
¡SILENCIO, NOS ESTÁN MATANDO!

♦ RESUMEN ♦

Los trágicos sucesos del 11 de septiembre de 2001 en EE.UU., permitieron a un grupo de científicos, descubrir una relación directa entre el ruido generado por el transporte marítimo y el estrés fisiológico en las ballenas. Conforme a lo señalado por *Ocean Care*, los niveles de ruido antropogénico han aumentado a niveles alarmantes, lo que genera una serie de efectos adversos en las especies marinas, como estrés y/o comportamientos de cavitación que dañan sus sistemas auditivos, los que disminuyen las oportunidades para reproducirse y/o alimentarse, pudiendo, incluso, ocasionarles la muerte.



JAMES CRAWFORD CRAWFORD
Capitán de navío LT. MSc Asuntos Marítimos,
Universidad Marítima Mundial, Malmö, Suecia.
(jcrowford@dgtm.cl).

Contaminación acústica, contaminación antropogénica, medio ambiente marino,
marina mercante

El ser humano no se encuentra adaptado al medio ambiente acuático, por lo que no percibe el ruido ambiental subacuático en su totalidad. Esta percepción limitada y orientada solo al beneficio propio, lo ha llevado a utilizar, y en ocasiones abusar, de algunos sistemas de superficie y submarinos que perturban este medio, sin considerar además, el impacto y las repercusiones que sus acciones podrían generar en un corto, mediano y/o largo plazo al medio ambiente marino.

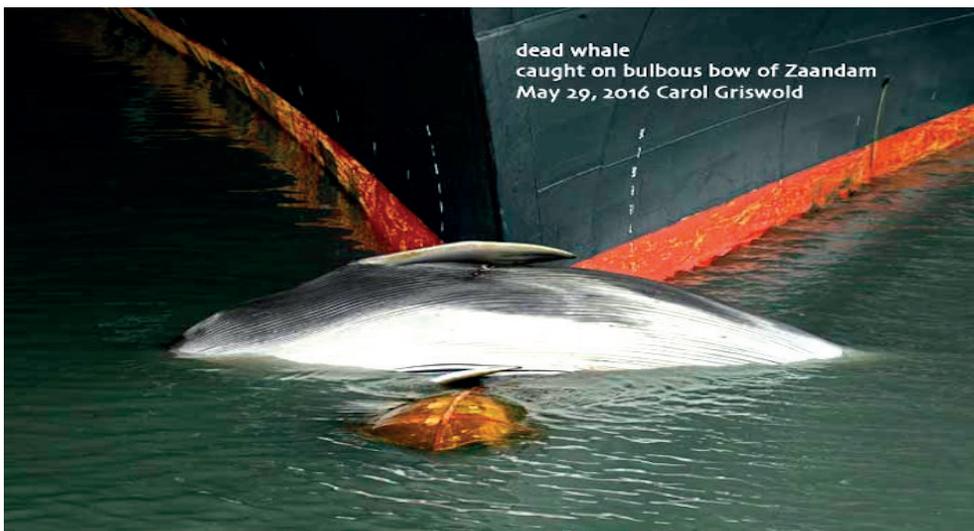
Conforme a la definición de la Real Academia Española, contaminación corresponde a la acción y efecto de contaminar, vale decir, a la alteración nociva de la pureza o las condiciones normales de una cosa o un medio por agentes químicos o físicos. De esa forma, la contaminación de ruido antropogénica, ha sido definida por la Organización Marítima Internacional (OMI), como:

La generación de ruidos intensos producidos por el hombre en el medio marino, por el uso de explosivos, desarrollo de experimentos oceanográficos, investigación geofísica, construcción submarina, tráfico de naves, sonares activos intensos y pistolas de aire comprimido

utilizadas para estudios sísmicos de petróleo y actividades relacionadas.

Si bien es cierto que el medio ambiente marino es, por naturaleza propia, un ambiente ruidoso con sonidos de origen físico producto del viento, las olas, la lluvia, el desplazamiento de masas de hielo, etc. y de fuentes biológicas como son las ballenas, los delfines, peces y otros, el ruido antropogénico submarino ha registrado una tendencia en aumento de más de 3 decibeles (dB) durante los últimos 10 años desde la segunda mitad del siglo XX.

