mecánicas en vez de ondas electromagnéticas? La respuesta hay que buscarla en el medio de transmisión. Hay dos factores que desaconsejan el uso de ondas similares al radar en el mar:

- 1) El agua salada es buena conductora, y amortigua enormemente las ondas de naturaleza similar al radar. Para ser útil su implementación habría que aumentar mucho la potencia o bien disminuir la frecuencia, lo que obligaría a emplear antenas más grandes.
- 2) El sonido se propaga a mayor celeridad cuanto menos se pueda comprimir el medio de transmisión. Dado que el agua salada es un líquido, menos compresible que el aire, se propagará con celeridad mayor en el agua que en el aire.

Es correcto hablar de celeridad, no de velocidad, porque el sonido es una onda esférica y por tanto se transmite en todas las direcciones. No obstante, la celeridad con la que el sonido se propaga en el mar no es uniforme, ni tampoco el comportamiento de los rayos sonoros.

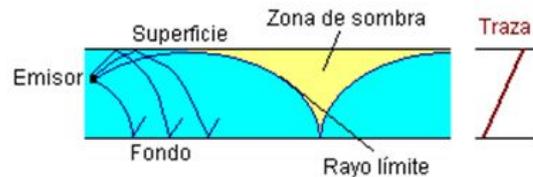
Así pues existen tres factores determinantes en la celeridad del sonido en el agua que son: Temperatura, Presión y Salinidad. El grado de influencia de los mismos en el valor de la celeridad ha sido objeto de investigación durante muchos años y se ha acometido en sentido teórico, mediante formulación matemática, y en sentido experimental, lo que ha permitido obtener fórmulas empíricas a partir de las observaciones realizadas. A pesar de que existen otros factores que pueden alterar la celeridad, pueden considerarse irrelevantes en comparación con los ya citados.

Como consecuencia de la variación de la celeridad en el plano vertical, podemos decir que el mar se ha estratificado en zonas, en cada una de las cuales los rayos sonoros tendrán distinto comportamiento. Para estudiar las estratificaciones se les asigna un valor por cada una de las variables que intervienen llamados **GRADIENTES**, y que se obtienen mediante la relación entre la diferencia de valores de la variable y la diferencia de valores en la función.

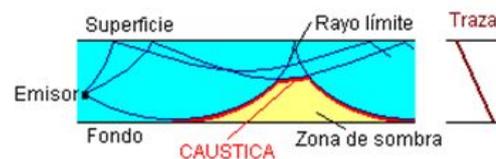
- El gradiente de temperatura a presión y salinidad constantes es de +3 mts./seg. por °C de aumento.
- El gradiente de salinidad a temperatura y presión constantes es de +1,2 mts./seg., por cada 1 por mil de aumento.
- El gradiente de presión a temperatura y salinidad constantes es de +0,016 mts./seg., por cada metro de aumento de profundidad.

Representando en un gráfico los valores dos a dos de celeridad-temperatura, celeridad-salinidad y celeridad-presión, las estratificaciones quedan definidas por los puntos en los que la gráfica sufre una variación brusca. Dependiendo de cada uno de estos factores el gradiente de celeridad resultante según la profundidad puede ser: negativo, positivo o cero (isoterma).

- **Zonas con gradiente de celeridad negativo:**



- **Zonas con gradiente de celeridad positivo:**



- **Canal de capa de mezcla superficial:**

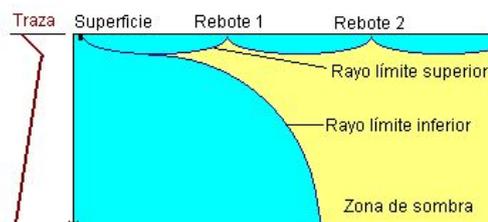


Figura 7-5 Gradientes de celeridad (http://images.slideplayer.es/3/1110047/slides/slide_9.jpg)

7.3 Factores para el estudio hidroacústico.

Para poder realizar un estudio hidroacústico, es importante conocer el comportamiento de la propagación del sonido en el agua, tanto mediante la teoría geométrica como energética. [21]

a) Respecto a la primera teoría, podemos conocer el comportamiento de la trayectoria de los rayos sonoros. La onda sonora se produce a debido a la vibración de las partículas respecto a una posición de equilibrio, transmitiéndoselo a las partículas vecinas, y provocando una onda de presión.

La Ley de Snell es un método práctico y sencillo para la comprensión y resolución de la Teoría de rayos, que muestra la trayectoria del sonido reflejado. Así, se aplica a la acústica el concepto de rayo de luz usado en óptica y se toma el rayo de sonido perpendicular al frente de ondas acústicas. “Al pasar un rayo de una capa a otra en la que la celeridad varía, los ángulos de incidencia y salida en el plano de separación están relacionadas por:”



$$\frac{c_1}{\cos \theta_1} = \frac{c_2}{\cos \theta_2}$$

Figura 7-6 Ley de Snell. Concepto de refracción [21]

Hay que tener en cuenta que los rayos sonoros tienden a curvarse a zonas de menor celeridad. Respecto a la trayectoria sonora, la trayectoria inicial depende del ángulo de salida del emisor, la celeridad (velocidad de propagación) y la posición del emisor. Una vez transmitida la onda podemos hacer distinción entre 4 principales categorías:

- *Rayo directo*: Cuando la temperatura permanece constante desde la superficie hasta una cierta profundidad (zona isoterma), la velocidad aumenta por efecto de la presión y se produce un máximo de celeridad al final de la isoterma. Los rayos se curvan hacia arriba y rebotan en superficie. Este proceso se repite y la energía queda confinada en una especie de canal, cuyo límite superior es la superficie y su límite inferior la profundidad de capa, creando un canal sonoro de superficie.

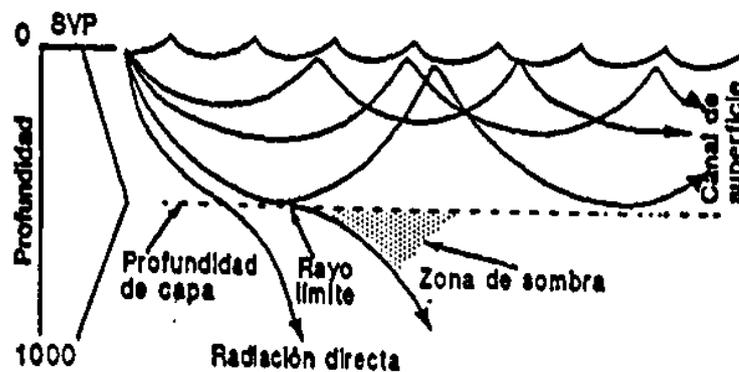


Figura 7-7 Rayo directo. Canal de superficie [21]

- *Reflexión en la superficie del fondo:* Esta trayectoria se produce en aguas poco profundas donde el rayo incide en el fondo y reflexión se orienta hacia la superficie. Por lo que los factores más importantes a tener en cuenta van a ser: la sonda, el ángulo de incidencia y la tipología de la superficie del fondo (llegándose a producir alcances entre 5 y 25 millas náuticas).

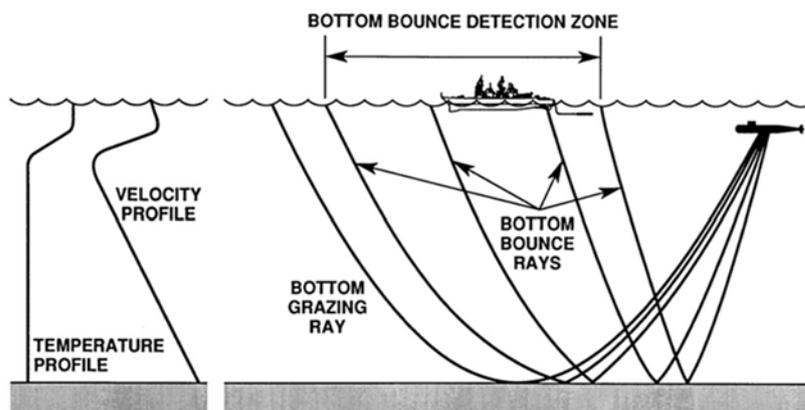


Figura 7-8 Reflexión en la superficie del fondo [21]

- *Zona de Convergencia (Z.C.):* Área de concentración de energía sonora debido a la focalización de los rayos. Normalmente se da en sondas mayores de 2000 metros. El perfil de velocidad debe tener ciertas características:
 - Exceso de velocidad: Para que una ZC sea útil se requiere que la velocidad del sonido en el fondo sea por lo menos 10 m/s mayor que la máxima velocidad en la zona de superficie o en la profundidad límite.
 - Exceso de profundidad: Para que pueda ocurrir lo anterior se necesitan unos 600 metros de profundidad por debajo de la profundidad límite, ya que la velocidad de propagación aumenta por presión 1,6 m/s por cada 100 metros.

La distancia a la ZC es función de la velocidad del sonido en superficie. En aguas frías puede estar entre 15 y 40 Kms y en latitudes medias su promedio está entre los 50 y 70 Kms. Con mar calma y suficiente potencia se pueden llegar a producir varias ZC.

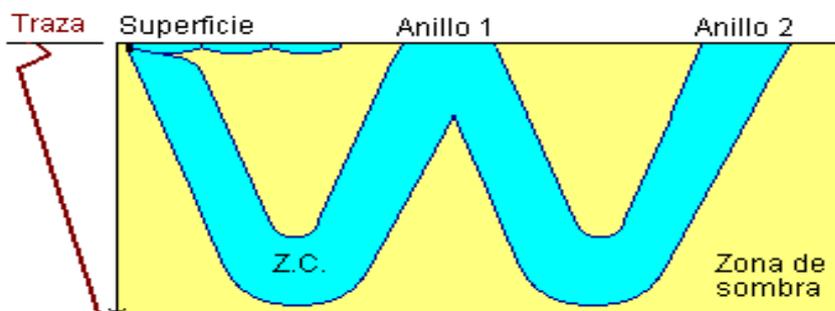


Figura 7-9 Zona de Convergencia [21]

- *Canal Sonoro*: También denominado “Sound Fixing and Ranging (SOFAR) channel”. Se encuentra en la mayoría de las zonas oceánicas y constituye la mejor trayectoria del sonido en la mar. Existirá un canal sonoro siempre que haya un gradiente negativo por encima de uno positivo, definiendo la anchura del canal.

Los rayos sonoros tienden a focalizarse hacia la profundidad de mínima velocidad, llamada Eje del Canal Sonoro o Acústico. El eje del canal sonoro profundo suele estar entre los 700 y los 1500 metros, restringiendo bastante su utilidad. Los canales sonoros pueden ser permanentes o estacionales.

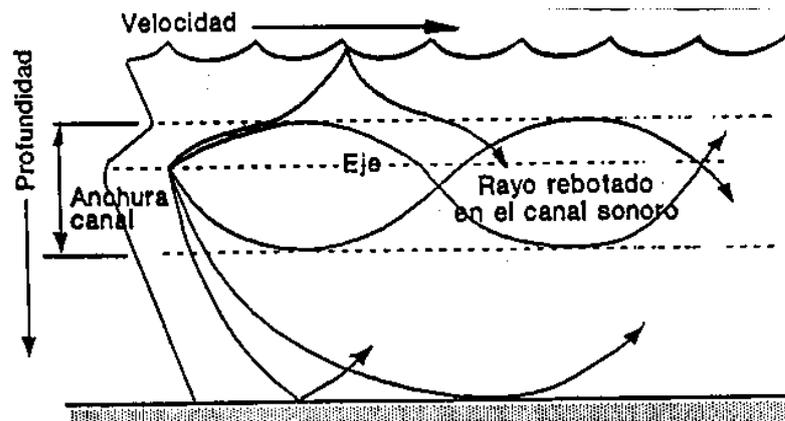


Figura 7-10 Canal Sonoro [21]

b) Respecto a la teoría del comportamiento energético de las ondas sonoras, el sonido en su camino se ve distorsionado y debilitado, por lo que esta parte se encarga de estudiar este debilitamiento o atenuación. El comportamiento energético se ve influenciado por las características del medio, el estado de la mar, la distancia entre fuente y receptor, la posición relativa y la frecuencia de la señal.

El parámetro que nos interesa estudiar es la pérdida por transmisión (TL), o pérdida por propagación que describe cuantitativamente la energía acústica que pierde la señal entre un punto de referencia de la fuente sonora y otro a una distancia cualquiera de la misma fuente. Estas pérdidas se pueden dividir en:

- *Pérdidas por divergencia*: Son las pérdidas originadas por la disminución de la intensidad sonora al ocupar la onda sonora superficies cada vez más grandes conforme se va alejando de la fuente; por tanto, no son dependientes de la frecuencia pero si de la distancia a la fuente.

Al principio las pérdidas que sufrirá una señal serán por divergencia esférica (desplazamiento por frentes de onda esféricos) y a partir de una cierta distancia (en la práctica se utiliza 1000 yds) serán por divergencia cilíndrica, denominándose como pérdidas por divergencia cilíndrica modificada.

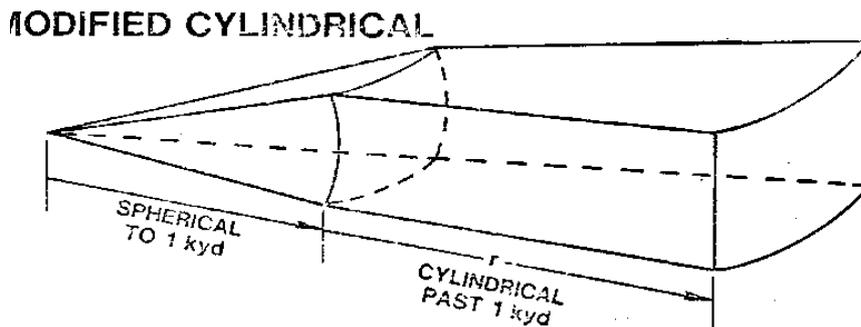


Figura 7-11 Aproximación de la propagación de la onda sonora [21]

La fórmula general relativa a TL queda con la siguiente expresión (para $r > 1000$ yds.):

$$\text{Transmission Loss: } TL_{\text{cil mod}} = 60 + 10 \log r \text{ (dB)}$$

En caso de aguas poco profundas tenemos que añadir las pérdidas por divergencia dipolar, que son producidas por las diferentes reflexiones en el fondo como en superficie. Respondiendo a la siguiente ecuación:

$$TL = 10 \log I_1 - 10 \log R^4 \text{ (dB)}$$

- *Perdidas por atenuación:* Dependientes de la frecuencia de la onda sonora y de la profundidad:
 - *Absorción del medio:* Son las pérdidas producidas por la conversión de parte de la energía sonora en calor debido al rozamiento de las partículas y la viscosidad del medio y procesos de relajación, siendo directamente proporcionales a un coeficiente llamado coeficiente de absorción:

$$\alpha = \frac{10 \log I_1 - 10 \log I_2}{r_2 - r_1}$$

Figura 7-12 Coeficiente de absorción [21]

También expresada en función de la frecuencia, en casos de bajas frecuencias:

$$\alpha = 0.11 \frac{f^2}{1+f^2} + 44 \frac{f^2}{4100+f} + 2.75 \cdot 10^{-4} f^2 + 0.003$$

Figura 7-13 Ecuación del coeficiente de absorción bajas frecuencias (<http://www.mit.edu/~millitsa/resources/pdfs/wuw37-stojanovic.pdf>)

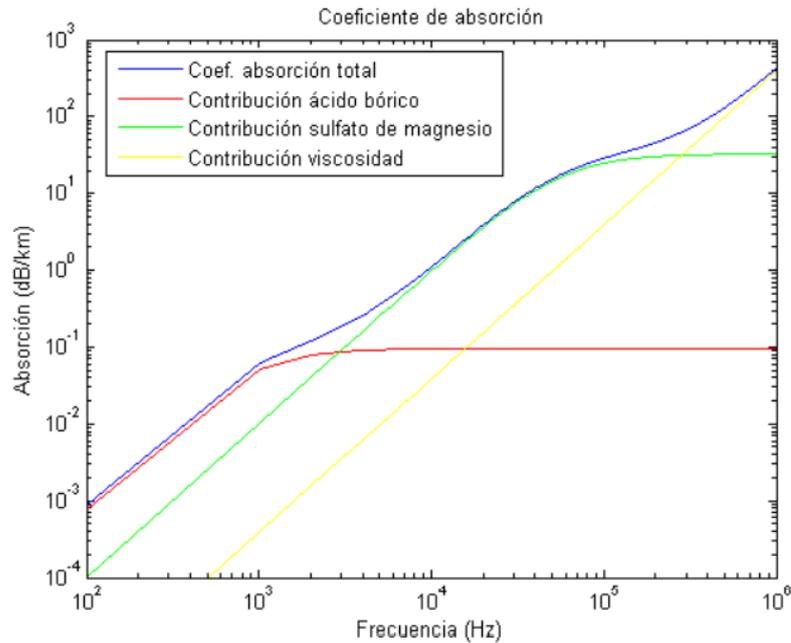


Figura 7-14 Coeficiente de absorción según la frecuencia ([http://www.geintra-uah.org/system/files/modelos de propagacion de senales acusticas en entornos subacuaticos i y ii-vdef.pdf](http://www.geintra-uah.org/system/files/modelos_de_propagacion_de_senales_acusticas_en_entornos_subacuaticos_i_y_ii-vdef.pdf))

- *Dispersión:* Son debidas al choque de la onda sonora con todo tipo de partículas en suspensión en el mar: burbujas de aire, bancos de peces plancton, masas de agua con grandes diferencias de temperatura. Las frecuencias más altas (longitudes de onda pequeña) se ven más afectadas por estas pérdidas. Los rayos se dispersan en todas las direcciones, causando una desviación de la señal y, por lo tanto, una disminución de la intensidad. De estos rayos, algunos vuelven a la fuente produciendo lo que conocemos con el nombre de reverberaciones.

Existe una capa llamada capa de dispersión profunda que es la que más afecta a la dispersión. Se forma por la concentración de organismos y pequeños peces sensibles a la luz, variando del día (1200-1700 pies) a la noche (800 pies).

- *Pérdidas por rebote:* El sonido se propaga por un medio que tiene límites. Estos límites separan medios acústicamente diferentes, con diferente impedancia acústica característica. Estas pérdidas dependen de la frecuencia, del ángulo de incidencia y del tipo y rugosidad de la superficie en la que rebota las ondas, pero no de la distancia.