Muchos animales marinos dependen principalmente en su sistema auditivo para obtener su orientación y la detección de su entorno, por lo que el ruido antropogénico puede interferir el normal funcionamiento de las capacidades señaladas en forma individual o poblacional. Por lo anterior, el análisis de la problemática asociada debe considerar una serie de factores tales como las características de la generación del ruido acústico (ciclo de funcionamiento, nivel, duración, distribución espectral, etc.), las características del entorno en el cual se propaga el sonido y de las características/capacidades del receptor acústico.



El ruido antropogénico submarino puede causar diferentes comportamientos y efectos fisiológicos en la fauna marina, como generación de altos niveles de hormonas del estrés, aumento del ritmo cardíaco, cambios en el consumo de oxígeno, gasto cardíaco metabólico, generación de parásitos, irritación, angustia y mortalidad (a veces por enfermedad y/o canibalismo). Otros efectos pueden incluir un deterioro de las condiciones corporales, menores índices de crecimiento, cambio de peso, menor consumo de alimentos, disminución de la velocidad reproductiva, reducción de integridad del ADN con daños irreversibles, entre otros efectos.

La OMI y el esfuerzo por reducir el ruido submarino

La preocupación sobre el impacto del ruido subacuático en la vida marina, debido al aumento del transporte comercial, llevó a la O.M.I. a iniciar su estudio el año 2004. El trabajo comenzó a partir del reconocimiento del transporte marítimo como fuente principal de generación de ruido antropogénico, y la necesidad de generar acciones coordinadas a nivel internacional asociadas a la esencia de este tipo de tráfico. De esa forma, el año 2008, el Comité de Protección del Medio Marino (MEPC) elaboró directrices técnicas, no obligatorias, orientadas a la reducción máxima del ruido generado por los buques comerciales, limitando, de esa forma, los efectos adversos para la fauna marina.

El año 2014 la OMI aprobó directrices voluntarias orientadas a proyectistas, constructores y armadores de buques, que permitan la reducción del ruido submarino generado por los buques mercantes, señalando claramente, que este acto "no trata de sentar las bases de un documento de carácter obligatorio." Estas directrices se centran en las fuentes primarias de ruido submarino de los buques, como son: la forma del casco, las hélices y la maquinaria a bordo, como así también, en el mantenimiento y limpieza del casco. Lo anterior, por cuanto entre

un 80-85% de la energía acústica que genera una embarcación, proviene de la cavitación de la(s) hélice(s) que generan ruidos en la banda ancha de frecuencias del espectro submarino. Asimismo, estas recomendaciones establecieron definiciones y normas para la medición del ruido submarino.

La posición del Estado de Chile frente a este tema

Chile tiene una costa de aproximadamente 6.400 km de océano Pacífico, lo que lo clasifica como una de las 20 costas nacionales más largas del mundo. En sus masas de agua habitan 51 especies de mamíferos marinos, que equivalen al 36% de la diversidad mundial, lo que incluye especímenes de ballenas, nutrias y pinnípedos (focas y lobos marinos). Por lo anterior, urge la toma de conciencia acerca del impacto del ruido antropogénico. Jason Gedamke, biólogo marino de la NOAA (Administración Nacional Oceánica y Atmosférica, Departamento de Comercio de los Estados Unidos), señala que:

...ser capaz de producir y detectar el sonido es de vital importancia para muchas especies marinas, por lo que los cambios en el ruido de fondo natural pueden tener más impacto en la salud de los ecosistemas de lo que se pensaba anteriormente.

El estado de conservación para las distintas especies de cetáceos en aguas nacionales y a nivel regional, se distribuye entre un 66% y 76% para la categoría insuficientemente conocida, 25% y 19% en peligro de extinción, entre 9% y 5% como vulnerable. Por lo anterior, se hace necesario fomentar el desarrollo de estudios científicos, que permitan dirigir los esfuerzos hacia aquellos objetivos o tareas que sean consideradas prioritarias.

La normativa chilena, en esta materia, es pobre y la implementación de áreas de protección ha sido lenta y muy reciente. Debido a la disminución de las poblaciones

iSilencio, nos están matando!

J. Crawford

de ballenas a nivel global, producto de su caza indiscriminada y la carencia de cuerpos legales que las protejan, es que el día 25 de octubre del año 2008 se publicó la Ley 20.293 orientada a la protección de los cetáceos, modificando la Ley 18.892 General de Pesca y Acuicultura. Asimismo, se estableció una veda a la caza de ballenas, la cual se encuentra vigente hasta el año 2025.

En el mes de diciembre del año 1991, el Plan de Acción para la Conservación de los Mamíferos Marinos en el Pacífico Sudeste (PAMM/PSE) fue aprobado por los gobiernos de Colombia, Ecuador, Panamá, Perú y Chile, con el propósito de proteger y conservar todas las especies, subespecies, razas y poblaciones de mamíferos marinos y de sus hábitats en la región, respetando las respectivas soberanías y:

...el establecimiento de programas de cooperación permanentes, tanto regionales como globales, con el fin de aumentar la colaboración científica, tecnológica y de educación ambiental y los conocimientos en el campo de las actividades relacionadas con la conservación de los mamíferos marinos.

La autoridad marítima chilena, conocida como DIRECTEMAR¹, no ha adoptado una posición indiferente respecto al tema, puesto que sus direcciones técnicas dependientes, la Dirección de Seguridad y Operaciones Marítimas y la Dirección de Intereses Marítimos y Medio Ambiente Acuático, ya se encuentran trabajando a través del comité de seguridad a la navegación, la forma en que se compatibilizarán las restricciones a la velocidad de desplazamiento de las naves y la protección de la fauna marina. Asimismo, una de sus autoridades locales acaba de emitir instrucciones orientadas a la protección de las ballenas en el mar interior de Chiloé y el mar de su costa Pacífico, con el propósito de evitar la colisión de estas con naves y registrar sus avistamientos.

Fuentes de ruido

El ruido ambiental en el medio marino consta de una serie de elementos, entre los cuales se pueden considerar los drásticos cambios en las diferencias de presión, el ruido generado por la agitación superficial de las masas de agua provocada por el viento, los sonidos propios de la fauna marina, el movimiento y desplazamiento de las capas tectónicas y el tráfico marítimo, entre otras variables. Cada uno de estos elementos presenta una amplia gama de espectro de frecuencia de propagación. Las emisiones de ruido de fuentes naturales generalmente son repetitivas, de corta duración y muy variadas. Por ejemplo, el sonido asociado al movimiento de las placas tectónicas o las actividades volcánicas se encuentra por debajo de los 100 Hz; el sonido de las ondas o del viento varía de 100 Hz a 50 kHz; el ruido generado por la lluvia, la nieve o el granizo se encuentra en el rango de 100 a 500 Hz, y puede aumentar los niveles hasta 35 dB. Si bien es cierto que el comportamiento acústico de la mayoría de los peces es desconocido, el sonido producido por sus coros puede aumentar los niveles de ruido ambiente hasta 20 dB entre los 50 Hz y los 50 kHz.

Algunos mamíferos marinos,² como los que pueden ser encontrados en las aguas nacionales, se comunican en frecuencias de 1 a 20 kHz con niveles de 100 a 180 dB, y muchos utilizan sistemas de ecolocalización³ que operan entre los 20 y los 150 kHz, con un nivel que puede alcanzar más de 210 dB. Asimismo, existen otras clases, sensibles entre 12 Hz a 8 kHz, que no tienen un sistema de ecolocalización, pero que igualmente se ven afectadas por el ruido causado por el hombre.

Algunas de las fuentes más comunes de ruido antropogénico son las siguientes:

1. DIRECTEMAR, acrónimo de Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante.
2. Algunas clasificaciones de mamíferos marinos que pueden ser encontrados en aguas nacionales son los Cetáceos, Sirenios y Carnívoros.
3. Ecolocalización: es la ubicación en un espacio, utilizando el desplazamiento de ondas de sonido y el contacto con superficies.

○ Ruido producido por dragado y construcciones: El dragado marino, la construcción de túneles y diversas actividades de este tipo en y cerca del mar, crean ruido submarino. El ruido generado en este tipo de faenas puede exceder los niveles ambientales en largas distancias. De acuerdo a lo establecido por *Malme y Krumhansl (2004)*, el ruido generado a 50 m de una maquinaria utilizada durante la construcción de un túnel, no superaba los 10 Hz. Sin embargo, se registraron componentes más fuertes de 30 Hz a 100 Hz, debido a efectos de resonancia asociados a la profundidad de la columna de agua.