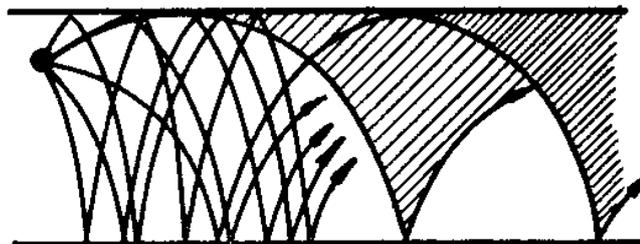


Figura 7-15 Pérdidas por rebote en el fondo

- Rebote en la superficie: La superficie del mar es a la vez reflectora (cumpliendo que el ángulo de incidencia es igual al de reflexión en un mismo plano), y dispersora del sonido (dependiendo de la rugosidad de la superficie, de la frecuencia de la señal y del ángulo de incidencia). La expresión que más se corresponde a estas pérdidas para pequeños ángulos de incidencia es:

$$TL_s = 10 \log [1 - 0,0234 (fH)^{3/2}] \text{ (dB)}$$

H: profundidad (metros)

- Rebote en el fondo: La superficie del fondo también es reflectora y dispersora al mismo tiempo en función de la composición, de la rugosidad, ángulo de incidencia y de la frecuencia. Si consideramos un fondo homogéneo y plano las pérdidas son en función de la densidad, velocidad del sonido y el coeficiente de atenuación. A diferencia del rebote en la superficie, su cálculo es más complejo debido a la diferente composición que hay entre los fondos. Pero podemos decir que el rebote en el fondo aumenta con la frecuencia y cuando el ángulo de incidencia se aproxima a 90° (los fondos blandos absorben entre 10 - 20 dB mientras que los fondos duros reflejan muy bien).

Teniendo en cuenta todas las contribuciones vistas, las pérdidas de transmisión se pueden expresar según la ecuación para una propagación esférica, o la ecuación para una propagación cilíndrica:

$$TL_{esf} = 20 \log r + \alpha r \cdot 10^{-3} + TL_{reb} \text{ o } TL_{cil} = 10 \log r + \alpha r \cdot 10^{-3} + TL_{reb}$$

Como concepto energético final, podemos indicar que cuando una onda acústica incide con una energía acústica E_i , se descompone en 3 partes: Reflexión, una onda de energía E_r que vuelve al medio original, Transmisión, una onda que cruza un obstáculo y aparece en el otro lado con energía E_t , y Absorción, parte de la energía E_a que es retenida dentro del obstáculo y convertida en calor de rozamiento; dando lugar la ecuación de conservación de la energía:

$$E_i = E_r + E_t + E_a$$

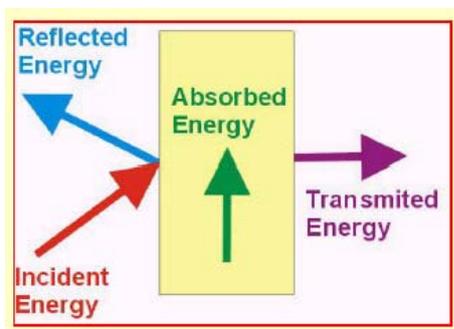


Figura 7-16 Ecuación básica del aspecto energético [21]

ECUACIÓN SONAR: Describe matemáticamente la generación de sonido desde un blanco hasta un receptor donde se debe detectar en presencia de ruido ambiente. Basándose en una igualdad entre la parte deseada (a la que denominaremos señal) y la no deseada (denominada ruido).

Hay 2 tipos de ecuaciones dependiendo de si el sonar es activo (emite una señal la cual rebota en el objeto de escucha y vuelve al sonar) o pasivo (escucha el ruido generado por un objeto), la diferencia es que dependiendo de cuál utilicemos, se tendrán en cuenta unos parámetros u otros. En este caso vamos a estudiar la ecuación sonar para un sonar pasivo, ya que va a ser la que utilicemos en nuestro estudio experimental.

La propagación del sonido y las pérdidas por propagación son unos factores de la predicción del alcance (Curvas de PROPLOS). El otro elemento esencial es la figura de mérito (FOM), el cual calcularemos mediante la ecuación sonar.

Los parámetros, anteriormente mencionados, son determinados por diferentes fenómenos del sonido que producen una variación cuantitativa en los diseños y operación de los equipos sonar, relacionados entre sí por la ecuación sonar. Se agrupan en 3 grupos:

- Determinados por el equipo: Nivel de la Fuente (SL), Nivel de Ruido (NL), Índice de Directividad (DI) y Umbral de Detección (DT).
- Determinados por el blanco: Nivel de Salida (SL) y Fuerza del Blanco (TS).
- Determinados por el medio: Pérdidas de Transmisión (TL) o Pérdidas de Propagación (PL), Nivel de Reverberación (RL) y Nivel de Ruido Ambiente (BN).

Ecuación Sonar Pasivo:

$$\mathbf{SNO = SL - PL - BN + DI + PG}$$

Donde: SNO es la relación señal-ruido de salida y PG es la ganancia del procesador (diferencia entre la medida de la señal a la entrada y a la salida del procesador).

Pero esta ecuación se puede ver modificada debido a que $DT = SNT - PG$, siendo DT el umbral de detección (la relación señal-ruido necesaria a la entrada del procesador para que en la salida sea reconocida el 50% de las veces para un operador medio, que realmente hay una señal), y además: $SE = SNO - SNT$, siendo SE el exceso de señal, que es el término utilizado para la diferencia entre el umbral de relación señal-ruido (SNT) y la relación señal-ruido a la salida (SNO). Obteniendo finalmente la ecuación sonar pasiva:

$$\mathbf{PL = SL - BN + DI - DT - SE}$$

Cuando la fuente se sitúe en un punto tal que el exceso de señal sea cero ($SE=0$) existirá una probabilidad de detección del 50% y obtendremos un valor particular PL, llamado cifra de mérito (FOM)

$$\mathbf{FOM = SL - BN + DI - DT}$$

El FOM es la máxima PL que se puede producir entre la fuente y el receptor, para que a la salida todavía tengamos una señal que pueda ser reconocida el 50% de las veces, por un operador medio.

Las curvas de pérdida de propagación (PROPLOS): son unas curvas en función de la distancia y de la traza la zona. Al pintar el valor del FOM, obtenido en la ecuación sonar, sobre dichas curvas se puede obtener el alcance previsto de dicha traza.

7.4 Sonar de las Fragatas F-100 (DE 1160 LF)

El sonar de casco DE 1160 LF (I) que montan las fragatas tipo “Álvaro de Bazán” (F-100) es el resultado de la mejora del sonar 1160 LF (C) instalado a bordo de las antiguas fragatas clase “Baleares” (DEG). Puede definirse como un sonar de casco para buques de superficie, activo/pasivo, antisubmarino, de alcance largo y frecuencia de trabajo baja, diseñado para lograr la detección, seguimiento y ayudas a la clasificación de submarinos, de torpedos y de pequeños objetos.

Está capacitado para trabajar en ambientes muy reverberantes con gran ruido de fondo, y en aguas menos profundas que el DE 1160 LF (diseñado para detecciones a corta distancia al trabajar por trayectoria directa y para efectuar búsquedas y detección a larga distancia por zona de convergencia).

Este sistema sonar consta de 17 unidades: traductor, array interface, receptor, controlador digital, consola presentación, domo, caja de juntas del transductor, cajas de juntas de alimentación, equipo eléctrico intercomunicaciones, unidad de refrigeración, transmisor, carga artificial, altavoces y auriculares. La ubicación de estos equipos es la siguiente: [21]

- Unidad 1: en el domo del sonar
- Unidades 6, 15 y 16: en C.I.C.(Centro de Información en Combate)
- Unidades 12 y 12 A: en local equipos refrigeración.
- Resto de unidades: en local equipos sonar.

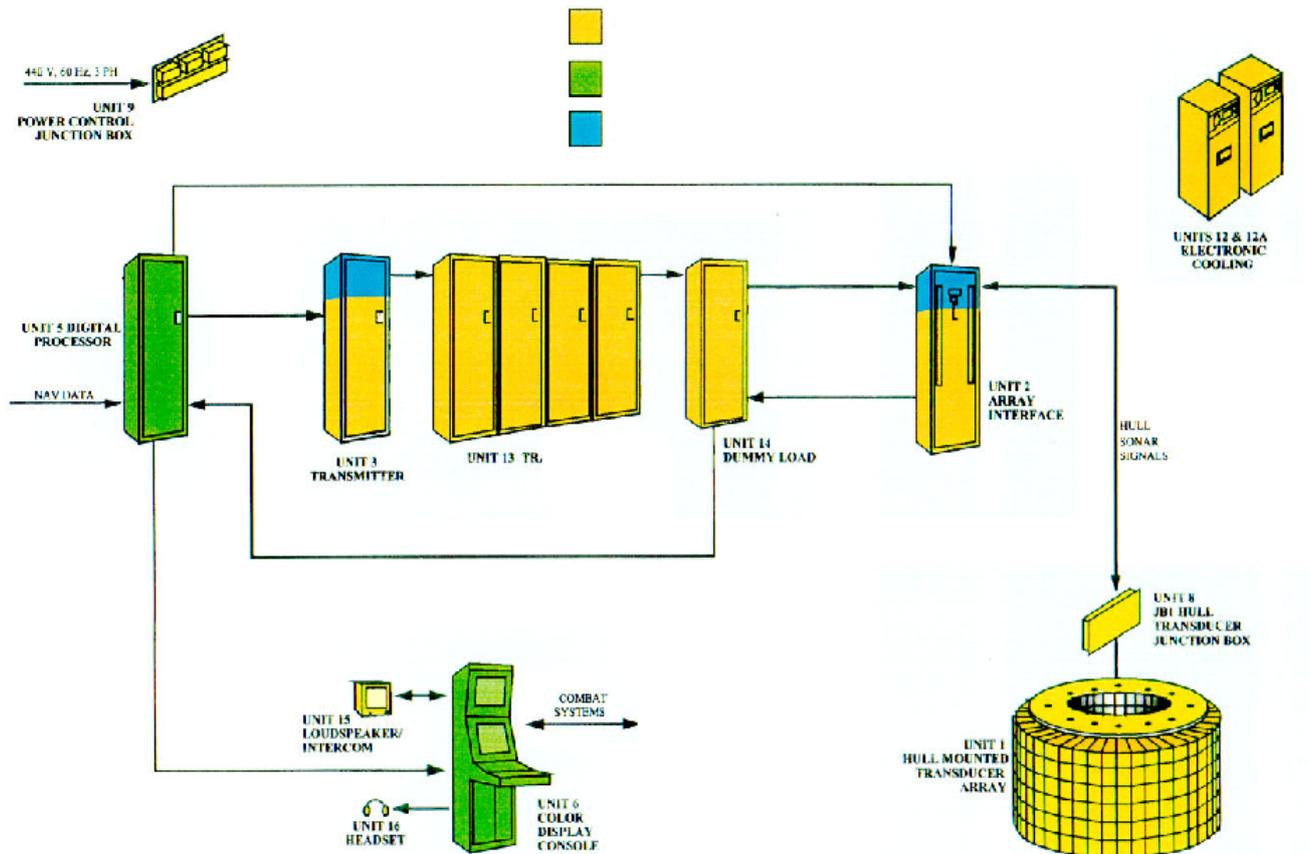


Figura 7-17 Componentes del sonar DE 1160 LF [21]

Estas unidades básicas se agrupan a su vez en 6 módulos funcionales:

- **Módulo de conexión del transductor:**

Es el módulo que permite la conexión del sistema con el medio marino. Siendo sus componentes el array o transductor, cilíndrico que va alojado dentro del domo y enlaza eléctricamente con el resto de componentes del sistema a través de la caja de juntas del transductor

El domo del transductor (unidad nº 7) reduce el efecto perjudicial del ruido hidrodinámico además de proporcionar protección física al transductor, evitando los golpes de mar sobre los elementos al no estar en contacto directo con el medio marino. Dentro del domo van insertados los baffles, en la parte trasera, encargados de atenuar los ruidos propios provocados por la propulsión del buque y las hélices. La caja de juntas del transductor (unidad nº 8) tiene una doble función: actúa de conexión eléctrica entre el transductor y los equipos de abordaje, y permite el acceso a los elementos del transductor para efectuar mediciones de impedancias de los mismos, con el objeto de comprobar su correcto funcionamiento. La unidad de enlace (nº 2) proporciona la conexión entre el transductor y el transmisor y receptor.

- **Módulo de controlador digital:**

Encargado del procesamiento y gestión de todas las señales que recibe, tales como:

- Señales de transmisión y pruebas.
- Generación de señales de adiestramiento.
- Control del sistema PM/FL.
- Control de las señales de tiempo y sincronismo.
- Gestión de funcionamiento de los interfaces con el UWT y equipos de navegación.
- Etc...

Todos los elementos electrónicos necesarios para llevar a cabo las funciones anteriores se encuentran alojados en la unidad nº 5 (DPU.- Digital Processor Unit). La DPU recibe las 36 señales activas y pasivas procedentes del array y las procesa y prepara convenientemente antes de enviar a la consola para su presentación. Se encarga también, entre otros aspectos, de proporcionar la orden de activación del circuito MCC, selección de banda de frecuencia, activación del circuito de localización de fallos y averías en el sistema y generación de señales de pruebas y adiestramiento.

- **Módulo de presentación:**

Formado básicamente por la consola de presentación (unidad nº 6) proporciona video y audio, y dispone de los controles del operador necesarios para el manejo en el funcionamiento y control del sistema sonar. También actúa de enlace con el resto de componentes del Sistema de Combate del buque (CDS) y con el interface RS232, que permite recibir directamente los datos registrados del lanzamiento del XBT (Expendable Bathythermograph).

- **Módulo de transmisión:**

Proporciona la alimentación eléctrica a las 36 delgas del transductor. Está formado por 108 amplificadores de distribuidos en 12 amplificadores de potencia (unidad nº 3) y 24 amplificadores de potencia en cada una (unidades idénticas 13, 13A, 13B y 13C)

El módulo dispone, además, de un banco de cargas artificiales (unidad nº 14), con el objeto de derivar y disipar las señales de transmisión en aquellas situaciones en las que no es necesario o posible la transmisión al mar a través de los elementos del transductor.

- **Módulo auxiliares:**

Formado por las siguientes unidades: Unidades de refrigeración (12/12A), Unidad de Altavoces/ Intercomunicadores (15) y Auriculares (16).

Las unidades de refrigeración utilizan un intercambiador de calor para refrigerar agua dulce a través de un circuito de agua salada recogida del mar. El agua dulce refrigerada circula en un circuito cerrado y la utilizamos para enfriar los componentes electrónicos de las distintas unidades del sistema sonar. Las unidades de refrigeración son idénticas. Se encuentran repartidas por los distintos compartimentos donde estén alojadas las unidades del sistema sonar. Cada unidad de refrigeración consta básicamente de:

- Intercambiador de calor.
- Bomba de circulación.
- Desmineralizador.
- Mandos y controles eléctricos/hidráulicos.

- **Módulo control de alimentación:**

Constituido por la Caja de Juntas de Alimentación (unidad nº 9), proporciona la distribución y control de la alimentación de la red del buque.

Los circuitos que constituyen este módulo están, en su mayor parte, contenidos en la U-9. Estos circuitos incluyen también interruptores de seguridad térmicos y mecánicos, fuentes de alimentación de C.C. e indicadores integrados en las diversas unidades del sistema.

- Dentro del funcionamiento operativo del sonar podemos diferenciar entre:

TRANSMISIÓN ACTIVA

Se utiliza en los modos de funcionamiento ASW, SOA y PP. Los pulsos LFM detectan contactos a distancias superiores que los pulsos de CW, es por esto que en las transmisiones activas normalmente se selecciona como modo normal de trabajo. Las transmisiones CW proporcionan mayor información del blanco detectado (velocidad) aun a costa de perder distancia de detección, por lo que, normalmente, se utilizarán como ayuda a la clasificación de un contacto que previamente ha sido detectado a través de las transmisiones en LFM.

El modo de transmisión puede ser: Transmisión Direccional Rotatoria (RDT) y Omnidireccional (OMNI). Durante el modo de funcionamiento RDT se excitan 13 delgas consecutivas de secuencialmente para generar un lóbulo de transmisión. Al concentrar toda la energía en una determinada dirección en cada momento, conseguimos mayor alcance sonar pero aumentan los sectores muertos y la posibilidad del perder el blanco por corta distancia se hace mayor. El modo de

funcionamiento OMNI consiste en excitar simultáneamente las 36 delgas, con ello disminuimos los sectores muertos aunque también disminuyen los alcances sonar.

Para asegurar la cobertura sonar cercana manteniendo unas aceptables distancias de detección, lo normal es trabajar intercalando transmisiones OMNI con RDT. Existen tres modos diferentes de transmisiones RDT:

- SRDT: Capaz de sonorizar hasta un máximo de 120°
- WRDT: Igual que la anterior aunque con zona muerta cercana menor.
- TRDT: Sonoriza los 360° , aunque con menor alcance sonar que en SRDT.

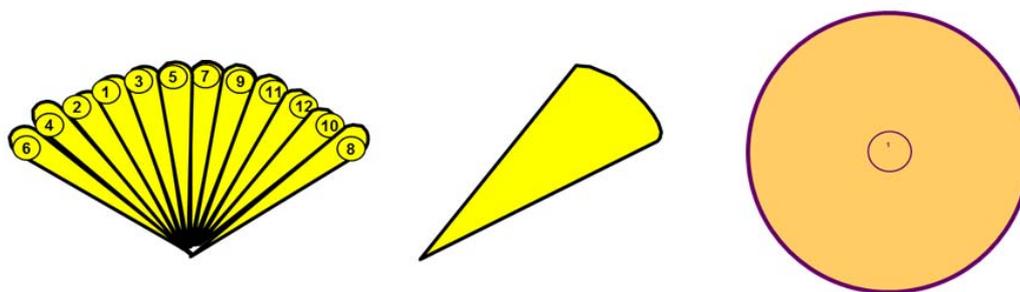


Figura 7-18 Modos de transmisión (TRDT, WRDT y ONMI) (Sistemas de Armas y Tiro Naval II, C.C Iglesias Aneiros)

RECEPCIÓN

Durante los períodos de tiempo posteriores a las transmisiones, el sonar se prepara para la recepción de la información acústica reflejada en el blanco. Esta se realiza a través de los 216 elementos que configuran las 36 delgas del transductor. Esta información acústica se convierte en señal eléctrica que contiene la información espectral del contacto que conviene estudiar. Por lo tanto, los elementos del transductor se utilizan tanto en funciones activas como pasivas.

Recepción Activa

Usada en los modos de operación ASW, SOA, PBK y PP. Procesa la información acústica recibida en los anchos de banda de bajas frecuencia. Una vez recibida la señal, se procesa sometiéndose a un filtrado y preamplificación en un ancho de banda centrado en la frecuencia de transmisión. Con ello nos aseguramos que los receptores activos actúen sobre aquellas señales procedentes de los pulsos de transmisión del sonar.

Una vez preamplificada la señal, se procesa, compila y digitaliza; se forman 36 haces de recepción que aseguran una cobertura de 360° . Para la formación de cada uno de los haces de recepción se aplican los correspondientes retrasos de tiempo en el procesado de la señal con objeto de compensar la curvatura del array; siendo la delga central coincidente con el centro del nuevo haz de recepción formado. Los receptores utilizados variarán dependiendo de la naturaleza del pulso a utilizar (LFM o CW).

Recepción Pasiva

El procesamiento de señales pasivas se utiliza en los modos de trabajo ASW, SOA, PASS y PBK. Consiste básicamente en un análisis de banda ancha (BB) y banda estrecha (NB) sobre la señal recibida. El procesamiento de la señal en banda ancha proporciona información acústica normalmente generada por torpedos y contactos a grandes distancias, mientras que el análisis en banda estrecha nos proporcionará información, básicamente, sobre torpedos y sus efectos hidrofónicos.