○ Ruido producido por la perforación y explotación de petróleo y gas: El ruido antropogénico asociado a la extracción de petróleo y/o gas, se genera en la totalidad de sus fases. Las perforaciones realizadas desde islas naturales o de hielo, generan un ruido muy bajo. El rango de sonido generalmente alcanza a 2 km del área de trabajo, a frecuencias de 200 Hz. En las aguas árticas poco profundas, durante el invierno, se generan frecuencias por debajo de los 350 Hz, las que sufren una atenuación de 125 dB a una distancia de 130 m y de 85 dB a una distancia de 2 km. Por otro lado, las perforaciones desde islas artificiales producen un ruido notable pero aún considerado como bajo. El alcance del ruido de este tipo de faenas puede alcanzar a 0,5 km sin perforación y 3,7 km con perforación. (Saura).

Las perforaciones asociadas a este tipo de actividad se pueden realizar en dos tipos de embarcaciones, semi sumergibles y naves de perforación. El ruido generado por los buques de perforación es mayor, dependiendo del tipo de maquinaria utilizada y de su antigüedad. Finalmente, cabe señalar que el ruido en la producción de petróleo y gas es muy bajo porque estas instalaciones tienen poco contacto con las aguas superficiales.

○ Ruido generado por buques de superficie: Los buques son los mayores contribuyentes al ruido subacuático generado por los seres humanos, cuyos niveles y frecuencias varían conforme al tamaño y velocidad de la embarcación. Las

fuentes típicas de ruido de banda ancha son las hélices, los ejes (por debajo de 100 Hz), el ruido hidrodinámico y algunos sistemas de propulsión. Las fuentes típicas de ruido de banda estrecha son las bombas, motores, equipos de potencia y sistemas de propulsión. Las frecuencias en las que se produce este tipo de ruido son fuertes y predominantemente de baja frecuencia (inferiores a 1 KHz) y como consecuencia, pueden viajar grandes distancias bajo el agua.

Como norma general, los buques antiguos generan más ruido que los buques nuevos y, como es de esperarse, las naves de mayor tamaño generan más ruido que las pequeñas. Por ejemplo, un súper petrolero a 6,8 Hz podría ser detectado a una distancia entre 139 y 463 km. Por otro lado, cabe señalar que una embarcación de recreo puede generar contaminación entre 1 hasta 50 kHz.

El ruido submarino generado por los buques de gran eslora se superpone a los mismos sonidos de baja frecuencia que muchas especies de ballenas utilizan para comunicarse, para alimentarse y para aparearse.

○ Ruido generado en investigaciones geofísicas: Las investigaciones geofísicas utilizan, generalmente, fuentes de sonido para generar ondas sísmicas. Estas fuentes se caracterizan por generar un ruido de muy alta energía, baja frecuencia y corta duración. Este tipo de sonido es detectable a cientos de kilómetros de la fuente. Las fuentes más utilizadas son: pistolas de aire comprimido, dispersores de fundas, pistolas de gas y vibroseis.

Los sistemas de pistolas de aire comprimido son los más utilizados en la actualidad, pudiendo generar pulsos cada 10 a 15 seg. En algunas áreas, la energía de baja frecuencia puede viajar largas distancias a través de los sedimentos del fondo, volviendo a la fuente a través del agua. La velocidad del sonido es mayor en el sedimento del fondo que en el agua, de hecho, un receptor ubicado a una distancia, recibirá primero un mensaje transmitido a través del fondo seguido de un pulso transmitido a través del agua. Por otro lado,

los explosores de fundas y las pistolas de gas, que funcionan en base a una mezcla de oxígeno y propano, pueden generar ruido en frecuencias altas (200 Hz) en el generador y frecuencias bajas (70 Hz) en el receptor. Mediante el sistema vibroseis, el cual es utilizado generalmente en el hielo, se genera ruido en frecuencia entre 10 a 70 Hz, pudiendo generar ruido de hasta 187dB.

- **Ruido generado por sonares activos:**⁴ Las frecuencias de los sonares van desde unos pocos cientos de Hz, como aquellos utilizados por los sonares de búsqueda de largo alcance, hasta varios cientos de kHz, como aquellos sonares que son utilizados en la búsqueda de minas, cartografía marina y, en general, aquellos sistemas que requieren discriminar objetos pequeños.

Los sonares comerciales para la pesca, generalmente operan sobre los 12 kHz con niveles de fuente de 125-133 dB, sin embargo, algunos sistemas de sonar utilizados en el ámbito militar pueden llegar a generar ondas de sonido de movimiento lento que alcanzan los 235 dB, con una capacidad de propagarse cientos de millas bajo el agua y mantener una intensidad de 140 decibelios hasta 300 millas de su fuente.

- **Hincado de pilotes:** El ruido generado por el hincado de pilotes se manifiesta en la forma de pulsos de baja frecuencia, pudiendo llegar hasta los 20 kHz, con un alto nivel de presión acústica, conforme la tecnología que se emplee y el tipo de sustrato. El nivel de fuente puede superar los 220 dB y en ocasiones, los múltiples pulsos pueden ser percibidos por sobre el ruido de fondo a más de 10 km del sitio de operación. En el caso de los pilotes hincados destinados a instalaciones portuarias, por la duración de este tipo de trabajos, podrían generar, potencialmente, daño auditivo permanente o temporal en zonas cercanas a la fuente y alteraciones en el comportamiento de mamíferos marinos en zonas lejanas ubicadas a kilómetros de distancia.

- **Tronaduras:** El ruido generado por la realización de tronaduras, asociado a pulsos de baja frecuencia, puede ser percibido por una gran y diversa cantidad de especies marinas, debido a la magnitud del nivel de presión acústica generado en la columna de agua. Esta actividad se encuentra considerada como una de las de mayor potencial dentro de las fuentes de ruido antropogénicas. Si bien es cierto que la duración y el alcance del ruido dependerá de la ubicación de la explosión y la cantidad de cargas explosivas utilizadas en cada proyecto, los niveles de presión acústica generados pueden oscilar entre 250-300 dB, pudiendo producir daños físicos o, incluso, la muerte de mamíferos marinos. Asimismo, cabe señalar que pequeñas detonaciones se pueden percibir a cientos de kilómetros de distancia cuando se propagan a través del canal sonoro.

- **Dispositivos de hostigamiento:** Existen dispositivos ampliamente utilizados en el ámbito de la acuicultura conocidos como AHD (*Acoustic Harassment Devices*) que generan sonidos bajo el agua, con el propósito de espantar a los mamíferos marinos de las jaulas de peces o redes de pesca. Estos dispositivos generan sonidos de alta potencia en todas las direcciones en las frecuencias de 10 a 25 kHz, que oscilan entre los 190 y 205 dB. El concepto de eficiencia de estos se basa en el dolor que pueden causar a los mamíferos marinos (delfines, marsopas, etc.) en un área aproximada de 3.000 m² a la redonda.

Estrategias para el control del ruido submarino

Un grupo de trabajo por correspondencia de la OMI, estableció que una forma potencial de reducir eficientemente la contribución general de ruido al océano por parte de los buques es disminuir el nivel de ruido generado por aquellos más contaminantes. Lo anterior, en base a estudios, en los cuales se estimaba que el

4. El sonar activo se basa en la emisión de un pulso y mide el eco que se produce cuando el pulso rebota en una superficie. Se pueden clasificar según el tipo y el uso: sonar de profundidad variable, pesca comercial, para medir corrientes e investigación marítima, y para detectar barcos, para la detección de objetos y para utilizarlos en armas como torpedos.