AYUDA AUTOMÁTICA EN LA DETECCIÓN Y SEGUIMIENTO (ACAD)

La función ACAD controla continuamente las señales procedentes del proceso de recepción activa y pasiva. Una vez efectuada la detección de la señal, el sistema asigna funciones específicas de seguimiento internas, a modo de filtros, a cada uno de los componentes detectados en los procesos de recepción (activa/pasiva). Con ello conseguimos alertar al operador ante la posible presencia de un contacto de interés. Las detecciones activas son mantenidas por el ACAD hasta que sean inhabilitadas por el operador desde la consola. Las detecciones pasivas son automáticamente eliminadas por el ACAD si no son aceptadas por el operador (ACK).

INTERFACES EXTERNOS

El sonar DE 1160 LF se relaciona con:

- **CDS:** Para información de sonar de interés. Principal interface entre el sonar y el resto de elementos del sistema AEGIS. Información de trazas, número de traza, índice de blancos PASS, hora, demoras y frec's lines.
 - **DIANA:** Recibe información de interés para la navegación: rumbo, balance, cabezada, velocidad sobre el agua y sobre el fondo, proa, lat, long y GMT.
 - **UWT:** MUTE. Inhabilita el receptor del teléfono submarino durante el período de transmisión del pulso sonar y viceversa.
 - **XBT:** Proporciona información en automático al sonar, sobre la traza batitérmica recibida del lanzamiento del XBT.
- Dentro de los modos posibles de trabajo de este sonar tenemos:
- **MODO ASW:** El modo de trabajo ASW se configura como el principal método empleado en las operaciones ASW a larga y corta distancia. El sonar DE 1160C LF (I) proporciona la capacidad de búsqueda ASW tanto activa como pasiva; detección, evaluación y seguimiento de blancos y amenazas de torpedo.
 - **PASS:** El modo de trabajo PASS permite continuar con las operaciones ASW cuando no se pueden efectuar transmisiones sonar. Se usa para la búsqueda, detección y clasificación de contactos ASW de modo pasivo.

- SOA (Small Objects Avoidance): Modo de trabajo cuyos principales objetivos consisten en permitir la detección activa de pequeños objetos que se encuentren en la derrota del buque propio y que sean peligrosos para la navegación, efectuar una serie de recomendaciones a partir de la detección anterior con el objeto de evitar el obstáculo y continuar con las operaciones ASW en modo pasivo.
- PBK (Playback): Permite la utilización de los datos previamente grabados durante los modos de funcionamiento ASW, PASS y SOA.

- PP (Performance Prediction): Este modo de trabajo proporciona al operador sonar la capacidad interactiva de predecir las zonas de mayor probabilidad de detección ASW (mayor alcance sonar), además de aconsejar la utilización de los parámetros sonar adecuados para optimizar el funcionamiento del mismo.

- OIB (Operator Initiated Built-In Test): Complementa las pruebas on-line, registro automático de todos los ADVISORIES, CAUTIONS Y WARNINGS; proporciona instrucciones al operador y permite que éste introduzca sus observaciones, generación de blancos de prueba y recomendaciones antitorpedos.

7.5 Definición de medidas a adoptar

MEDIDA 1: Como primera medida propuesta, se propone delimitar el uso del sonar activo como en el caso del archipiélago canario, en otras áreas sensibles a la actuación de éste, debido a la alta presencia de cetáceos en esas zonas, o porque pertenecen a la Red de Áreas Marinas Protegidas de España (Áreas marinas protegidas, zonas de especial conservación y reservas marinas) (nombrados en la Ley 41/2010, de Protección del Medio Marino, apartado 2.3), o quizás, porque se hayan producidos varamientos en otras ocasiones (Aunque no aparezca el Estrecho de Gibraltar dentro de la RAMPE, es una zona muy importante por la presencia de cetáceos, veasé ANEXO IV).

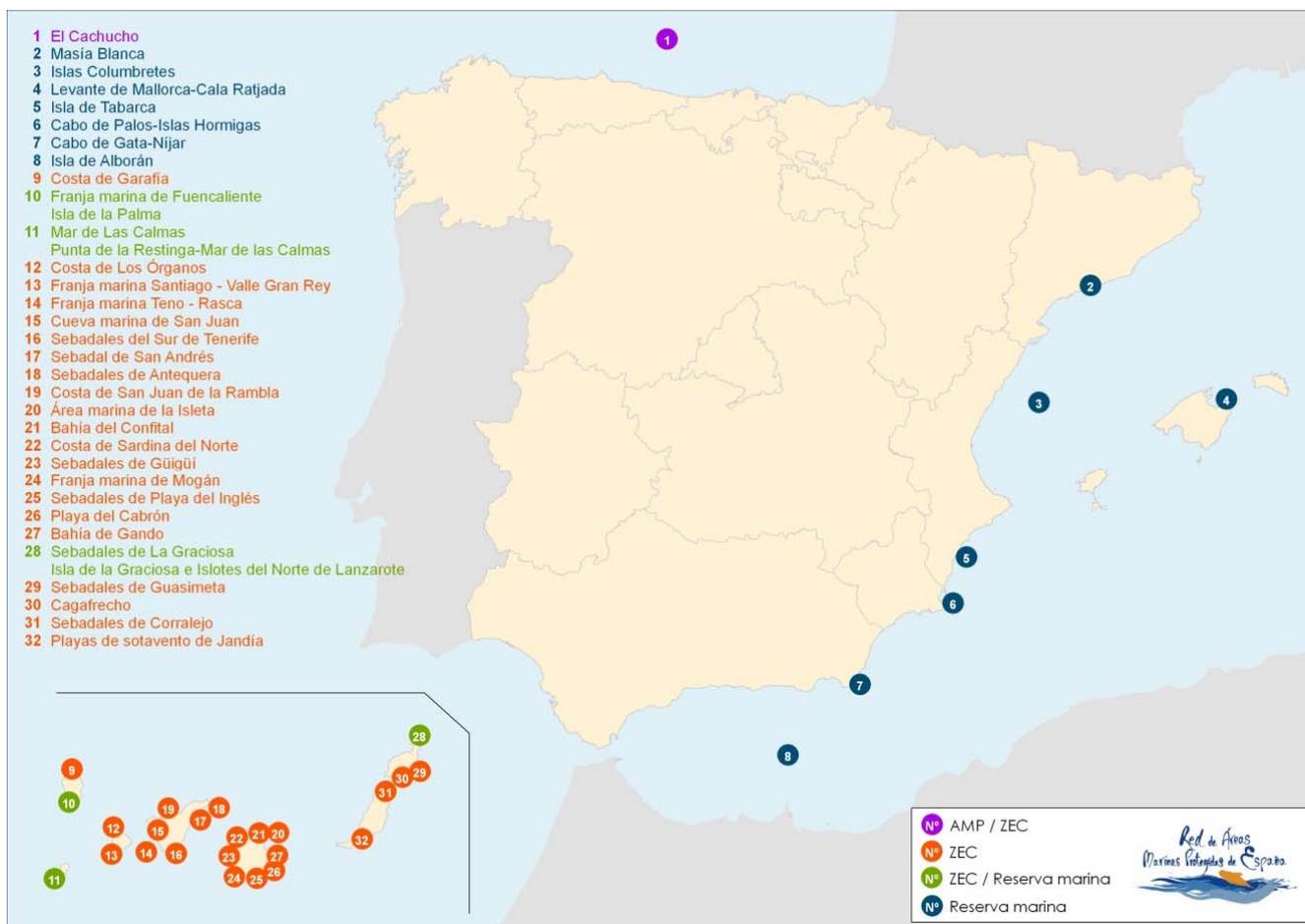


Figura7-19 Red de Áreas Marinas Protegidas de España (RAMPE)

(http://www.magrama.gob.es/es/costas/temas/biodiversidad-marina/Mapa_RAMPE_puntos_tcm7-306802.jpg)

Se propone que la zona delimitada comprenda dichas áreas, las cuales se emplearía el sonar activo, añadiendo una zona de seguridad similar a la que limitaríamos en las operaciones militares. Ésta zona de seguridad se calculará posteriormente en este capítulo.

MEDIDA 2: En otras armadas internacionales y en proyectos españoles como: “Prospecciones Sísmicas Marinas: Acuerdo de medidas de mitigación del efecto en los cetáceos de aguas españolas e identificación de áreas sensibles”, elaborado por la SUBMON (plataforma de servicios ambientales marinos que realiza proyectos en el ámbito de la conservación, estudio y divulgación del medio

marino), se dicta la necesidad de la figura del MMO (Observador de Mamíferos Marinos), persona cualificada para la observación visual de especies marinas y para la estimación de distancias visuales, y la utilización de métodos PAM (métodos de acústica pasiva) como proceso de detección cuando la observación visual no es eficaz (fuerte estado de la mar, mala visibilidad y observaciones nocturnas)

Por tanto, como siguiente medida propuesta, se debería embarcar personal cualificado (la figura del MMO), al cual se le han impartido cursos oficiales y posee experiencia en la evaluación y avistamiento de cetáceos, aportándole el material adecuado (prismáticos y sensores de visión nocturna).

Aunque la Armada Española hace referencia a la utilización preferente de medios pasivos cuando no sea necesario emplear el sonar activo, como el VDS (Variable Depth Sonar), existen equipos específicos para el empleo del PAM [22], los cuales tienen asociados un software para la detección acústica pasiva (PAMGUARD).



Figura7-20 Equipo PAM (Método de detección pasiva)

(http://www.magrama.gob.es/es/costas/formacion/Manual_PAM_esp%C3%B1oles_tcm7-323456.pdf)

MEDIDA 3: Se propone definir una zona de exclusión donde se limite el empleo de sonar en el caso de avistamiento o detección de posibles cetáceos (ahí la importancia del PAM), ese área dependerá de las condiciones batitérmicas (propagación de la velocidad del sonido en el agua dependiendo de factores tales como la presión, la temperatura y la salinidad) que se produzcan en ese momento.

Este rango va ser igual a la distancia en la que el cetáceo empieza a detectar el sonido originado por el sonar; ya que aunque la mayoría de estos cetáceos tienden a alejarse, se conocen casos en los que la desorientación provocada por el sonar ha originado que se acerquen a la fuente de emisión, creando lesiones permanentes o la muerte debido a la proximidad al foco sonoro. Cuando se verifique la observación o detección se detendrá la transmisión del sonar activo y el ejercicio no se reanudará hasta que se compruebe que la zona está clara.

En el siguiente apartado se mostrará el rango de la zona de exclusión para áreas próximas al archipiélago canario (océano atlántico) y para la Isla de Alborán (mar mediterráneo). Teniendo en cuenta que el mar de Alborán posee un área donde se restringe el uso del sonar, veasé ANEXO V)



Figura 7-21 Avistamiento de cetáceos

(http://www.travelsportcanarias.com/gestor_web/gestor_pv/imgpv_pv/214/214a_hb_53edf1a86ac2b.jpg)

MEDIDA 4: Creación de una zona de seguridad donde estará prohibida la transmisión del sonar activo, tanto ante la inminente presencia de cetáceos como si no está clara esta. Debido a que dentro de esta zona los cetáceos se ven expuestos a niveles de presión sonora altos que podrían producir lesiones permanentes tanto acústicas (pérdida de audición, PTS) como no acústicas (comportamiento anómalo perjudicial o cambios bruscos de profundidad).

En el caso de que no se haya iniciado un ejercicio naval, se suspenderá, y si ya se ha iniciado, se detendrá inmediatamente siempre que la situación táctica lo permita. Únicamente se reanudará en los siguientes 2 casos: si se tiene seguridad de que avistamiento no es cetáceo o en el caso de que sea un cetáceo esté fuera de la zona de exclusión. Ésta zona de seguridad será determinada en el próximo apartado para todas las unidades de la Armada española, sea cual sea el área de realización de ejercicios con sonar activo.

7.6 Cálculo experimental: Zonas de exclusión y Zona de seguridad.

Tras conocer las medidas de mitigación propuestas en este trabajo final de grado, y reflejar conceptos necesarios de acústica submarina y conocer el funcionamiento y utilidad del sonar como medio de detección (específicamente el DE 1160 LF de las fragatas F-100), estamos en condiciones de comenzar con el análisis y cálculo experimental de las zonas de exclusión y seguridad.

Primero se va a describir la situación más perjudicial que un cetáceo se puede encontrar en presencia de una transmisión sonar, aquella en la cuál existe una mejor propagación de sonido con los medios que dispone la Armada Española. La decisión de seleccionar la situación más perjudicial es debido a que los efectos producidos por el sonar no van a sobrepasar nunca el límite que vamos a marcar derivados de ésta.

Este límite se producirá en el momento en el que el cetáceo perciba el ping sonar, para las zonas de exclusión, y para una sensación sonora por parte del cetáceo igual a 180 dB (momento en el que se producirían daños permanentes), para la zona de seguridad. Para las zonas límites variará esta distancia según la situación geográfica que nos encontremos, por eso hablamos de zonas límites, y por el contrario, habrá únicamente una distancia de seguridad para cualquier situación y escenario en el que se realicen los ejercicios militares.

La situación más perjudicial se daría en los meses de febrero debido a que las zonas de convergencia se suelen producir en sondas de, al menos, 200 metros en invierno. Además se debe tener las condiciones meteorológicas deben ser idóneas, estado de la mar calma y sin viento de superficie que genere ruido; y en el caso de tener aguas poco profundas que el tendadero sea de roca, para que no se produzca ninguna absorción y la cantidad de energía acústica reflejada sea mayor.

Las características del sonar DE 1160 LF será las empleadas para nuestro estudio, porque dentro de todos los sónares que posee la armada, es el que trabaja a una mayor potencia de trabajo, creando niveles de presión sonora altos, y también, debido a que es un sonar de baja frecuencia, y la propagación acústica es mejor (ya que cuanto menor es la frecuencia de la onda sonora genera menos pérdidas de propagación). Por tanto, dentro del rango de frecuencias que nos permite configurar este sonar, utilizaremos el que tenga menor frecuencia. Entonces, ya podemos estudiar estas dos nuevas propuestas de mitigación acústica: zonas de exclusión y zona de seguridad.

6.5.1. Zonas de exclusión

El objetivo es calcular el rango donde un cetáceo comenzaría a percibir el sonido de la onda generada por el sonar. Tal y como hemos visto en anteriores apartados, para conseguir este alcance, antes es necesario calcular la FOM (cifra de mérito) para introducir este dato en las tablas PROPLOS (pérdida de propagación) para la situación más perjudicial nombrada anteriormente en éste apartado, obteniendo el correspondiente alcance. Para el cálculo de la FOM emplearemos los siguientes datos: Nivel de salida de la fuente, nivel de ruido, índice de directividad y umbral de detección, tal y como aparece en la ecuación sonar:

$$\mathbf{FOM = SL - BN + DI - DT}$$

Una vez conocidos estos datos, el valor de la FOM se sitúa en 122 dB para la frecuencia más baja de trabajo del sonar DE 1160 LF. Este valor lo introduciríamos en las tablas PROPLOS. Éstas, las vamos a generar a partir de un programa software que utiliza la base de submarinos de la Armada Española, WADER 32, para la obtención de los alcances sonar en la realización de ejercicios.

Las tablas obtenidas se realizaran a partir de unas condiciones batitérmicas preestablecidas, debido a que durante los meses de enero-febrero normalmente se poseen los mismos valores independientemente del año. En el caso de que variara esta estimación frente a la que obtendríamos del estudio real batitérmico, sería mínima, y no nos afectaría significativamente en el valor del alcance obtenido.

A continuación reflejamos una distinción entre el alcance obtenido en la zona de exclusión para áreas próximas al archipiélago canario (océano atlántico) y el alcance obtenido para áreas próximas a la Isla de Alborán (mar mediterráneo).

Empezaremos estudiando lo que ocurre en el océano atlántico en el mes de febrero:

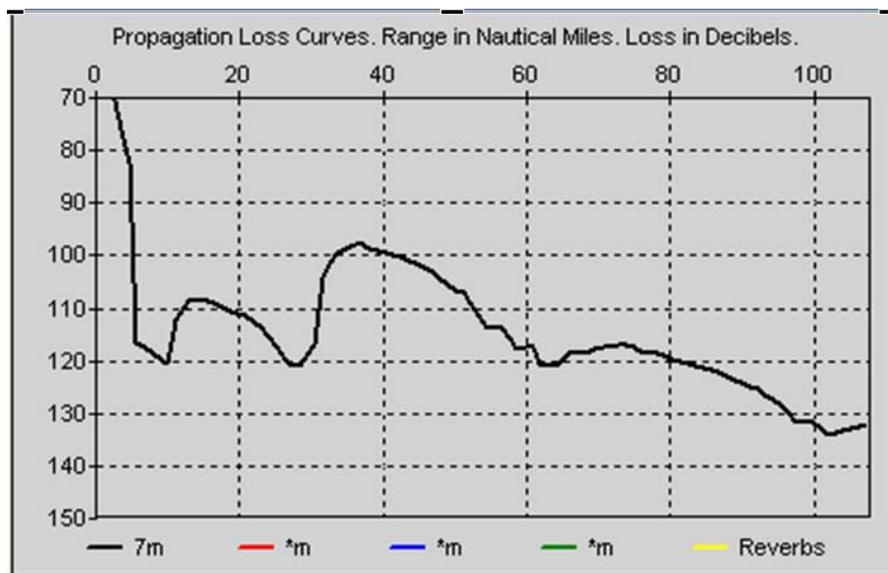


Figura 7-22 Curva PROPLOS Océano Atlántico mes de Febrero obtenidas por el programa WADER 32.

Como podemos observar en la gráfica anterior, se obtendrían alcances aproximadamente de 80 millas para 120 dB.

A continuación, estudiamos que sucedería en zonas próximas a la Isla de Alborán:

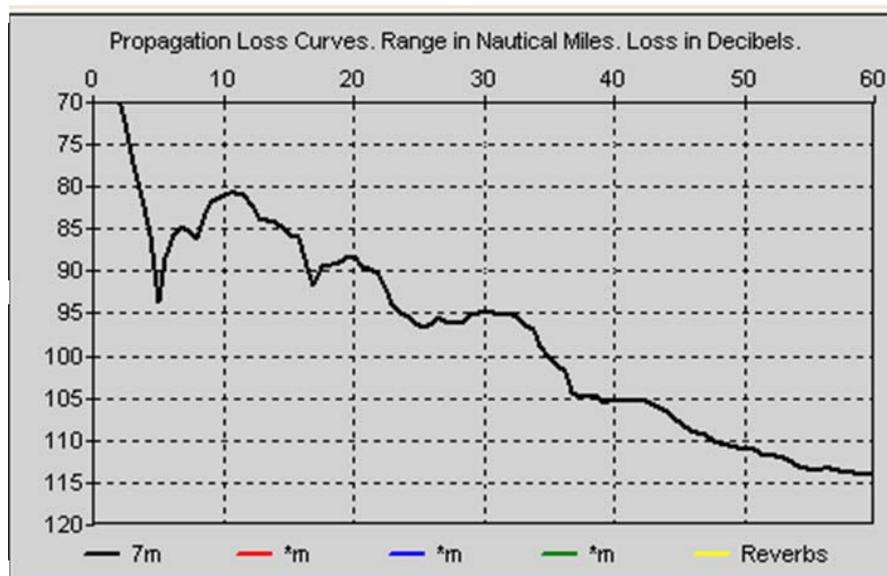


Figura 7-23 Curva PROPLOS Mar de Alborán mes de Octubre obtenidas por el programa WADER 32.

Tal y como se refleja en la gráfica, se obtendrían alcances de superiores a 60 millas para 120 dB.

Por tanto, podemos estimar que la zona de exclusión en ambas áreas será aproximadamente entre 70-80 millas para pérdidas de propagación de 120 dB, y es posible derivadas de una emisión afirmar que el cetáceo percibirá la onda sonora en cuanto lo detectemos con nuestro sonar.

Ésta es una conclusión a tener muy en cuenta, ya que en el momento en el que percibamos cualquier contacto sonar puede haber cierta probabilidad de que se trate de un cetáceo, y por tanto, al situarse dentro de la zona de exclusión, debe de ser estudiado inmediatamente antes de se acerque a la zona de seguridad.

Así, en el caso de que se verifique la detección de un cetáceo, se detendrá la transmisión del sonar activo siempre que la situación táctica lo permita y no se ponga en riesgo ninguna unidad durante la ejecución del ejercicio, y no se reanuda hasta que se compruebe que la zona de exclusión está clara.

6.5.2 Zona de seguridad

En éste apartado, se va a establecer una zona de seguridad donde estará prohibida la transmisión del sonar activo, tanto si existe la seguridad de la presencia de cetáceos como si no la hay, cuando se observe o detecte un posible cetáceo.

Partimos de los diferentes estudios realizados por la NURC (apartado 5.1), los cuáles marcan como nivel de presión sonora crítico 180 dB. Por tanto, ningún cetáceo puede estar dentro de esta zona, ya que quedaría expuesto a niveles elevados de presión sonora, poniendo en riesgo su integridad física: aparición de lesiones permanentes tanto acústicas (pérdida de audición, PTS) como no acústicas (comportamiento anómalo perjudicial, cambios bruscos de profundidad).

La FOM emplearía un valor de 40 dB, demasiado pequeño para obtener un valor preciso con el programa WADER 32. Nos vemos en la obligación de hacer el estudio acústico submarino mediante el aspecto energético de propagación de la onda sonora.

El alcance obtenido teniendo en cuenta las pérdidas por divergencia, las pérdidas de propagación (TL= 40 dB), coeficiente de atenuación ($\alpha=0,19$ dB/km) y $TL_{reb}=0$ dB (consideramos únicamente rayo directo al ser una distancia pequeña y no se produce ningún rebote tanto en el fondo como en la superficie), el alcance obteniendo sería (aproximación esférica):

$$TL_{est} = 20 \log r + \alpha r \cdot 10^{-3} + TL_{reb}$$

$$R = 110 \text{ yds}$$

Por tanto, nuestra distancia de seguridad propuesta va a ser de 110 yds, para cualquier unidad de la Armada española que emplee cualquier tipo de sonar activo independientemente de la situación y condiciones del ejercicio.

6.5.3 Mejoras posibles para el cálculo de las zonas de exclusión y la zona de seguridad.

Aunque los resultados obtenidos son totalmente válidos y, por tanto, podemos afirmar que la zona de exclusión para el cetáceo es 80 millas, tanto para aguas oceánicas como aguas poco profundas, y la zona de seguridad es de 110 yds para cualquier situación ambiental. Estos cálculos podrían ser más precisos, si:

- Para el cálculo de las zonas de exclusión se utilizarán datos batitérmicos reales en la creación de las curvas PROPLOS en el WADER 32 durante la realización del ejercicio.
- Aunque el WADER 32 es un programa bastante preciso para la estimación del alcance sonar, sería conveniente contrastar con otros programas como el SEAPROF, que ha sido validado por la NURC e instalado a bordo de los submarinos S-80 de la Armada Española.
- Para el cálculo de la FOM se ha determinado el nivel de ruido ambiental (NB) mediante los niveles de ruido en el fondo oceánico profundo (fuente: Urick) obtenidos mediante la siguiente gráfica:

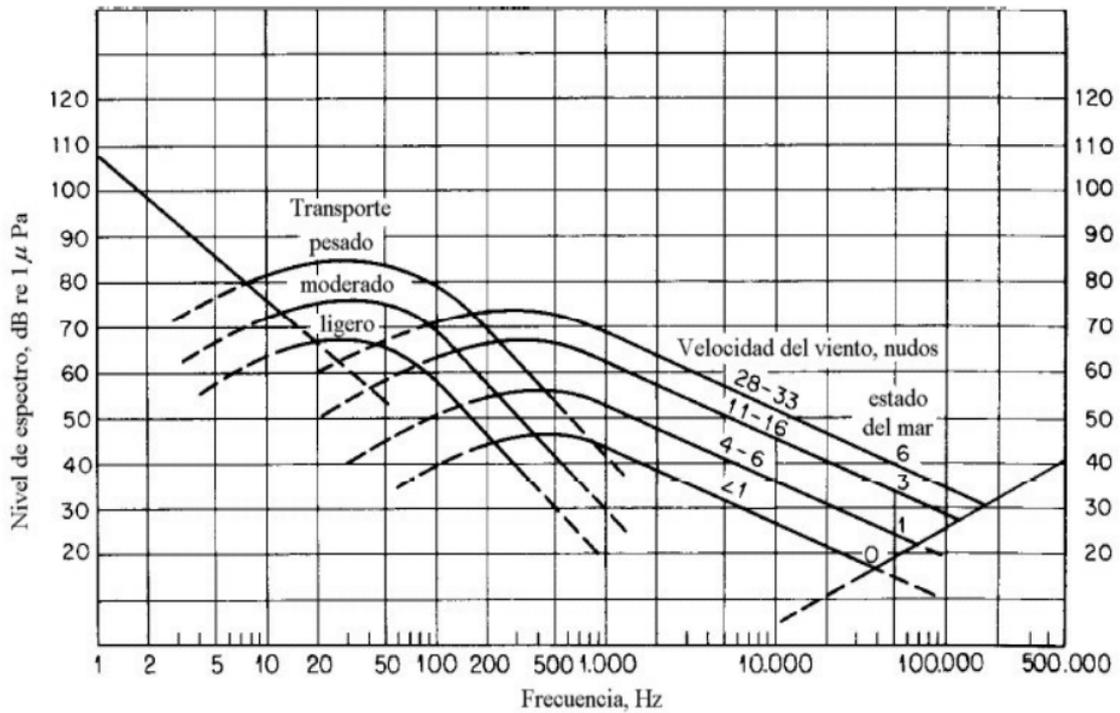


Figura 7-24 Espectros medios del ruido ambiental de las aguas profundas
 (http://mit.ocw.universia.net/13.00/NR/rdonlyres/D629E305-6EC8-4664-B7A4-AF44152E54B4/0/1300_acoustics_lecture_notes.pdf)

Por tanto, sería conveniente que el nivel de ruido ambiental no se estimara, y se hallase mediante sensores pasivos en el momento de realización del ejercicio, para una mayor precisión de la FOM. Ya que los demás factores de la ecuación sonar ya están preestablecidos.

- Para el cálculo de la zona de seguridad, el principal inconveniente radica en la obtención de esta distancia y, debido a que es una distancia pequeña, al utilizar aproximaciones (como la propagación esférica de la onda sonora en las pérdidas por divergencia) se pueden producir errores significativos. En consecuencia, sería conveniente que esta propagación energética se obtuviera mediante software de análisis de energía implantados en sensores pasivos y así conocer en que distancia el nivel de presión sonora es 180 dB.

Este estudio ya se ha realizado con sonares SURTASS-LFA, por consiguiente, se debería realizar también con el sonar DE 1160 LF en las mejores condiciones de propagación posibles, y así obtener de manera más precisa la distancia crítica y establecer la zona de seguridad.

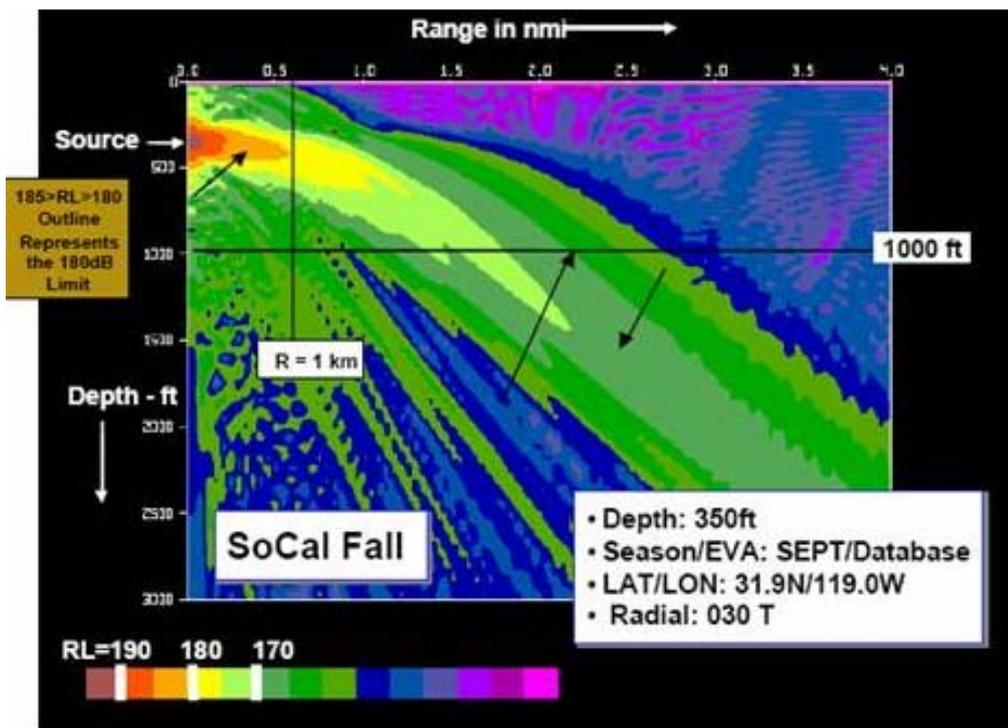


Figura 7-25 Niveles de presión sonora de propagación del sonar LFA-SURTASS
 (http://tanis.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_04_05/io9/public_html/sonar.html)

En este caso, se puede observar que para niveles de presión de salida 200 dB, el rango de seguridad para una presión sonora recibida por el cetáceo de 180 dB sería 1 km en alcance y entre 85 y 160 metros de profundidad (en este caso el sonar está colocado en 120 metros de profundidad)

- Sería conveniente que el estudio de la zona de seguridad se estableciera para todos los sonares de la Armada, y, así establecer una normativa específica para cada uno, aprovechando el máximo rendimiento que nos proporciona el sonar. Se puede dar el caso en el que no sea necesario establecer en un tipo de sonar una zona de seguridad, ya que el nivel de salida del sonar es inferior a 180 dB.
- Por el contrario, la zona de exclusión siempre es necesaria, debido a que, aunque el sonar no trabaje en las frecuencias audibles de los cetáceos y/o su nivel de salida sea inferior a 180 dB, estamos generando ruido artificial y, por tanto, podemos originar comportamientos anómalos en los cetáceos que puedan poner en riesgo su integridad física.

8 CONCLUSIÓN FINAL

Desde el comienzo de este trabajo de final de grado, se ha tenido como objetivo buscar una solución al impacto ambiental de la contaminación acústica que generan las operaciones de la Armada Española debido al empleo del sonar activo en operaciones militares en aguas de nuestro territorio nacional.

Así, tras un exhaustivo y detallado análisis de la legislación internacional y nacional, no se han encontrado protocolos que regulen las acciones de impacto acústico que se generan en operaciones militares, déficit paliado parcialmente, con la aportación de directrices para abordar el impacto del ruido antropogénico sobre los mamíferos marinos y se la creación de áreas de protección y preservación del medio marino, por ejemplo la Red Natura 2000 en el marco internacional y la RAMPE en el marco nacional, entre otras reflejadas en acuerdos y convenciones internacionales. Las medidas mencionadas fueron importantes para que las Armadas Internacionales adoptasen las primeras líneas de actuación en medidas de mitigación, tal como restringir o eliminar la transmisión del sonar en estas áreas induciendo un gran efecto en el aminoramiento de varamientos de mamíferos marinos.

A continuación, siguiendo con este procedimiento de análisis del presente TFG, se han investigado los procesos desarrollados por las Armadas Internacionales para reducir el impacto acústico generado por éstas. Pero antes, se deberán de analizar cuáles son las causas que lo generan (tráfico marítimo, explosiones marinas, estudios sísmicos, sonares...) y las consecuencias que producen en las especies marinas (hemorragias, pérdida auditiva, cambios de comportamiento, estrés...). Además de conocer y estudiar los criterios y mediciones del impacto acústico antropológico por parte de los diferentes estudios.

Aunque al principio estudiamos todo este proceso de análisis e investigación de manera general, como ya hemos dicho anteriormente, nuestro interés se centra en lo que sucede en aguas españolas. Por tanto, estas causas-consecuencias se pueden simplificar principalmente en el sonar activo como fuente generadora de ruido, provocando varamientos masivos de cetáceos, mayoritariamente de ballenas picudas (Zifios). Dentro del territorio nacional, el archipiélago canario y el levante español (Isla de Alborán) son unas de las más importantes áreas de presencia de Zifios. Por tanto, siempre están presentes en la mayoría de apartados de este TFG durante el análisis del estudio hidroacústico.

Una vez conocido todos los factores condicionantes de la contaminación acústica en el mar, las Armadas Internacionales han desarrollado una serie de medidas de mitigación del impacto acústico, a partir de estudios nacionales y de los realizados por el Centro de investigación submarina de la OTAN; las cuales, han resultado tener efectos positivos ya que se ha aminorado drásticamente la aparición de varamientos masivos en las costas mundiales durante los últimos años

La Armada Española, reflejando su interés en la protección medioambiental, ha ratificado todos los acuerdos en los que España está presente, y, basándose en los estudios de la NURC y las acciones estratégicas de conservación del patrimonio natural y de la biodiversidad llevado a cabo por otros ministerios, ha creado una serie de instrucciones de carácter permanente que se han de seguir en operaciones en aguas españolas y por buques nacionales.

A consecuencia de la comparación entre lo adoptado por otras Armadas y lo llevado a cabo por la nuestra, continuando con los objetivos de este TFG, se han planteado nuevas propuestas de mitigación que sirvan como complemento a lo ya existente: *Limitación del empleo del sonar en áreas de la RAMPE, Embarque de un observador de cetáceos cualificado y utilización de métodos PAM para la detección de cetáceos para la realización de operaciones militares, Creación de una Zona de exclusión para el análisis de contactos y de una Zona de seguridad que prohíba la transmisión del sonar en ella.* Estas nuevas medidas parten de la premisa de que cualquier aportación a la protección y preservación de nuestro ecosistema marino es necesaria para el compromiso con nuestro entorno.

Por tanto como línea futura de comportamiento, se debe de mejorar el vínculo entre los organismos de investigaciones marinas y la Armada Española, y entre ministerios. Por un lado, el gobierno, como principal precursor de I+D, debe de apostar por estudios marinos en el campo del impacto de la contaminación acústica dentro de los diferentes centros del Instituto Español de Oceanografía, Universidades Españolas y Grupos de investigación marina y costera; y a partir de éstos mejorar la Legislación Nacional referente a la ley de Ruido (Ley 37/2003) y ley de Evaluación Ambiental (Ley 21/2013). Por otro lado, la Armada Española debe seguir buscando, analizando y mejorando sus medidas de mitigación, tanto las existentes como las nuevas que se proponen en este TFG, apoyándose en estudios nacionales e internacionales y participando en misiones REA (Rapid Environmental Assesment).

Además, su Real Instituto Hidrográfico, centro de gran experiencia y prestigio en éste campo, debe de proporcionar su base de datos de avistamientos de cetáceos en aguas españolas y compartir el progreso de sus estudios e investigaciones con estos organismos nacionales, para la creación de nuevas técnicas de desarrollo de modelación espacial, con los datos disponibles, para predecir áreas de hábitat de estos mamíferos marinos. De este modo, se podría actualizar la RAMPE con la creación de nuevas reservas marinas, zonas de especial conservación o áreas marítimas protegidas. No obstante, será necesaria la actualización de la ley Protección Ambiental (Ley 41/2010), en cuanto se vayan creando estas áreas.

Siguiendo con futuras investigaciones y estudios en el impacto ambiental marino, cualquier avance en el ámbito nacional supone un progreso mundial. Aunque el presente estudio está orientado específicamente en aguas del territorio español, ésta vinculación entre organismos se puede extrapolar a un nivel internacional. Para así conseguir crear una doble vía mundial donde podemos favorecernos de los avances obtenidos por otros países y que éstos se beneficien de los nuestros. Para ello, organismos civiles y militares (como la OTAN) deben de fomentar estas relaciones entre los países.

Tenemos que ser conscientes que la conservación de nuestro ecosistema, en todos sus ámbitos, es responsabilidad de todos, y, consecuentemente, se debe de realizar un esfuerzo extra para continuar protegiéndolo y preservándolo.

9 BIBLIOGRAFÍA

- [1] «Iniciativas Jurídicas referentes a la Contaminación Acústica Marina, Fase Segunda. Proyecto “Efectos y Control del Ruido antropogénico en ecosistemas marinos”,» [En línea]. Available: <http://www.lab.upc.edu/papers/BuenasPracticasLAB.pdf>.
- [2] «Documento técnico sobre impactos y mitigación de la contaminación acústica marina. Ministerio de agricultura, alimentación y medioambiente.,» [En línea]. Available: http://www.magrama.gob.es/es/costas/temas/proteccion-del-medio-marino/doc-tecnico-impactos-mitigacion-contaminacion-acustica-marina_tcm7-359854.pdf.
- [3] «La contaminación acústica submarina: Especial referencia al impacto sobre los cetáceos producidos por los sónares de los buques de guerra,» [En línea]. Available: <http://www.actualidadjuridicaambiental.com/articulo-doctrinal-%E2%80%99Cla-contaminacion-acustica-submarina-especial-referencia-al-impacto-sobre-los-cetaceos-producido-por-los-sonares-de-los-buques-de-guerra%E2%80%99D/>.
- [4] «Resolución 4.17 Accobams.,» [En línea]. Available: http://accobams.org/images/stories/MOP/MOP4/Resolutions/res%204.17_guidelines%20to%20address%20the%20impact%20of%20anthropogenic%20noise%20on%20cetaceans%20in%20the%20accobams%20area.pdf.
- [5] «Directiva 2008/56/CE del parlamento europeo y del consejo de junio de 2008,» [En línea]. Available: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:32008L0056&from=ES>.
- [6] «Normativa de Evaluación ambiental(Ley 21/2013, 9 de diciembre, Evaluación Ambiental),» [En línea]. Available: http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/evaluacion-ambiental/Ley_21_2013_de_Evaluacion_Ambiental_tcm7-309722.pdf.
- [7] «Integración de espacios en la Red de Áreas Marinas Protegidas de España (RAMPE),» [En línea]. Available: <http://www.magrama.gob.es/es/costas/temas/biodiversidad-marina/espacios-marinos-protegidos/red-arreas-marinas/red-rampe-integracion-espacios.aspx>.
- [8] Understanding the impacts of anthropogenic sound on beaked. Cox et al Review[J. CETACEAN RES. MANAGE. 7(3):177–187, 2006].