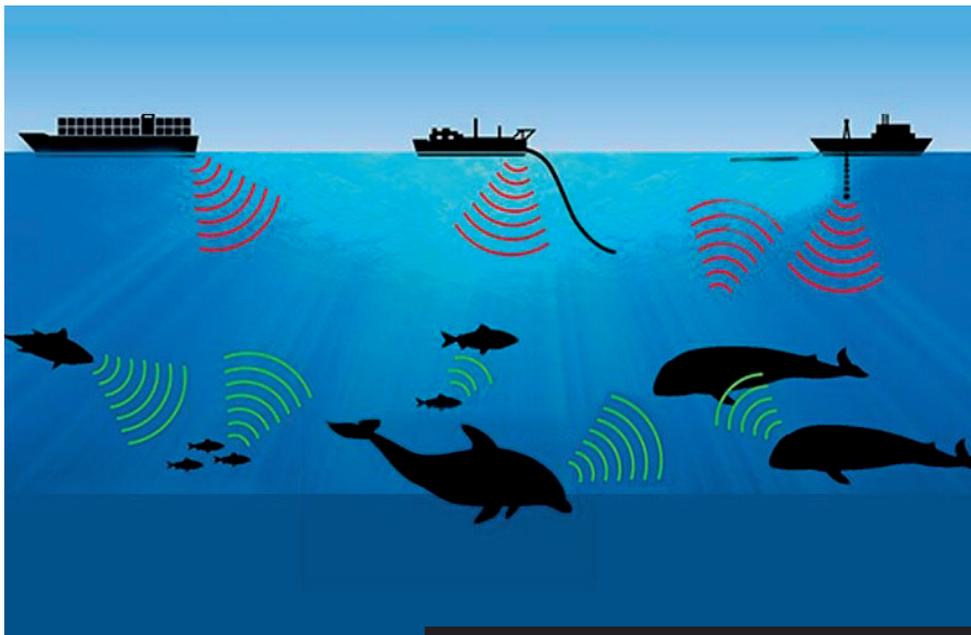


Imagen de Internet, Animales en las Sombras, Blogspot.

10% más ruidoso de los buques (aquellos que están a 6.8 dB o más por encima del promedio) contribuyen entre el 48 y el 88% del área total del mar, sobre el cual el sonido promedio de banda ancha de un buque superará cierto nivel. El año 2009 la OMI recomendó a los Estados miembros identificar aquellos buques más ruidosos de sus registros.

Bajo la premisa anterior, la comunidad marítima internacional ha comenzado a desarrollar una serie de investigaciones que permitan adoptar medidas tendientes a la disminución de ruido antropogénico generado por los buques, entre los cuales destacan:

- Mejoramiento del diseño de hélices

Uno de los primeros aspectos a considerar en la búsqueda de soluciones orientadas a la disminución del ruido submarino, es mejorar la eficiencia de las hélices de los buques y embarcaciones. Generalmente, las hélices se encuentran diseñadas para funcionar bajo condiciones óptimas de operación en relación a la velocidad de servicio y la condición de carga completa

en aguas tranquilas, mientras que, en la práctica, un buque podría pasar gran parte de su travesía transitando a una velocidad y calado diferentes a los considerados en las pruebas de diseño. Asimismo, la tendencia de la vaporización lenta utilizada por algunos armadores para reducir el consumo de combustible, podría exacerbar las diferencias entre la operación real y los parámetros diseñados. Aunque estas diferencias podrían no representar un problema importante para los buques con hélices de paso fijo, podría generar efectos importantes en el rendimiento de los buques con hélices de paso controlable, donde las RPM se mantienen constantes y el paso se ha reducido para disminuir su carga (y por lo tanto, la potencia), y de esta forma aumentar la cavitación.

- Instalación de dispositivos de ahorro de energía

Los Dispositivos de Ahorro de Energía (ESD⁵, por sus siglas en inglés) son instalados, generalmente, corriente arriba de la hélice, para condicionar el flujo hacia ella y de este modo hacerla más eficiente. En principio, estos dispositivos podrían

5. Del idioma Inglés. Energy Saving Devices (E.S.D.).

THE EFFECTS OF VESSEL UNDERWATER NOISE ON WHALES AND WHAT MARINERS CAN DO ABOUT IT

SOURCES OF NOISE

While there are plenty of naturally occurring sounds in the ocean, an increase in commercial vessel traffic is the main reason for increased underwater noise.

In the North Pacific Ocean, underwater noise has been **DOUBLING** in intensity **EVERY DECADE** for the past

60 YEARS.

Sound travels
4.5 TIMES
FASTER in water than in air.

WHERE VESSEL NOISE COMES FROM

- ENGINE AND ONBOARD MACHINERY
- DRAG FROM POOR HULL MAINTENANCE
- BOW/STERN THRUSTERS
- PROPELLER
- CAVITATION

Most underwater noise from large vessels is caused by propeller cavitation.

NOISE INCREASES WITH SPEED.

IMPACTS

Underwater noise interferes with the ability of marine animals to transmit and receive acoustic information.

VESSEL NOISE CAN AFFECT THE ABILITY OF MARINE ANIMALS TO...

AVOID DANGER

COMMUNICATE

LISTEN NOW.

FIND PREY

REST

MATE AND REPRODUCE

NAVIGATE

In some areas, vessel noise has reduced the area some whales can communicate by **90%.**

WHAT YOU CAN DO

In 2014, the International Maritime Organization (IMO) recognized that underwater noise associated with shipping is something that can be mitigated.

READ THE GUIDELINES

WWW.IMO.ORG



Options to reduce ship noise underwater already exist!

SLOW DOWN

MAINTAIN

OPTIMIZE

DESIGN

REROUTE



Operate below cavitation inception speed and avoid rapid acceleration.



Clean hull and maintain propeller.



Insulate ship engine and use resilient mountings for onboard machinery. Modify propeller to minimize cavitation.



Incorporate vessel-quieting considerations during re-fits and new vessel construction.



Modify route to avoid whales in immediate vicinity and known sensitive marine areas.

The Enhancing Cetacean Habitat and Observation (ECHO) Program is a Vancouver Fraser Port Authority-led initiative aimed at better understanding and managing the impact of shipping activities on at-risk whales throughout the southern coast of British Columbia, Canada. For more information and footnote references, please go to portvancouver.com/echo



¡Silencio, nos están matando!

J. Crawford

llevar a una menor carga de la hélice y, por lo tanto, reducir la cavitación. Debido a que esta tecnología puede ser adaptado a naves existentes, podría considerarse como una solución potencial al exceso de cavitación experimentado en los buques más ruidosos en operación. La efectividad de este curso de acción dependerá de la calidad del flujo hacia la hélice sin ESD.

○ Dispositivos de mejoramiento de flujo

Mejorar la estela en la hélice ayuda a reducir la cavitación y podría, potencialmente, aumentar su eficiencia. Lo anterior, en base a la experiencia obtenida en un estudio de caso, en el cual se instaló un generador de vórtice en un buque petrolero de gran eslora, con el propósito de mejorar el campo de la estela de la hélice y disminuir su cavitación. El generador de vórtice mejoró la estela en la hélice, eliminando la cavitación y reduciendo el consumo de combustible en alrededor del 5%.

Cabe señalar que si la estela de la nave ya es buena, entonces, esta medida no aportará beneficios al trabajo de la hélice.

○ Cambios a la forma del casco

Si bien es cierto que esta alternativa no es aplicable a los buques ya existentes, es posible realizar cambios a los buques que se encuentran en la etapa de diseño y que aun no han comenzado su construcción, con el propósito de que se consideren cambios que les permita mejorar el flujo hacia la hélice y, por lo tanto, reducir el consumo de combustible, aumentar la eficiencia y reducir la cavitación.

Cabe señalar, que desde la entrada en vigencia de cuatro directrices OMI el año 2012, acerca de la aplicación del Índice de Diseño de Eficiencia Energética (EEDI)⁶ para los buques nuevos y el Plan de Gestión de Eficiencia Energética (SEEMP)⁷, el diseño del casco de las naves y el aumento de la eficiencia de trabajo de sus hélices ha aumentado.

○ Otros esfuerzos internacionales

Existen una serie de organismos internacionales, diferentes a la OMI, que se encuentran generando acuerdos que permitan controlar y minimizar el ruido antropogénico submarino. Ejemplo de lo anterior son:

○ La Directiva Marco sobre la Estrategia Marina (MSFD)⁸, una iniciativa de la Unión Europea que busca alcanzar y mantener un buen estado ecológico para el año 2020, en base a 11 indicadores.

○ La Comisión de Helsinki (HELCOM) tiene por finalidad proteger el medio ambiente marino de todas las fuentes de contaminación del mar Báltico, mediante el trabajo intergubernamental de una serie de naciones⁹. Esta organización ha desarrollado, entre otras ayudas, mapas de paisaje sonoro que grafican el ruido generado por los buques comerciales y de otras operaciones esporádicas tales como: instalación de pilotes, explosiones submarinas, etc.

○ La Comisión OSPAR, es una organización que aglutina a 15 países europeos y la Comisión Europea, en representación de la Unión Europea. Esta organización tiene por finalidad, investigar las variables asociadas al ruido subacuático y generar acciones futuras para disminuir el ruido submarino.

○ La Convención Internacional sobre Especies Migratorias, es un tratado ambiental bajo los auspicios del programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente, orientada a la conservación y el uso sostenible de los animales migratorios y sus hábitats. Bajo esta organización se realizan evaluaciones de ruido submarino y la coordinación de medidas de mitigación del mismo.