- [9] «El misterio de las ballenas que se llenan de gas,» [En línea]. Available: (<http://vozpopuli.com/next/57137-el-misterio-de-las-ballenas-que-se-llenan-de-gas>.
- [10] «Varamientos masivos de Zifios con maniobras militares en canarias. Universidad de la Laguna, Departamento de biología animal 2005.,» [En línea]. Available: [http://www.almediam.org/PDF/zifios%20y%20maniobras%20militares%20\(1\).pdf](http://www.almediam.org/PDF/zifios%20y%20maniobras%20militares%20(1).pdf).
- [11] «Conclusiones estudio anatomo patológico, unidad de anatomía patológica facultad de veterinaria- Universidad de las Palmas de Gran Canarias. Varamiento masivo de zifios en Fuerteventura y Lanzarote. 24-27 de Septiembre de 2002.».
- [12] «Real Instituto Hidrográfico de la Armada. Grupo METOC,» [En línea]. Available: (<http://westcai.mdef.es/REA/cetaceos.htm>)(Intranet).
- [13] MacLeod, CD; Mitchell, G (2006) Key areas for beaked whales worldwide Journal of cetacean research and management [J. Cetacean Res. Manage.] 3, 309-322.
- [14] «NATO Undersea Research Centre Human Diver and Marine Mammal Risk Mitigation Rules and Procedures. Marine Mammal Risk Mitigation Project.September 2006.,» [En línea]. Available: <https://www.cso.nato.int/Pubs/rdp.asp?RDP=NURC-SP-2006-008..>
- [15] «NATO Undersea Research Centre. Marine Mammal Risk Mitigation Rules and Procedures, November 2009,» [En línea]. Available: http://www.cmre.nato.int/about-cmre/fact-sheets/cat_view/79-publications/70-technical-reports/85-special-publications?limit=5&order=date&dir=ASC&start=15.
- [16] «Plan de acción estratégico para la conservación de la diversidad biológica en la región mediterránea (SAP BIO). Ministerio de Medioambiente,» [En línea]. Available: http://www.magrama.gob.es/es/costas/temas/proteccion-del-medio-marino/infor_sapbio_tcm7-29409.pdf.
- [17] «Instrucción permanente de operaciones del ALMART Número 2.21/08, sobre normas para reducir el impacto medioambiental de las transmisiones sonar.,» [En línea]. Available: http://www.fn.mdef.es/intranet/ShowProperty?nodePath=/BEARepository/Documentacion/02_documentos_flota/03_documentos_fam/docs_00_ema_FAM/docs_001_permanentes_BUSQUEDA_ALMART/docs_001_ipamar/ipamar2/ipamar221//archivo (Intranet).
- [18] «Instrucción permanente de operaciones número 8001, de 4 de septiembre, de ALFLOT, sobre acciones para reducir el impacto medioambiental de las transmisiones sonar,» [En línea]. Available: http://www.fn.mdef.es/intranet/ShowProperty?nodePath=/BEARepository/Documentacion/02_documentos_flota/docs_00_ema_alflot/docs_01_admin_perm_BUSQUEDA_ALFLOT/docs_011_ipf_BUSQUEDA_ALFLOT_/docs_IPF_8/IPF_8001//archivo.
- [19] «Principios basicos de funcionamiento del sonar,» [En línea]. Available: http://tanis.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_06_07/io7/public_html/sonar1.html.
- [20] Propagación de la onda sonora. Aspecto geométrico y aspecto energético (T.N. Jose Cárlos Cuadrado Ibañez).
- [21] «Manual del sonar 1160 LF, Vol 1. Procedimientos operativos del sistema DE 1160 LF».

- [22] «Manual técnico de acústica pasiva para operaciones off-shore generadoras de ruido en aguas españolas, para más información acerca del equipo PAM,» [En línea]. Available: http://www.magrama.gob.es/es/costas/formacion/Manual_PAM_esp%C3%B1oles_tcm7-323456.pdf.
- [23] «Guía de Identificación de Cetáceos. Real Instituto Hidrográfico de la Armada,» [En línea]. Available: <https://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCIQFjAA&url=http%3A%2F%2Fpublicaciones.defensa.gob.es%2Fdocs%2Fdefault-source%2Fpublicacionespdf%2Fgu%25C3%25ADa-de-identificacion-de-cet%25C3%25A1ceos-%2528r%2529.pdf%3Fsfvrsn%3D0%26dow>.
- [24] [En línea]. Available: http://www.magrama.gob.es/es/costas/formacion/Manual_MMO_esp%C3%B1oles_tcm7-323455.pdf.

ANEXO I: IMPACTO ACÚSTICO AMBIENTAL EN CETÁCEOS

Trauma Acústico

Los cambios del umbral o *threshold shift* (TS) de audición se llaman *traumas acústicos*, decreciendo normalmente en el tiempo después del cese de la exposición al ruido, y es dependiente de otros factores, tales como: la amplitud, la duración, contenido de frecuencias y distribución energética de la exposición al ruido. Esta magnitud se puede dividir en temporales y permanentes. [1]

Si la emisión recibida produce una pérdida temporal, es decir, un cambio momentáneo del umbral, se le llamará *temporary threshold shift* (TTS), el cual volverá a su valor habitual un tiempo después de la exposición. Los siguientes mecanismos fisiológicos inducen TTS, también llamado fatiga auditiva: efectos en las células ciliadas del oído interno que reducen su sensibilidad, modificación química del medio dentro de las células ciliadas, actividad muscular residual en el oído medio, desplazamiento de ciertas membranas del oído interno, incremento del flujo de sangre y reducción post-estímulo en las células nerviosas.

Si la emisión recibida produce una pérdida permanente (cambio permanente del umbral auditivo) se hablará de un *permanent threshold shift* (PTS). Un PTS se considera como una lesión auditiva. Algunas de las causas aparentes de un PTS en mamíferos son severas extensiones de los efectos subyacentes a TTS. Otras causas implican diferentes mecanismos, como el exceder los límites elásticos de algunos tejidos y membranas del oído interno y medio y los cambios resultantes en la composición química de los fluidos del oído interno.

La relación entre TTS y PTS depende de un gran número y complejidad de variables que conciernen al sujeto de estudio y a la exposición a la que ha sido sometido. Un PTS puede darse después de una larga exposición o instantáneamente tras una exposición con niveles sonoros muy elevados, como durante una explosión. Los datos de PTS y TTS de mamíferos terrestres se han usado para desarrollar pautas de exposiciones seguras para ambientes de trabajo

Estudios anatómicos y de comportamiento relativamente recientes sugieren que los cetáceos pueden ser más resistentes que muchos mamíferos terrestres a TTS, habiendo evolucionado en un ambiente relativamente ruidoso. Además es preciso tener en cuenta que ellos también sufren pérdida auditiva como resultado del incremento de la edad. La pérdida auditiva, tanto si es temporal como

permanente, afectaría a estos animales de diversas formas. Una pérdida temporal impide que el animal detecte un predador o presa, o determina que el animal entre en un área peligrosa para su supervivencia. Además, una pérdida permanente tendrá graves consecuencias en la comunicación del animal con sus congéneres.

Estos daños han sido considerados como efectos de la recepción de una intensa presión sonora y pueden, a su vez, ser causas de sucesivos varamientos. A largo plazo, una pérdida en las capacidades auditivas de un elevado número de individuos de una especie disminuye el potencial reproductivo y la supervivencia de esta especie.

No existen umbrales de exposición sonora universales aceptados, que reflejen adecuadamente las complejas relaciones físicas, ambientales y los parámetros biológicos. En algunos textos de recomendación o incluso en legislaciones nacionales, se han utilizado valores de 120 dB, 140 dB, 160 dB, 180 dB, o 190 dB como nivel umbral crítico de presión acústica para exposiciones específicas a ruido y de señales. Pero estos valores umbrales son muy polémicos, ya que en el caso de algunas especies - como los Zifios - se han producido varamientos atípicos después de la exposición a niveles de presión sonora de mucha menor intensidad.

Hasta el momento, los TTS medidos en mamíferos marinos han sido de pequeña magnitud. La aparición de TTS se ha definido como la elevación temporal del umbral de audición en 6 dB, aunque se han demostrado cambios en el umbral de audición más pequeños. Hay sólidas evidencias de que señales de 80 dB por encima del umbral de audición son generalmente capaces de causar TTS. Si hay dos exposiciones, ambas audibles con un nivel absoluto idéntico, pero una de ellas está fuera del rango de mayor sensibilidad auditiva, el nivel de sensación será menor para esta última, y sus efectos potenciales serán reducidos.

Recientemente, se revisaron todos los posibles impactos sobre mamíferos marinos, mediante las pautas de la Ley de Protección de Mamíferos Marinos de EEUU particularmente los referidos a Nivel A (daño físico) y Nivel B (acoso), y se propusieron una serie de criterios duales por impactos de nivel A para tres categorías de fuentes (pulso único, pulso múltiple y fuentes no pulsadas) y para tres grupos de organismos marinos comprendidos en las categorías de cetáceos de “baja frecuencia”, de “frecuencia media”, y de odontocetos de “frecuencia alta”.

A pesar de que los criterios duales recomendados para el Nivel A no han sido utilizados aun en recomendaciones o normas ambientales, se presentan a continuación los criterios de Nivel A que son consistentes con los criterios de energía aplicables a misticetos y odontocetos. El resumen de los datos de este estudio indican los siguientes umbrales (SEL) correspondientes a cambios en comportamiento, TTS y PTS:

- cambios en comportamiento (Nivel B): 183 dB re 1 μ Pa² - sec
- TTS: 195 dB re 1 μ Pa² - sec
- PTS (Nivel A): 215 dB re 1 μ Pa² - sec

Grupo de Cetáceos	Tipo de Sonido		
	Pulsos simples	Pulsos múltiples	Sin pulsos
Baja frecuencia			
Nivel de Presión Sonora	230 Db	230 dB	230 dB
Nivel de Exposición Sonora	198 dB	198 dB	215 dB
Media frecuencia			
Nivel de Presión Sonora	230 dB	230 dB	230 dB
Nivel de Exposición Sonora	198 dB	198 dB	215 dB
Alta frecuencia			
Nivel de Presión Sonora	230 dB	230 dB	230 dB
Nivel de Exposición Sonora	198 dB	198 dB	215 dB

Tabla A1-1 Criterios de lesión física propuestos para cetáceos expuestos a eventos acústicos (exposiciones simples o múltiples en un periodo de 24h) [7]

Tipos de sonido	Características acústicas (de la fuente)	Ejemplos
Pulso simple	Evento acústico individual	Explosiones individuales, bombas sónicas, cañones de aire comprimido, hincado de pilones, ping simple de ciertos sonar, sondas de profundidad y pingers.
Pulso múltiple	Eventos acústicos múltiples discreto	Explosiones en serio, bombas de aire comprimido secuencial, algunos sonares activos (IMAPS), algunas señales de sondas de profundidad.
Sin pulso	Eventos acústicos simples o múltiples estacionarios	Paso de buques y aviones, perforaciones, muchos tipos de construcciones industriales, alguno sistema sonar (LFA), mecanismos acústicos de disuasión y hostigamiento, fuentes de tomografía acústicas, algunas señales de sondas de profundidad

Tabla A1-2 Tipos de sonidos, características acústicas y ejemplos seleccionados de fuentes sonoras antropogénicas. [7]

Alteraciones o lesiones no auditivas

En las necropsias realizadas en los varamientos atípicos de zifios ocurridos en las Bahamas y en Canarias se encontraron hemorragias múltiples, especialmente en riñones, pulmones, ojos, cavidades orales, tejidos peribulbares y en los oídos internos, cavidades craneales, alrededor de las membranas intracraneales y a lo largo del tejido graso acústico.

Sin embargo, algunos casos de varamientos atípicos de zifios ocurrieron a raíz de una exposición a niveles sonoros inferiores a los que se consideran causa de TTS 125 dB o la formación de burbujas. Modelos de campo acústico del varamiento masivo de zifios en las Bahamas en el año 2000 mostraron que los individuos afectados fueron probablemente expuestos a niveles inferiores a 150-160 dB entre 50 y 150 segundos, pero los niveles recibidos la mayor parte del tiempo fueron seguramente bastante menores.

Estos niveles resultan muy inferiores a los que se sospechan pueden causar pérdida auditiva en pequeños odontocetos o a los que están utilizados por algunos órganos reguladores como aceptables o

seguros para tomar medidas de gestión. Todavía no existen datos sobre las características de las exposiciones que causarían PTS en los cetáceos. Los indicadores de trauma acústico están todavía excluidos de los protocolos estándar de necropsia y son a menudo difíciles de detectar por lo que el análisis puede dejar de lado indicaciones importantes de efectos o impacto de ruido. [1]

Formación de burbujas. Lesiones traumáticas debidas a accidentes

Las ondas de choque de alto nivel sonoro determinarían daños en los tejidos, particularmente en las interfaces entre tejidos de diferente densidad. La resonancia acústica introduciría también a una amplificación de presión en las cavidades aéreas de los mamíferos como respuesta al sonido. (Los mamíferos marinos contienen espacios aéreos en sus pulmones y tracto gastrointestinal, es posible que estos órganos sean particularmente vulnerables al daño producido por estas ondas).

Obviamente, los mamíferos marinos situados cerca de grandes explosiones tienen probabilidad de sufrir lesiones fatales en tejidos y órganos. En algunas áreas esto debe ser lo bastante común como para tener efectos significativos a largo plazo sobre las poblaciones. A pesar de que se venía aceptado previamente que los animales se desplazarían del área antes de que los niveles sonoros fueran tan altos como para provocar molestias, el hecho es que este no debe ser siempre el caso ya que se han efectuado estudios que demuestran que frente a ruidos industriales tan fuertes que mataron a dos cetáceos, no se observaron reacciones de comportamiento previos.

Estudios realizados, tanto *in vivo* como teóricos, relacionados con el daño en los tejidos de mamíferos terrestres, sostienen que el umbral de daño se situaría en el orden de 180–190 dB re 1 μ Pa.

Otras investigaciones sobre daños como consecuencia de explosiones indican que el impacto mecánico de la presión de un pulso de corta duración está relacionado con daños en los órganos. Se ha dado evidencia de muerte de dos yubartas después de una explosión cercana de 5000 Kg., en que el examen de los oídos reveló un significativo trauma por la explosión.

También se ha tenido en cuenta la irritación neuronal en el contexto de los cetáceos que realizan inmersiones a gran profundidad, los varamientos inducidos por sonares y la patología relacionada. Los mamíferos marinos que realizan inmersiones profundas no parecen tener necesidad de descompresión después de exposiciones a altas presiones, sin que se conozcan aun los mecanismos de protección que lo hacen posible.

Se ha demostrado que sonidos de 750 Hz pueden provocar burbujas en los fluidos corporales y se ha investigado también la posibilidad de que las frecuencias bajas modificaran la difusión, concluyendo que las burbujas producidas continuarían agrandándose hasta que se alcanzara su frecuencia de resonancia; es decir, a menor frecuencia se daría una mayor amplitud de resonancia. Por ejemplo, a 250 Hz la señal resultará en un crecimiento de burbuja teórico de hasta 1 cm. El gran tamaño de estas burbujas incrementa el potencial de bloquear arterias de diámetro medio. Los modelos teóricos demostraron que el crecimiento de las burbujas en un rango de frecuencias de 250-1000 Hz requiere una sobresaturación y un nivel de presión sonora muy alto para alcanzar grandes diámetros; no obstante, se alcanza el tamaño del diámetro de los capilares (10 μ m) en pocos minutos de presión sonora a niveles superiores a 190 dB.

Las necropsias de animales varados asociadas con el uso del sonar activo de media frecuencia en las Islas Canarias en el año 2002 y 2004, y en Almería en el año 2006 mostraron un síndrome de embolismo graso y gaseoso con síntomas que manifestaron cierta analogía con enfermedades relacionadas con la descompresión en humanos, aunque no hay un consenso científico en este aspecto.

Este mecanismo patológico puede ocasionar la muerte del animal en un periodo de tiempo corto, por ejemplo, por un posterior fallo cardiovascular severo

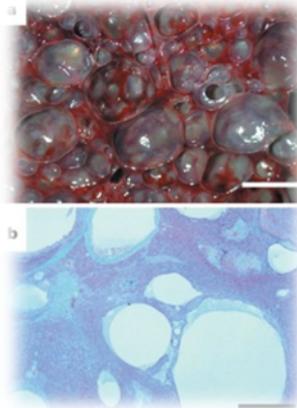


Figura A1-0-1 Burbujas de nitrógeno en el hígado de cetáceos
 (<http://esmateria.com/2012/07/17/canarias-demuestra-que-prohibir-sonar-militar-frena-muerte->

Estrés

El término estrés, en este contexto, se utiliza para describir cambios fisiológicos que ocurren en los sistemas inmune y neuroendocrino después de una exposición sonora.

Las respuestas fisiológicas al estrés todavía no se conocen completamente pero sí se han medido indicadores de estrés en mamíferos marinos. Por ejemplo, los delfines experimentaron cambios en el ritmo cardíaco como respuesta a una exposición sonora. Una beluga mostró un incremento del nivel de hormonas de estrés con un incremento del nivel de exposición.

El estrés prolongado inducido por el ruido puede llevar a disminuir la resistencia a enfermedades y desequilibrios endocrinos que pueden afectar la reproducción. Los mamíferos estresados producen normalmente un aumento de los niveles de hormonas a nivel cerebral, que puede llevar a efectos fisiológicos perjudiciales.

Los cetáceos exhiben síntomas de estrés similares a los de otros mamíferos y pueden ser especialmente sensibles. Es por lo tanto muy posible que cetáceos que residen en áreas afectadas por un ruido continuo de intensidad elevada, como rutas de tráfico marítimo o áreas costeras estén continuamente en riesgo de estrés relacionado con el ruido.

Hay ciertos comportamientos de los cetáceos que pueden ser indicativos de estrés. Por ejemplo, se ha observado en Hawai comportamientos inusuales en calderones, al parecer, como respuesta a un número elevado de barcos de avistamiento de cetáceos. Aunque se ha señalado que la presencia continua de cetáceos en áreas con muchos barcos y otras actividades ruidosas podría indicar que algunas especies son capaces de habituarse al ruido de origen antropogénico, también se ha observado que es probable de que los animales estén en un área, a pesar de las perturbaciones, si no tienen lugares alternativos que cumplan sus requisitos, y este factor puede inducir estrés.

Efectos de comportamiento

Las respuestas de cambio de comportamiento por el ruido son complejas y aun poco conocidas. Pueden depender de la sensibilidad auditiva, estado de comportamiento, habituación o desensibilización, edad, sexo, presencia de crías, localización de la exposición y proximidad a la costa.