6. Del idioma Inglés Energy Efficiency Design Index (E.E.D.I.).

7. Del idioma Inglés Ship Energy Efficiency Management Plan (S.E.E.M.P.).

8. Del idioma Inglés Marine Strategy Framework Directive (M.S.F.D.).

9. Dinamarca, Estonia, Finlandia, Alemania, Letonia, Lituania, Polonia, Rusia, Suecia y la Comunidad Europea.

Conclusiones y recomendaciones

La contaminación acústica subacuática generada por el ser humano es una preocupación considerable para la preservación de la vida marina, en particular, debido a la posibilidad de que los niveles de ruido ambiental aumenten en el rango de frecuencia de 10-300Hz y que permitan enmascarar los sonidos biológicos. Existe un acuerdo generalizado de que reducir el ruido del envío es necesario y factible y la OMI se encuentra trabajando activamente en el tema, debido a que la principal fuente de ruido es generada por la cavitación de las hélices de los buques; por lo anterior, se hace necesario adoptar acciones que permitan mejorar el diseño de las mismas y el flujo de sus estelas.

Si bien es cierto que algunos investigadores señalan que, disminuyendo los niveles de ruido generado por el 10% de los

buques mas contaminantes, permitiría reducir en gran parte su impacto sobre el medio ambiente marino, se requiere un extenso conjunto de datos de mediciones de ruido, a gran escala, de naves en diferentes condiciones de operación, para comprender completamente cómo se relacionan los diferentes factores durante el proceso de generación de ruido, que permita tomar acciones tendientes a su reducción de ruido.

No obstante lo señalado en los párrafos anteriores, se hace necesario generar una conciencia mas amplia, que no solo considere a los constructores navales que diseñan los buques y sus hélices, sino que también a las autoridades marítimas, a los armadores y a la sociedad toda, puesto que nuestra complicidad al guardar silencio, está permitiendo el aumento del ruido antropogénico y la muerte de un número indeterminado de especies marinas.



BIBLIOGRAFÍA

1. Al-Ali, (2013). Fuel efficiency and optimisation: adapting technology and vessel performance. En 6º Annual ME ShipTech 2013 Conference, Octubre 28-29, Dubai, UAE.
2. Belda E, Bou M, Espinosa V, Pérez-Arjona I, Beltrame F, Buscaino G, Ceraulo M, Mazzola S y Vazzana M, (2018). Effect of submarine acoustic noise in juvenile sea bream (*sparus aurata*) and mussels (*mytilus galloprovincialis*). En XI Congreso Iberoamericano de Acústica, obtenido de la red http://www.sea-acustica.es/fileadmin/Cadiz18/ASA-0_002.pdf
3. Garrett JK (2016). Long-term underwater sound measurements in the shipping noise indicator bands 63 Hz and 125 Hz from the port of Falmouth Bay, UK.
4. Leaper, Russell & Renilson, Martin & Ryan, Conor. (2014). Reducing underwater noise from large commercial ships: Current status and future directions. En *Journal of Ocean Technology*, 9. Páginas 65-83.
5. Ley N° 20.293 de la República de Chile, Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción; Subsecretaría de Pesca, promulgada 14 de octubre del 2008.
6. Redondo Lázaro, Ruiz Mateo Antonio, Ruido subacuático: fundamentos, fuentes, cálculo y umbrales de contaminación ambiental.
7. Saura, F. J. R., & de Electrónica Submarina, S. A. Underwater Acoustic Pollution: Sources and Biological Impact.
8. Slabbekoorn, H., Bouton, N., van Opzeeland, I., Coers, A., ten Cate, C., Popper, A.N., (2010). A noisy spring: the impact of globally rising underwater sound levels on fish. *Trends Ecol. Evol.* 25, 419e427.
9. Urick, R. J. 1983. Principles of underwater sound, McGraw-Hill, New York. XIII, página 423.
10. Wartzok, D., Ketten, D.R. 1999. Marine mammal sensory systems. En *Biology of Marine Mammals* (eds J Reynolds, S Rommel), páginas 17 – 175, Washington, DC: Smithsonian Institution Press.
11. (2004) Scientific Aspects of Underwater Sound. En: *International Regulation of Underwater Sound*. Springer, Boston, MA.