Las respuestas a corto plazo de los cetáceos a fuentes sonoras de origen antropogénico comprenden inmersiones repentinas, huida de la fuente sonora, cambios en el comportamiento vocal, tiempos de inmersión mayores, intervalos a superficie más cortos con incremento de la tasa de respiración, intentos de protección de las crías, aumento de la velocidad de natación y abandono del área ruidosa. [1]

En general, los cetáceos son más sensibles a un sonido cuando es nuevo, o cuando su nivel de intensidad aumenta. Los umbrales de reacción también tienden a ser más pequeños para sonidos continuos que para pulsos, y menores para señales móviles o erráticas que para las estacionarias. El efecto del ruido que se observa más comúnmente en cetáceos, y probablemente el más difícil de evaluar a largo término, es la “perturbación”.

En cuanto al efecto en el largo plazo sobre cambios del comportamiento de individuos o poblaciones, se conoce aún muy poco. Sin embargo, es posible afirmar que las actividades de alimentación o migración inducidas por el ruido puede determinar una reducción en el aporte de comida o en desorientación. Los impactos perjudiciales serán más severos en casos donde los cetáceos son desplazados temporal o permanentemente de áreas que son importantes para la alimentación. Además, existen numerosos casos documentados de abandono de áreas por parte de los cetáceos que han sido sujetos a niveles altos de ruido.

El efecto directo del desplazamiento de poblaciones de cetáceos se desconoce, sin embargo es concebible que el desplazamiento de áreas cercanas a la costa como lugares de reproducción y de nacimiento de las crías, tendrán un impacto perjudicial sobre la supervivencia y crecimiento de la población. Dependiendo de las sensibilidades acústicas de las especies estudiadas reaccionaran de distinta forma a fuentes acústicas de características diferentes:

- *Cetáceos de baja frecuencia:* Existen estudios sobre un número moderado de especies y condiciones experimentales hasta el momento. Entre tales estudios podemos citar el caso de ballenas de Groenlandia, que durante su migración empezaron a mostrar signos de perturbación de su comportamiento como consecuencia del empleo de cañones de aire comprimido utilizados en exploraciones sísmicas a niveles recibidos sobre los 120 dB re 1 μ Pa. Otras especies estudiadas empezaron a mostrar estos signos a niveles recibidos sobre los 140 a re 1 μ Pa o incluso superiores para fuentes sonoras de la misma naturaleza. Cuando estas especies se vieron expuestas a fuentes de origen industrial, sonar, de tomografía o de investigación los resultados indicaron que no había respuesta a niveles recibidos de 90 a 120 dB re 1 μ Pa, incrementando la probabilidad de evasión y otros efectos comportamentales a niveles de 120 a 160 dB re 1 μ Pa.

Como vemos, estos datos también indican una considerable variabilidad en los niveles recibidos asociada con las respuestas comportamentales. *Otras variables como la proximidad de la fuente, su novedad, o las características operacionales, parecen ser al menos tan importantes como el nivel de exposición a la hora de predecir el tipo y magnitud de la respuesta.*

- *Cetáceos de media frecuencia:* Se han documentado respuestas de cetáceos sensibles a las medias frecuencias frente a fuentes emisoras tales como barcos, dispositivos acústicos, actividades industriales y sonar activo de media frecuencia. Estos estudios no han obtenido conclusiones claras sobre la coincidencia de los niveles recibidos con las respuestas comportamentales.

Por ejemplo, se han dado casos de individuos que muestran respuestas comportamentales graves a exposiciones entre 90 y 120 dB re 1 μ Pa, mientras que otros no exhiben estas respuestas ni siquiera a niveles recibidos de exposición de 120 a 150 dB re 1 μ Pa. Parece que estas variaciones en la respuesta se podrían explicar a partir de diferencias entre especies e incluso entre individuos, más que a partir de los niveles recibidos.

También se ha detectado una gran diferencia en las reacciones de animales en libertad y en cautividad; estos últimos normalmente exceden los 170 dB re 1 μ Pa antes de inducir una respuesta comportamental. Unos cachalotes expuestas a fuentes artificiales de 190 dB re 1 μ Pa ignoraron estas mismas fuentes después de una primera reacción de huida, probablemente debido a su necesidad de permanecer en contacto acústico con el resto de su grupo.

- *Cetáceos de alta frecuencia:* Se han realizado estudios sobre la reacción de cetáceos que tienen mayor sensibilidad en las altas frecuencias a varios dispositivos acústicos en situaciones tanto de libertad como de cautividad.

Una de las conclusiones obtenidas se refiere, por ejemplo, al hecho de que las marsopas comunes son muy sensibles a un rango muy amplio de sonidos antropogénicos a unos niveles de exposición muy bajos (unos 90 a 120 dB re 1 μ Pa), al menos para exposiciones iniciales. Todas las exposiciones grabadas que excedieron los 140 dB re 1 μ Pa indujeron un comportamiento de evasión en marsopas en libertad. La habituación a la exposición sonora se observó en algunos estudios pero no en todos. Parece que las reacciones iniciales muy fuertes a niveles relativamente bajos pueden disminuir en algunas condiciones con la exposición repetida y la experiencia del sujeto, que se “acostumbra”.



Figura A1-0-2 Zifio de Cuvier (http://latin.wdcs.org/graphics_bin/northern_bn_whale02.jpg)

Significación biológica de los cambios de comportamiento

Es extremadamente difícil hacer una evaluación de las respuestas al sonido antropogénico en el comportamiento de los mamíferos marinos. Para detectar cualquier cambio resulta importante tener una comprensión básica suficientemente precisa de la "conducta normal" de los animales, que viven la mayor parte de su tiempo sumergidos y no se pueden observar fácilmente. Un reto aún mayor se está vinculando el comportamiento animal a los efectos del sonido y otros factores en todas las situaciones y etapas de la vida, teniendo en cuenta que las reacciones pueden variar con respecto a las especies, los individuos, la edad, el sexo, o la experiencia previa.

Cambios en el comportamiento, por ejemplo en el ritmo de alimentación, a continuación han de traducirse en alguna medida biológica importante, como la tasa de natalidad o salud de la población, para tener una idea de los efectos biológicos o poblacionales. Por último, se debe ser capaz de relacionar estos cambios fundamentalmente a la exposición al sonido, en lugar de otros factores como las condiciones ambientales.

Fuera de cautividad no se pueden observar la mayoría de las respuestas conductuales y de otros posibles efectos debido a la dificultad inherente de su reconocimiento en el mar. Sin embargo, la falta de observación de tales efectos no necesariamente implica su ausencia. Es probable que los cetáceos muertos o heridos en alta mar, por ejemplo, permanezcan sin ser detectados, dado que las carcadas se hunden o son depredadas por carroñeros, de modo que los animales tenderán a encallar cuando resulten heridos cerca de la costa. Los efectos sutiles no mortales son incluso más difíciles de estimar y más aún cuando se estudian animales con cerebros grandes y comportamientos complejos, como los cetáceos, en medios no controlados.

La cuestión de si una reacción en la conducta constituye un "efecto biológicamente significativo" en el contexto de perturbación acústica es compleja, se considera controvertida y, por tanto, no se ha resuelto todavía. Además, los impactos en la población son difíciles de detectar en los mamíferos marinos. Una de las razones es que las estimaciones de población para la mayoría de las especies marinas son imprecisas con intervalos de confianza cada vez mayor con la irregularidad de abundancia. Aún más difícil es vincular la disminución de la población, cuando sea detectable, a relaciones de causa única, tales como los impactos del sonido antropogénico. Los efectos acumulativos de diferentes factores de estrés y su alcance son imposibles de detectar y demostrar en la mayoría de los casos. [1]

Otras limitaciones mencionadas son las siguientes:

- Los cambios de comportamiento, que tendrían efectos insignificantes en circunstancias normales, pueden llegar a ser significativos en circunstancias anormales.
- Los efectos que serían insignificantes en una población cerca de su capacidad de carga llegan a ser significativos en una población disminuida.

Estos son ejemplos de actividades biológicamente significativas que pueden estar relacionados con efectos adversos sobre los cetáceos:

- Los aspectos básicos son demográficos (efectos sobre el crecimiento, la supervivencia y la reproducción).
- Crecimiento.

- Reproducción (conducta de apareamiento)
- Evasión de ruidos y la calidad del hábitat

Otros estudios consideran una alteración biológicamente insignificativa si una alteración de comportamiento resultante de la exposición al sonido tiene una duración menor de 24 horas y, para un individuo dado, se produce sólo una vez durante un período prolongado de tiempo, a menos que haya pruebas en contrario específicas.

Como alternativa se propuso un "enfoque de criterio único" y la "función dosis-respuesta" para hacer frente a la variabilidad y la perturbación del comportamiento. No existe ninguna presión acústica ni nivel de exposición sonora por encima de la cual la alteración significativa de comportamiento siempre se produce y por debajo del cual nunca ocurre para la mayoría de las exposiciones al sonido.

La proporción de mamíferos que muestran respuestas significativas depende de muchos factores, pero esa proporción tiende a ser más alta con mayor exposición. Esta situación argumenta a favor de un tipo de enfoque de dosis respuesta para dar cuenta de la relación cuantitativa entre la exposición al sonido y la probabilidad de perturbación significativa. También deben considerarse efectos en la percepción, tales como el enmascaramiento de señales de interés para las funciones biológicas. El aumento continuo en los niveles de ruido de fondo tiene un gran potencial para reducir los intervalos en que los cetáceos pueden localizar sus alimentos o comunicar, entre otras funciones relacionadas con la supervivencia de individuos y poblaciones.

ANEXO II: CONCLUSIONES DEL ESTUDIO ANATOMO-PATOLÓGICO DE LOS VARAMIENTOS MASIVOS EN FUERTEVENTURA Y LANZAROTE

UNIDAD DE ANATOMÍA PATOLÓGICA
FACULTAD DE VETERINARIA – UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE
GRAN CANARIA

Sobre la base del estado de frescura y autólisis (putrefacción) de los tejidos de los zifios analizados (macro y microscópicamente), se puede concluir que los 10 animales murieron en un intervalo de 24 horas, que vendría determinado por un periodo anterior y posterior de 6 a 12 horas de la aparición del primer animal varado (aproximadamente 7 de la mañana del día 24 de Septiembre de 2002). [11]

La condición general corporal de buena o muy buena de todos los animales necropsiados (excepto uno), y las observaciones macroscópicas y microscópicas de los órganos y tejidos analizados, descartan que los zifios estudiados padecieran algún tipo de enfermedad consuntiva de naturaleza infecciosa, degenerativa o neoplásica, ni lesiones compatibles con traumatismo (“in vivo”) provocado por embarcaciones u otros objetos, ni tampoco compatibles con la interacción con artes pesca.

La cantidad, grado de frescura y digestión de los cefalópodos y crustáceos encontrados en el contenido estomacal de los 6 primeros zifios necropsiados (cet 180-185 Informe SECAC- Sociedad para el Estudio de los Cetáceos en el Archipiélago Canario) y en los cet 186 y 188, junto a la intensa hiperemia de la pared gastrointestinal indica, y refuerza, las dos anteriores conclusiones. Esto es, el tiempo de la muerte de los animales “post-*causa*” fue corto dado el grado de digestión de estos organismos. Y por otra parte, apoya el hecho de la buena salud de los animales previa a la “acción-*causal*”.

El estudio lesional macroscópico en todos los zifios necropsiados mostró un cuadro congestivo-hemorrágico constante de patrón multiorgánico y con una intensidad de moderada a severa, según el órgano y el animal analizado. El estudio lesional microscópico corroboró el macroscópico, confirmando la temporalidad “*antemortem*” de las lesiones hemorrágicas en los animales más frescos (Cet 180-186).

De los órganos estudiados, el encéfalo fue en el que se observaron lesiones congestivas hemorrágicas con mayor grado de intensidad. Una lesión constante en estos animales, fue la presencia de hemorragias capsulares y subcapulares de distinta intensidad en los espacios interreniculares del riñón. Estas lesiones no son frecuentes en los cetáceos, varados individualmente (según el “*Estudio patológico de los cetáceos varados en las Islas Canarias: 1999-2002*” tesis doctoral (M. Arbelo), en redacción).

Atendiendo al estudio lesional observado en estos animales, y descartando en los mismos, la presencia de las patologías más frecuentes descritas en cetáceos varados en las Islas Canarias, podemos establecer que este cuadro lesional es muy similar (con significativamente más datos patológicos) al descrito en el informe “Joint Interim Report, Diciembre 2001” (US department of Commerce and Secretary of US Navy), correspondiente al varamiento masivo de zifios ocurrido en las Bahamas en marzo de 2000, en cual se indica el patrón lesional basado en el estudio de los animales más frescos era consistente con un trauma acústico.

Las lesiones macro y microscópicas descritas previamente establecen que el único diagnóstico que hasta el momento no puede ser descartado como causa de las lesiones encontradas en estos animales, es el inducido por una señal acústica intensa.

Nuestra conclusión-hipótesis del varamiento y muerte de los zifios analizados es la siguiente: Todos los animales sufrieron la “acción-causal” en el mismo intervalo de tiempo, provocando la misma, lesiones vasculares que comprometieron el normal funcionamiento de los órganos afectados.

Como consecuencia de esta disfunción algunos animales vararon vivos pudiendo morir otros antes de varar. La muerte de estos animales se produjo por un shock hemorrágico agudo-subagudo, que se complicó en los animales varados vivos con fenómenos de estrés asociados al síndrome del varamiento y muerte por colapso cardiocirculatorio



Figura A2-0-1 Fotos informe 1 [11]



Figura A2-0-2 Foto informe 2 [11]



Figura A2-0-3 Foto informe 3 [11]

ANEXO III: GUÍA DE IDENTIFICACIÓN DE CETÁCEOS

Introducción

El objetivo de la Armada Española es proteger los intereses españoles, entre ellos, el entorno en el que realiza la mayor parte de sus cometidos: el medio marino. Fruto del afán por prevenir y mitigar cualquier impacto que toda actividad humana produce en el medioambiente surgió la Instrucción Permanente de ALMART número 2.21/08. En ella se recomiendan medidas de mitigación de impacto ambiental y se dan instrucciones para la creación de una base de datos de avistamiento de cetáceos desde los buques de la Armada. El objetivo de esta publicación, es mejorar la calidad de estos datos tomados a bordo de los buques.

Las especies que se presentan en esta publicación son las más comunes de avistar en aguas jurisdiccionales españolas. El formulario de avistamiento de cetáceos está disponible en la dirección: <http://westcai.mdef.es/REA/cetaceos.htm>; su posterior remisión se efectuará a las siguientes direcciones: [23]

Pautas de mitigación

- De acuerdo con la instrucción permanente de la Flota 3111/2008, se regulan las acciones para reducir el impacto medioambiental de transmisiones sonar.

- El CMRE (Centre for Maritime Research and Experimentation) ha publicado pautas a seguir sobre mitigación de cetáceos donde se explican las pautas a seguir en la mar.

- Los estudios realizados sobre el efecto que ejercen determinados sonares entre el rango de frecuencias (1-10 kHz) no son concluyentes pero para evitar circunstancias como las acaecidas en las maniobras militares TAPON 02 en aguas de Canarias se han establecido unas normas básicas de actuación para los buques militares:

Procedimientos:

- Objetivo 1: Debido que aún no está científicamente demostrado que el empleo de determinadas frecuencias (1-10 kHz), se deben minimizar al máximo el empleo de sonares en aquellas áreas donde pueda haber poblaciones de zifios.

- Objetivo 2: En caso de que haya indicios evidentes de poblaciones de zifios, los sonares deben de regularse a niveles de presión hasta 130 dB - 1 μ Pa sobre toda la columna de agua.

- Objetivo 3: Siempre que sea posible se intentará establecer las áreas de operaciones fuera de aquellas áreas donde se tenga constancia de poblaciones de zifios. En caso de que no sea posible: líneas de búsqueda con el sonar deben de ser de aguas poco profundas hasta aguas profundas.

En la mar:

a) Antes TX sonar:

- Briefing y adiestramiento al personal encargado de monitorizar los sonares, los zifios no son fáciles de detectar.
- Siempre que sea posible empleo de medios aéreos para posibles avistamientos visuales.
- Alertar al resto de unidades de avistamientos visuales de cetáceos.
- 30 minutos antes de las transmisiones, realizar tránsito a la zona de operaciones adiestrando al personal en las especies con mayor probabilidad de poblaciones permanentes.

b) Procedimientos de subida progresiva de intensidad de TX:

- En caso de que no se hayan realizado avistamientos visuales, cada minuto transmitir desde la fuente con intensidad de la fuente de 150 dB - 1 μ Pa hasta la potencia de trabajo en incrementos similares cada 30 minutos.
- Cuando se empleen explosivos, el procedimiento debe ser similar a lo citado anteriormente.
- En caso de avistamiento o detección de zifios dentro de los alcances, se paralizará automáticamente la transmisión.

c) Procedimientos durante la transmisión:

- Intentar que la potencia de salida sea lo menor posible, dentro de las necesidades de trabajo.
- En caso de que los trabajos se paralizen durante un periodo superior a los 30 minutos, se procederá al proceso de subida progresiva de potencia de salida.
- Para transmisiones en activo, y durante la noche, deben de empezar al menos 30 minutos antes para poder realizar el proceso de subida progresiva de potencia. En caso de que se paralice la transmisión durante la noche, no se podrá empezar la transmisión hasta después del amanecer.
- En caso de detección o avistamiento se informará del suceso conforme al formato de avistamiento de cetáceos existent

Descripción de cetáceos

Definición y Taxonomía: Los cetáceos, son un orden de mamíferos placentarios que viven exclusivamente en ambiente acuático, no necesitando de tierra firme para parir; abarcan las ballenas, los delfines y las marsopas. El orden está constituido por unas ochenta especies vivientes clasificadas en dos subórdenes: Mysticetos (ballenas con barbas, que se alimentan filtrando el alimento del agua) y Odontocetos (animales cazadores, con una dentición homodonta - todos los dientes iguales). [23]

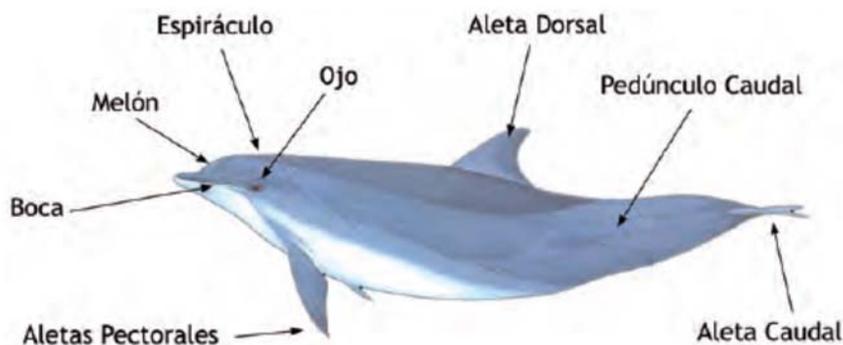


Figura A3-0-1 Partes de un cetáceo [23]

Morfología: Animales fusiformes adaptados a la vida acuática, las extremidades anteriores se han convertido en las aletas pectorales o torácicas y las extremidades posteriores en el pedúnculo y la aleta caudal.

Comportamiento: Los cetáceos en general son gregarios, viven en grupos más o menos numerosos dependiendo de la especie. Las ballenas pueden formar manadas de 2 a 10 individuos, mientras que algunos delfines pueden juntarse en grupos de cientos. Con la excepción de los calderones y las orcas, los grupos de cetáceos se dividen por sexos. Por un lado se forman grupos de madres con sus crías, y por otro, grupos de machos adultos. Ambos grupos se reúnen solamente cuando quieren reproducirse.

Hay especies aparentemente más activas que otras. Hay delfines que saltan con frecuencia, les gusta surfear las olas, curiosear a las embarcaciones, etc... Otras, en cambio, les gusta mantenerse apartadas del hombre, en la medida de sus posibilidades, como los zifios.

- **Delfín común (*Delphinus delphis*)**

Descripción: El delfín común destaca por un pico corto y un cuerpo alargado y esbelto. Posee una aleta dorsal colocada en la mitad de su cuerpo de tamaño grande. Posee un cuerpo de color grisáceo excepto el dorso, el cual es de color marrón oscuro y la zona ventral blanca, su marca más identificativa es el «ocho» que tiene dibujado en su lomo.

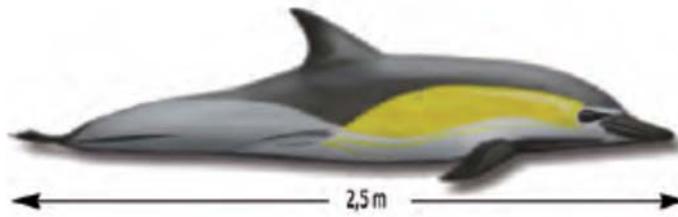


Figura A3--0-2 Delfín común 1 [23]

Longitud máxima: 2,50 m
Peso máximo: 110 kg

Distribución: Tiene una amplia distribución, encontrándose diferentes poblaciones en todos los océanos. Se le encuentra en muchos mares cerrados y es raramente observado en aguas de menos de 180 m de profundidad.

Comportamiento: El delfín común es frecuentemente encontrado en grupos grandes y socialmente activos. El tamaño de estos grupos depende del momento del día y de la estación del año. Son nadadores rápidos y disfrutan de realizar acrobacias y saltos. Realiza buceos cortos de 10 segundos a 2 minutos, aunque también se han registrado buceos de 8 minutos.



Figura A3-0-3 Delfín común 2 [23]

Delfín listado (*Stenella coeruleoalba*)

Descripción: El tamaño y la forma del cuerpo de esta especie se asemejan al delfín común. Su región dorsal es gris azulado a gris amarronado, con un vientre blanco o rosado. La característica más reconocible es un listón que corre desde el pico oscuro, por encima del ojo, atravesando los flancos y descendiendo hacia el vientre en la región posterior del cuerpo. Un segundo listón corre por debajo del ojo hasta la inserción de las aletas pectorales. Puede o no presentar un parche negro alrededor de cada ojo.

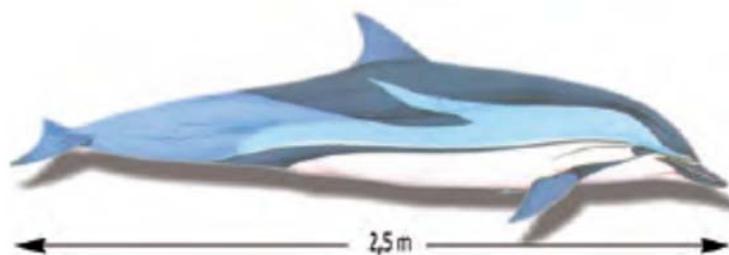


Figura A3-0-4 Delfín listado 1 [23]

Longitud máxima: 2,50 m
Peso máximo: 160 kg

Distribución: Se distribuye en los océanos de todo el mundo, prefiriendo aguas oceánicas en zonas templadas y tropicales.

Comportamiento: Se desplazan generalmente en grupos numerosos, de unas pocas docenas hasta 500 animales. Son animales curiosos, y generalmente nadan en la proa de las embarcaciones, a veces acercándose desde cierta distancia. Se los puede ver asociados con el delfín común, aunque son fácilmente diferenciables por su patrón de coloración.

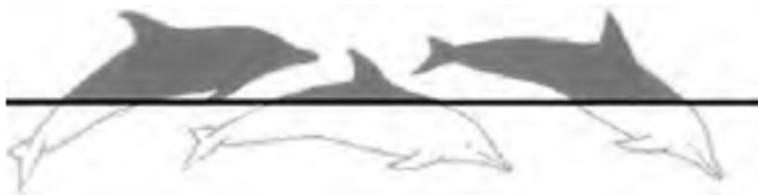


Figura A3-0-5 Delfin Listado 2 [23]

Delfín moteado del Atlántico (*Stenella frontalis*)

Descripción: Es un animal robusto, compacto, con un pico moderadamente largo y fornido. El pico tiene una punta blanca y puede presentar «labios» blancos. Las aletas pectorales curvadas tienen una base ancha y extremos puntiagudos, y usualmente carecen de manchas. La coloración básica consiste en un manto oscuro, flancos grises, y una zona ventral blanquecina. Las manchas son oscuras sobre el vientre y claras sobre el dorso.



Figura A3-0-6 Delfín moteado del atlántico 1 [23]

Longitud máxima: 2,30 m

Peso máximo: 140 kg

Distribución: Sólo puede ser encontrado en aguas templadas y tropicales del océano Atlántico.

Comportamiento: Es muy activo en superficie. Es un nadador rápido y frecuentemente salta, realizando extensos saltos bajos. Son nadadores ávidos en la proa de las embarcaciones y se sabe que se acercan a los botes a distancia. Se los encuentra en grupos de 5-15 individuos en las poblaciones costeras y, generalmente, se los encuentra en números mayores en poblaciones offshore.

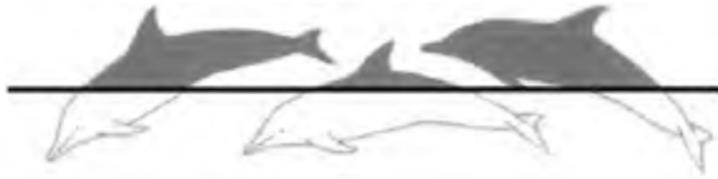


Figura A3-0-7 Delfín moteado del Atlántico 2 [23]

Delfín mular (*Tursiops truncatus*)

Descripción: De aspecto robusto, rostro corto, ancho y redondeado con la mandíbula superior más corta. La aleta dorsal curvada y en el centro de la espalda, pectorales proporcionadas. Gris oscuro en el dorso que se va degradando (más claro) hacia las zonas inferiores. La región ventral blanquecina o rosada.

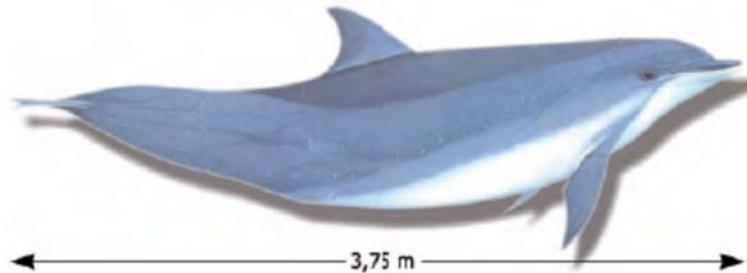


Figura A3-0-8 Delfín mular 1 [23]

Longitud máxima: 3,75 m

Peso máximo: 650 kg

Distribución: Se distribuye por todas las aguas templadas y cálidas del mundo.

Comportamiento: La unidad social más frecuente son los grupos formados por 7-10 ejemplares que a veces se reúnen y forman manadas muy numerosas. Cerca de la costa son frecuentes los grupos de hembras y juveniles, de tamaño algo menor que los machos. Los machos adultos se alejan más y es frecuente verlos a 4 o 5 millas.



Figura A3-0-9 Delfín mular 2 [23]

Calderón gris (*Grampus griseus*)

Descripción: El cuerpo de un adulto es generalmente gris, coloración que se ve disimulada por el patrón de cicatrices blancas que aumentan con la edad. Carecen de pico prominente y presentan una frente bulbosa y una línea de la boca que se curva hacia arriba. Su aleta dorsal es alta y falcada y las aletas pectorales son largas y en forma de hoz.



Figura A3-0-10 Calderón gris 1 [23]

Longitud máxima: 3,8 m

Peso máximo: 500 kg

Distribución: Esta especie posee una amplia distribución y se la puede encontrar en aguas templadas y tropicales de todos los océanos.

Comportamiento: Son muy activos en superficie exhibiendo una variedad de comportamientos que incluyen saltos y espionajes. Estos delfines no suelen nadar en la proa de las embarcaciones, pero pueden ser vistos desplazándose en la estela de las mismas o surfeando olas. Se mueven generalmente en grupos de entre 10 y 50 individuos. Esta especie generalmente prefiere aguas profundas y oceánicas.

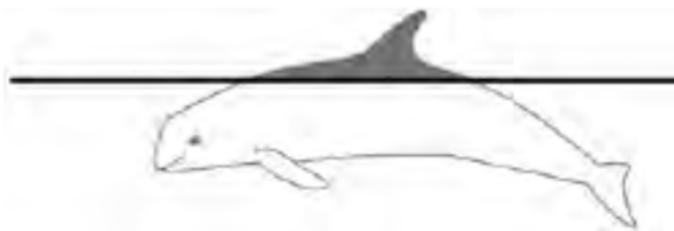


Figura A3-0-11 Calderón gris 2 [23]

Marsopa común (*Phocoena phocoena*)

Descripción: Posee una cabeza pequeña y redondeada que cae hacia la boca, con una frente chata y no posee pico prominente. Presenta labios y mentón negros. Posee un cuerpo robusto y oscuro, con un vientre blanco o gris pálido. Presenta una aleta dorsal triangular de puntas romas que se inserta justo detrás del centro del dorso, y aletas pectorales pequeñas, ligeramente redondeadas.

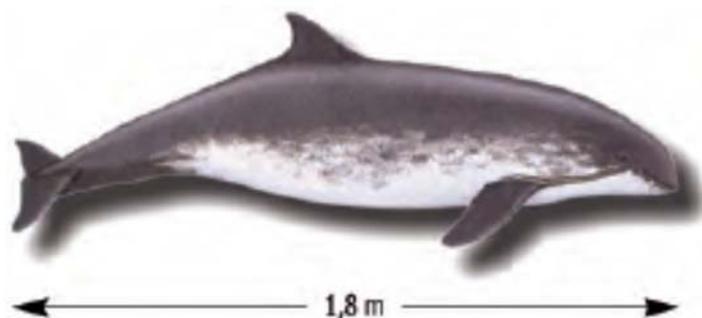


Figura A3-0-12 Marsopa común 1 [23]

Longitud máxima: 1,80 m

Peso máximo: 76 kg

Distribución: Puede ser encontrada en aguas costeras subárticas y aguas templadas y frías del Atlántico y Pacífico Norte. Frecuentemente visitan bahías poco profundas, estuarios y canales de marea de menos de 200 m de profundidad, y son conocidas por remontar ríos. La mayoría de los avistamientos ocurren dentro de los 10 km cercanos a la costa.

Comportamiento: Mantiene un bajo perfil en el agua, pero su pequeño tamaño, natación característica y pequeña aleta dorsal triangular, la vuelven razonablemente fácil de identificar. Con frecuencia nadan lentamente de forma solitaria o en pequeños grupos y pueden bucear hasta 6 minutos.

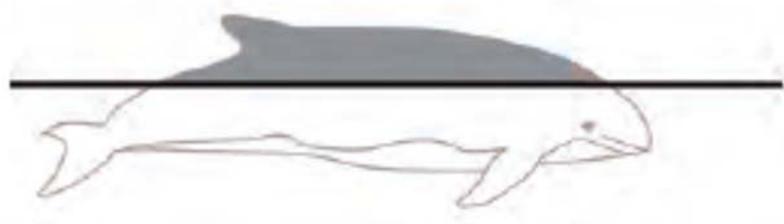


Figura A3-0-13 Marsopa común 2 [23]

Calderón común (Globicephala melas)

Descripción: Cetáceo de cuerpo robusto. Su principal característica es una cabeza con un melón exagerado, el cuerpo es cilíndrico, la aleta dorsal se encuentra situada en la mitad anterior del cuerpo, las aletas pectorales están situadas más cerca de la cabeza. Adultos negruzcos o gris oscuro; en la zona ventral presentan una gran mancha con forma de ancla de tonos claros, y tras la aleta dorsal hay otra mancha con forma de silla de montar.

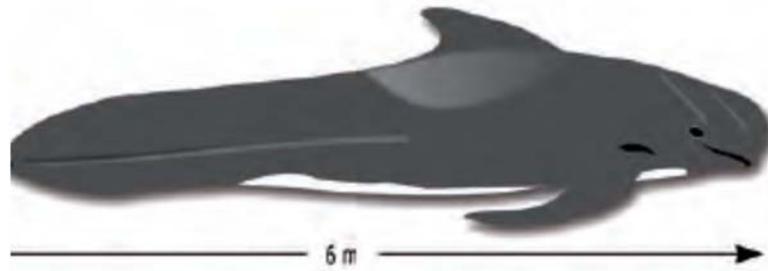


Figura A3-0-14 Calderón Común 1 [23]

Longitud máxima: 6 m

Peso máximo: 2.300 kg

Distribución: Vive en aguas templadas y subpolares (0-25°C), bien mar adentro o bien cerca de la costa, generalmente al borde de la plataforma continental, e incluso a veces entra en rías en busca de alimento.

Comportamiento: Se trata de una especie gregaria y altamente social que, normalmente, viaja en pequeños grupos de 4 a 6 individuos, pero muchas veces se les observa en grupos de hasta 50 o varios centenares. Puede realizar inmersiones de hasta 600 m.

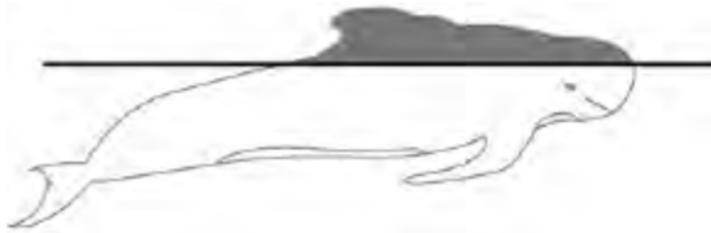


Figura A3-0-15 Calderón común 2 [23]

Calderón tropical (*Globicephala macrorhynchus*)

Descripción: Presentan un cuerpo robusto, frente bulbosa y carecen de pico prominente. Las aletas pectorales son largas, terminadas en punta, aunque en el calderón de aleta corta son más curvadas que en el calderón de aleta larga. La aleta dorsal está posicionada hacia atrás. Poseen una coloración negra o gris oscura con un manto gris claro por detrás de la aleta dorsal. Poseen parches en forma de ancla grises o casi blancos que corre diagonalmente hacia arriba por detrás de cada ojo.

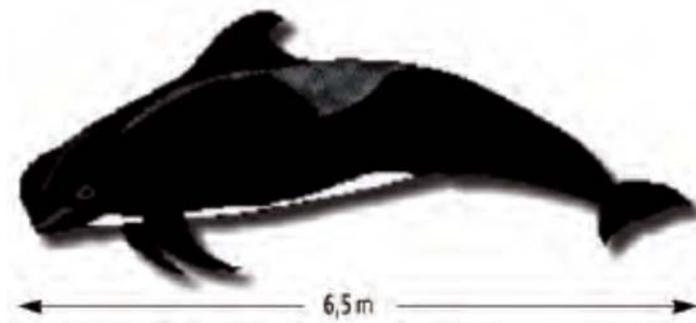


Figura A3-0-16 Calderón tropical 1 [23]

Longitud máxima: 6,5 m
Peso máximo: 3.600 kg

Distribución: Se ha llegado a encontrar en la costa de Francia, pero las zonas más comunes para observar esta especie incluyen el Mar Caribe, el Golfo de México e islas oceánicas del Noroeste de África (Islas Canarias).

Comportamiento: Son animales muy sociables y raramente se los encuentra solos. Se les suele ver en grupos de 15 a 50 animales, aunque algunos grupos llegan a los 60 ejemplares. Frecuentemente son vistos flotando en superficie y permiten que las embarcaciones se acerquen a corta distancia. Raramente saltan.

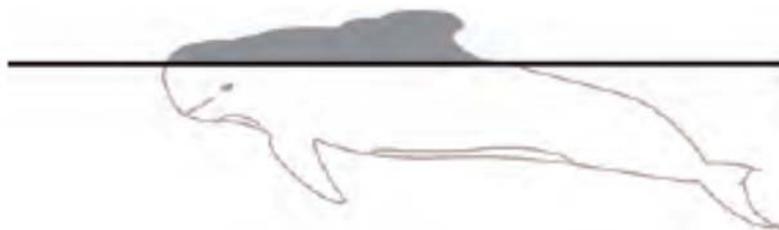


Figura A3-0-17 Calderón tropical 2 [23]

Cachalote (*Physeter macrocephalus*)

Descripción: Esta especie pertenece a la familia de los cetáceos dentados (Odontocetos). El soplido es característico ya que no es vertical sino oblicuo. La cabeza es cuadrada y de gran tamaño, su piel es rugosa de color gris oscuro, gris parduzco o marrón grisáceo, con marcas blancas alrededor de la mandíbula y vientre. Los cachalotes poseen aletas pectorales relativamente cortas y redondeadas, y presentan una joroba baja en lugar de aleta dorsal, la aleta caudal es triangular y se eleva cuando el animal se sumerge.

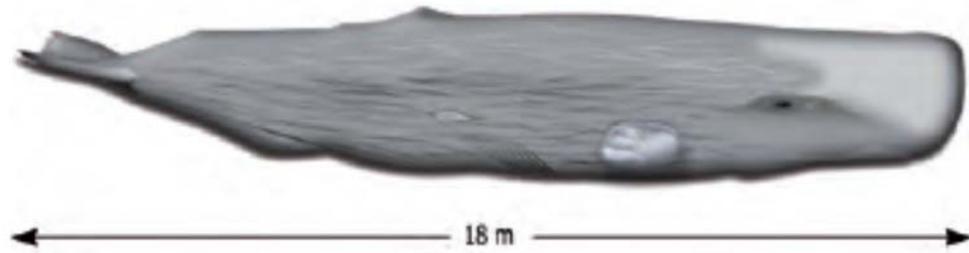


Figura A3-0-18 Cachalote 1 [23]

Longitud máxima: 18 m

Peso máximo: 57.000 kg

Distribución: Pueden ser encontrados en todos los océanos del mundo.

Comportamiento: Generalmente pueden bucear hasta 400 m de profundidad, pero pueden hacerlo hasta 2-3 km. El tiempo promedio de cada buceo es de aproximadamente 45 minutos, pero se cree que pueden estar sumergidos por más de dos horas. Los cachalotes pueden ser bastante gregarios. Los machos más viejos tienden a ser solitarios o vivir en grupos muy pequeños. Los cachalotes saltan y dan golpes de cola.



Figura A3-0-19 Cachalote 2 [23]

Orca (*Orcinus orca*)

Descripción: Cuerpo negro, vientre blanco, parche blanco por arriba y detrás del ojo y una «montura» gris ubicada detrás de su aleta dorsal. Alcanzando hasta 10 m de longitud, los machos son más grandes que las hembras y tienen una aleta dorsal alta, que puede llegar a medir 2 metros de altura. Esta característica la vuelve notablemente visible y casi inconfundible en el mar.

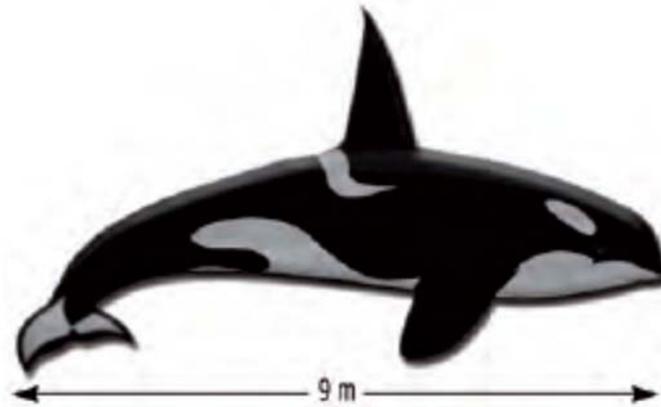


Figura A3-0-20 Orca 1 [23]

Longitud máxima: 9,00 m
Peso máximo: 10.000 kg

Distribución: Se encuentran en todos los mares del mundo.

Comportamiento: Son nadadoras extremadamente rápidas, alcanzando los 54 km/h. Las orcas son los mayores predadores del mar. Son muy inteligentes, se adaptan fácilmente y son capaces de comunicarse y coordinar tácticas de cacería. Dependiendo de su estructura social y su localización, las orcas se alimentan de peces, calamares, focas, lobos marinos, aves marinas e incluso ballenas mucho más grandes que ellas.



Figura A3-0-21 Orca 2 [23]

Zifio común (*Ziphius cavirostris*)

Descripción: Puede ser identificado por su cuerpo robusto, pico corto y coloración única. El color del cuerpo es gris oscuro a marrón cobrizo mientras que la cabeza es sustancialmente más pálida, casi blanca. Todos los animales tienen una línea curvada en la boca. Las aletas pectorales son pequeñas y redondeadas. La pequeña aleta dorsal está ubicada en el tercio posterior de su cuerpo.

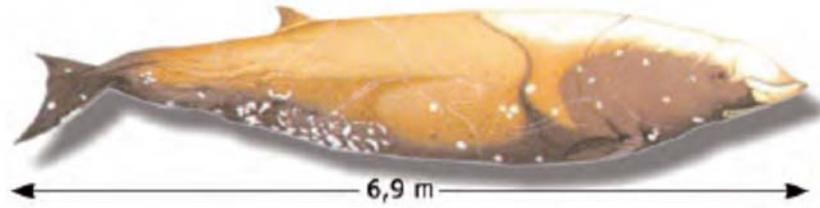


Figura A3-0-22 Zifio común 1 [23]

Longitud máxima: 6,90 m

Peso máximo: 3.000 kg

Distribución: Viven virtualmente en todos los mares profundos, excepto en las regiones polares. Generalmente son estudiados alrededor de islas oceánicas donde el agua profunda está cerca de la costa.

Comportamiento: Es un buceador de profundidades, alcanzando regularmente profundidades de 2000 metros o más, donde caza. El tamaño grupal es pequeño (quizás 2-7 individuos), aunque se han observado animales solitarios. Es poco lo que se sabe sobre sus hábitos sociales. Si bien no nada en la proa de las embarcaciones, ocasionalmente puede saltar.



Figura A3-0-23 Zifio común 2 [23]

Rorcual común (*Balaenoptera physalus*)

Descripción: Cetáceo misticeto de la familia Balaenopteridae que puede llegar a alcanzar una longitud de 27 metros y un peso de 68.000 kilos, lo que le convierte en el segundo animal más grande del planeta. Su cuerpo es largo y estilizado, de un color gris parduzco, menos en su parte inferior, que es blanquecino.

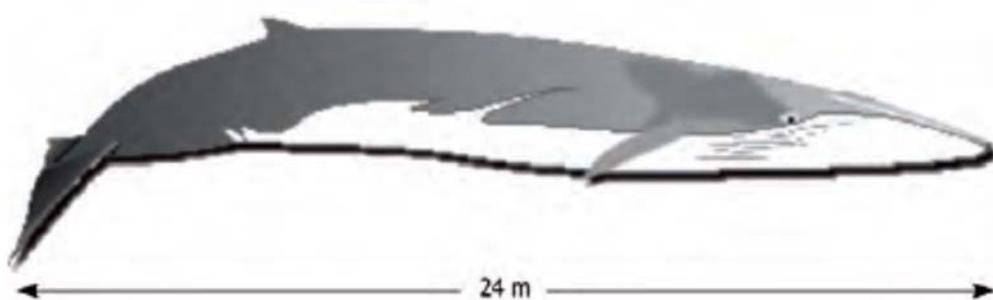


Figura A3-0-24 Rorcual Común [23]

Longitud máxima: 24 m
Peso máximo: 68.000 kg

Distribución: Puede verse en los principales océanos del planeta, desde las aguas polares a las tropicales. La mayoría de los rorcuales comunes, pasan la mayor parte de su tiempo en aguas más frías.

Comportamiento: El rorcual común es capaz de bucear hasta profundidades de 800 metros. También se encuentran entre los cetáceos más rápidos, llegando a velocidades de 25 millas por hora. Tienden a crear pequeños grupos, de 6 a 10 individuos, aunque durante el período de migración los grupos pueden alcanzar hasta cerca de 100 miembros.



Figura A3-0-25 Rorcual Común 2 [23]

ANEXO IV: CACHALOTES EN EL ESTRECHO DE GIBRALTAR

Descripción. Identificación útil para su detección visual.



Figura A4-0-1 Cachalote 1 [12]

Cetáceo de gran tamaño, cuerpo compacto, y una cabeza grande y cuadrangular que representa hasta un tercio de la longitud total del cuerpo. La posición del aventador es excepcional, ya que está situado en la parte frontal izquierda de la cabeza, en vez de estar centrado en la parte superior de la cabeza. En el tercio posterior de la espalda, presenta una giba seguida de unas protuberancias. Las aletas pectorales son casi rectangulares. La piel tiene un aspecto arrugado. [12]

Tamaño: Los machos adultos miden de 12 a 19 m de longitud y las hembras son algo menores: de 8 a 12 m. Al nacer, las crías miden aproximadamente 4 m.

Dentición: Tienen de 19 a 24 dientes en cada lado del maxilar inferior. Los dientes no se desarrollan hasta que el animal tiene 12 años.

Pigmentación: La mayor parte del cuerpo del cachalote es de un color homogéneo que oscila entre el marrón oscuro y el negro azulado. Presenta áreas blancas en la mandíbula y alrededor de la hendidura genital.

Variación: Los machos son mayores y más pesados que las hembras. La giba de mayor tamaño puede tener una forma parecida a la de una aleta dorsal o estar ausente. Sólo se ve una serie de pequeñas protuberancias.

Comportamiento: Forma grupos de 10 a 15 animales. Las hembras forman grupos con crías de ambos sexos. Las hembras defienden a las crías contra los ataques de los depredadores adoptando una formación en margarita; esto es, las madres se colocan en círculo alrededor de las crías, con la cabeza hacia el centro de la formación y la cola orientada hacia los atacantes.

Localizan el alimento mediante la emisión de pulsos acústicos. Cuando se sumergen a gran profundidad, los cachalotes sacan la cola fuera del agua. El soplo está dirigido oblicuamente hacia delante y hacia la izquierda. Probablemente los cachalotes son capaces de sumergirse hasta 3.000 m y permanecer bajo el agua hasta 2 horas seguidas.

Reproducción: Las crías nacen entre julio y noviembre. La gestación dura de 14 a 16 meses y la lactancia hasta 2 años. Las hembras dan a luz una cría cada tres o seis años.



Figura A4-0-2 Cachalote 2 [12]

Distribución y abundancia: Es una especie cosmopolita. La presencia de cachalotes en el Atlántico Norte se extiende desde aguas tropicales hasta las circumpolares. Existen discontinuidades espacio-temporales en cuanto a las áreas de su distribución, debido a que hay una segregación geográfica por edad, sexo y estado reproductivo. Así, dos cachalotes dentro de una misma "población" pueden estar separados por miles de kilómetros de distancia en el mismo momento, para encontrarse en una misma zona al cabo de un tiempo. En general se admite que las hembras forman grupos muy estables, donde los individuos permanecen juntos durante largos años.

En estos grupos suele tener lugar la cría y posterior desarrollo de los jóvenes, que más tarde, en función del sexo, permanecerán o partirán hacia otros grupos y zonas. Los grupos de hembras suelen encontrarse en latitudes bajas, en aguas tropicales o templadas (en el Atlántico norte limitadas por los 42-44° Norte), mientras que los machos se distribuyen por aguas de latitudes más altas. Dentro de los machos y en función de su edad se observa un gradiente de distribución; los machos jóvenes forman grupos de pocos individuos, mientras que los adultos, maduros físicamente, suelen ser solitarios.

Estos últimos viajan hasta latitudes muy altas, mientras que los primeros suelen encontrarse, según la edad, en zonas de aguas templadas y frías. Los machos adultos pueden viajar en poco tiempo desde latitudes altas hasta aguas tropicales para aparearse en los grupos de hembras.

La dieta de los cachalotes es muy variada, aunque incluye organismos batipelágicos de gran tamaño, como cefalópodos y peces. A menudo se alimentan a grandes profundidades, incluso por debajo de mil metros. Por ello, su distribución está muy asociada a aguas donde hay estas profundidades, o incluso en lugares donde el descenso del talud continental es muy pronunciado. En estos lugares de batimetría irregular tienen acceso a presas de gran tamaño con mayor facilidad.

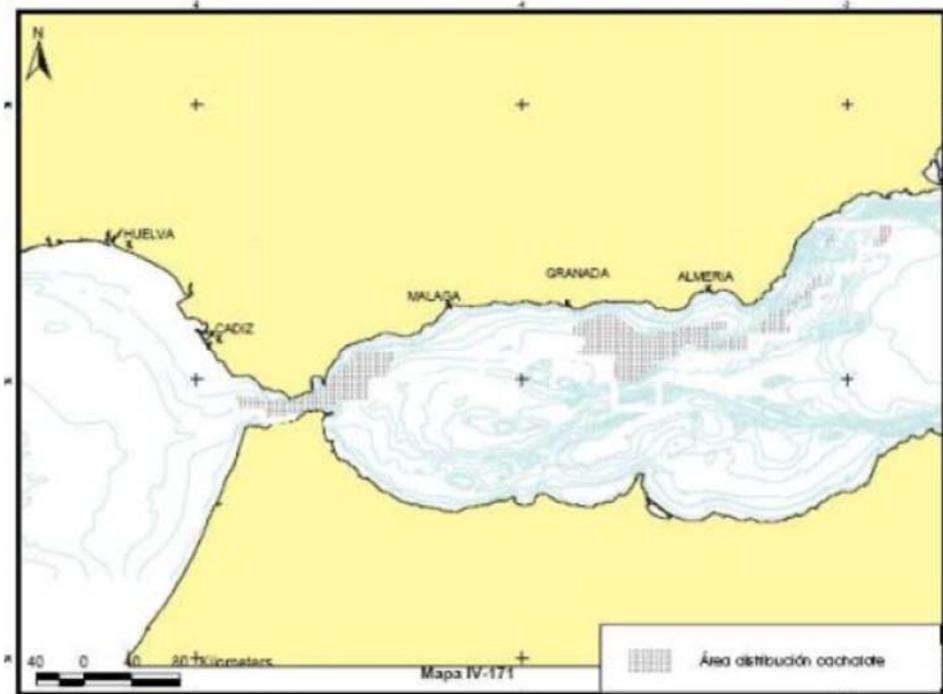


Figura A4-0-3 Area Cachalote [12]

Información sobre la bioacústica del Cachalote para su posible identificación mediante el sonar pasivo

Las vocalizaciones de los cachalotes son sonidos impulsivos muy breves, llamados “clicks”, organizados en secuencias de longitud variable. Estos clicks generalmente alcanzan 30 – 35 kHz de frecuencia con tasas de repetición de 2 – 3 clicks por segundo.

Generalmente los clicks están organizados en secuencias de longitud variable y son producidos por los animales durante sus buceos, que duran una media de 30 – 50 minutos, en los que la actividad principal es la caza y el reconocimiento del medio. Cada secuencia de clicks está seguida por breves periodos de silencio o por secuencias de clicks con tasas de repetición elevadas llamadas “creak” o “runs”, que poseen probablemente una función de ecolocalización.

Al final de las secuencias regulares, pueden emitirse series cortas de clicks con un patrón estereotipado llamadas “codas”, y que pueden tener una duración total de 0,5 – 5 segundos. Su significado es todavía desconocido. Los estudios llevados a cabo hasta ahora los consideran como señales de comunicación social porque estas señales se registran con frecuencia cuando hay más de un animal presente. De acuerdo con varios autores, la existencia de codas con diferentes patrones, quizás

característica de zonas geográficas, puede indicar que los cachalotes podrían haber desarrollado una suerte de identificación regional que los animales de una determinada área usarían para reconocerse.

En el Mar Mediterráneo, se han registrado codas con el patrón //// (3+1) en el 99% de los casos, así que el patrón 3 + 1 puede ser considerado típico del Mar Mediterráneo, aunque se ha encontrado también en especies de otras áreas.

Recientemente, se ha identificado y registrado un nuevo sonido llamado “trumpet”. Es una señal débil que fue registrada varias veces en el pasado, y que recientemente se ha ligado a los cachalotes. Producida al principio de la inmersión, sólo en un pequeño porcentaje de animales, tiene un significado desconocido, y puede que incluso se deba a procesos fisiológicos que se activan al principio de un buceo profundo.

Los animales solitarios son silenciosos en superficie generalmente y vocalizan de acuerdo a los patrones reconocidos durante los buceos. En el caso de agregaciones sociales con machos, hembras y crías, se emiten una gran variedad de clicks mientras están en superficie.

Normas para la mitigación del riesgo de colisión con cachalotes en el Estrecho de Gibraltar

Reducir la velocidad máxima a 13 nudos en la zona del Estrecho delimitada por las siguientes coordenadas:

- A 5° 28' 48'' W 36° 00' 36''N
- B 5° 27' 00'' W 35° 55' 12''N
- C 5° 38' 24'' W 35° 51' 36''N
- D 5° 40' 12'' W 35° 57' 00''N

Navegar en estado de máxima vigilancia.

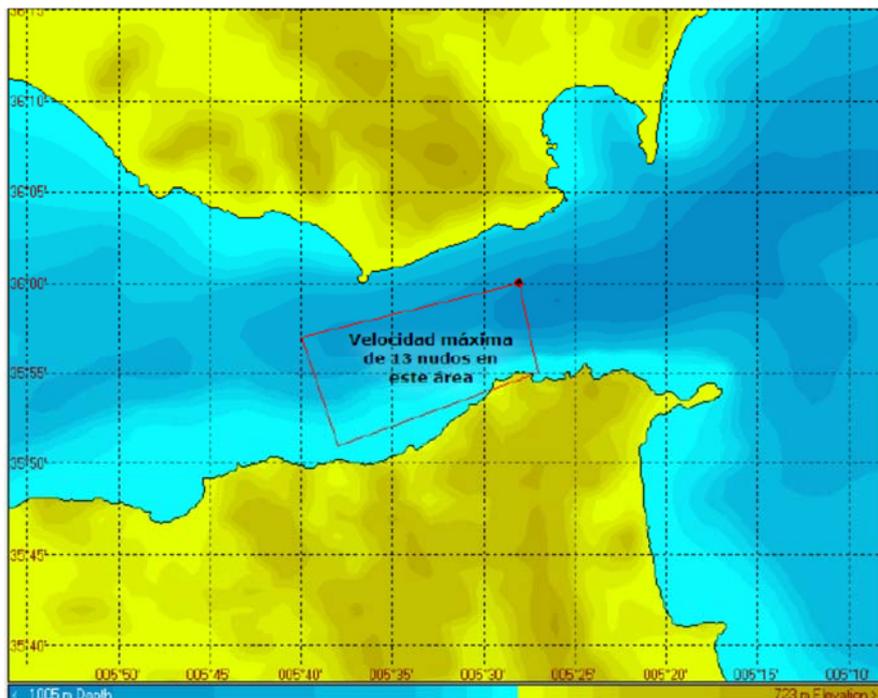


Figura A4-0-4 Área Cachalote 2 [12]

ANEXO V: ZIFIOS EN EL MAR DEL ALBORÁN

Existen antecedentes de interacciones entre fuentes acústicas de alta intensidad y varamientos en masa de cetáceos como en el caso de los varamientos en masa de miembros de la familia Ziphiidae y ejercicios navales, por lo que se hace necesario respetar las pautas de mitigación de impacto. [12]

Existen dos tipos de impacto, uno de ellos es de efectos directos inmediatos, dando lugar a varamientos masivos, y el otro es de efectos a medio y largo plazo, y que causan efectos nocivos para el sistema de ecolocación y cambios en el comportamiento. No se conoce como podrían afectar los pulsos acústicos de alta intensidad a peces, cefalópodos y crustáceos, pero ya hay estudios que demuestran la existencia de un impacto negativo producido por las fuentes de energía empleadas en estudios sísmicos.

Los miembros de la familia Ziphiidae se encuentran entre los mamíferos menos conocidos debido a sus hábitos oceánicos y comportamiento críptico. En los varamientos masivos ocurridos en coincidencia con maniobras militares siempre han aparecido varias especies de zifios, tales como *Z. cavirostris*, *M. densirostris*, *M. europaeus* y *H. ampullatus*, y destacando particularmente *Z. cavirostris*.

Se sabe que en aguas del cañón de Almería habita una población de zifios permanente, en el área localizada en las siguientes coordenadas:

-3.05901009	W	36.31316794	N
-3.05901009	W	35.59014373	N
-2.52163198	W	36.05078812	N
-2.08103192	W	36.31193029	N
-2.47707691	W	36.28470220	N

Hay una petición formal para declarar esta área como “Área oceánica marina protegida”. Por ello, y como medida preventiva se recomienda no usar el sonar activo en esta área, y según los apartados 3.2 y 3.4 de la IPO núm. 25 del AJEMA, “el empleo de sonares activos antisubmarinos y/o las explosiones submarinas que se realicen con motivo de algún ejercicio se hará en zonas alejadas a más de 50 millas del límite exterior de dichas áreas”



Figura A5-0-1 Zona Zifios 1 [12]



Figura A5-0-2 Zona Zifio 2 [12]

