

INSTITUTO OCEANOGRÁFICO DE LA ARMADA

ANÁLISIS TÉCNICO QUE PRESENTA LA DIRECCIÓN DE PLATAFORMA CONTINENTAL Y FONDO OCEÁNICO DEL INSTITUTO OCEANOGRÁFICO DE LA ARMADA SOBRE RUIDO SUBACUÁTICO ANTROPÓGENO, TEMA PROPUESTO PARA EL 19º PERÍODO DE SESIONES DEL PROCESO ABIERTO DE CONSULTAS OFICIOSAS DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE LOS OCÉANOS Y EL DERECHO DEL MAR.

ANTECEDENTES.-

El océano alberga una gran cantidad de sonidos naturales que proceden tanto de la biota como del medio. La intensidad de estos sonidos puede variar dependiendo de su fuente, así por ejemplo, sonidos de baja intensidad son producidos por las olas, el viento y pequeños organismos, mientras que los de mayor potencia se originan por eventos catastróficos (volcanes submarinos, movimientos sísmicos) o son emitidos por ciertos mamíferos para comunicarse (chasquidos de cachalotes).

Sin embargo, existen también ruidos que proceden de fuentes antropógenas, es decir que son producto de las actividades que realizan los seres humanos en el medio marino, y contribuyen a producir un nivel significativo de ruido en todo el océano. Debido al aumento del transporte marítimo comercial, prácticas militares y del desarrollo de actividades inherentes a la extracción de recursos naturales, el océano está sufriendo grandes cambios y su entorno es cada vez más ruidoso.

Las fuentes antropogénicas de ruido en el medio marino, constituyen amenazas inciertas para algunos mamíferos marinos y otras formas de vida, ya que el sonido es una modalidad sensorial importante para ellos. El impacto de estas fuentes externas sobre la fauna marina, es un tema que está adquiriendo gran importancia e interés por las comunidades científicas, legales y ambientales internacionales, como también en la población. Sin embargo, las regulaciones sobre el ruido submarino no se encuentran al mismo nivel de desarrollo, que las referentes a otros agentes contaminantes como contaminación por desechos o derrames de combustibles. A pesar de que el tema inherente a contaminación acústica en el medio marino no se encuentra dentro de la legislación nacional vigente, se contempla en el Marco del Derecho Internacional, a través de instrumentos normativos como resoluciones emitidas por diferentes instituciones competentes.

La Convención de las Naciones Unidas sobre la Ley del Mar ¹en 1982, sentó las bases de las posteriores convenciones dedicadas a esta temática, esta Convención en su artículo 1: Términos empleados y alcance define **contaminación del medio marino** como: *“La introducción, por el hombre, directa o indirectamente, de sustancias o energía dentro del medio marino, incluyendo estuarios, que ocasiona, o puede ocasionar efectos nocivos o daño a los recursos y vida marina, riesgo a la salud humana, obstaculizar las actividades marinas incluyendo la pesca o cualquier*

¹ United Nations Convention of the Law of the Sea-UNCLOS

INSTITUTO OCEANOGRÁFICO DE LA ARMADA

otro uso legítimo del mar, deterioro en la calidad de los usos del agua marina o reducción de su disfrute.” (Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar, 1982)

En base a este enunciado, puede considerarse al ruido como un agente contaminante del entorno marino y debido a esto, todos los Estados Parte tienen la obligación de participar de forma independiente o vinculados a organizaciones internacionales competentes en la observación, evaluación y análisis de los riesgos de contaminación del medio marino o sus efectos, lo cual es ratificado por los artículos 202: *Asistencia científica y técnica a los Estados en desarrollo* y 204: *Vigilancia de los riesgos de contaminación o de sus efectos* de la Convemar.

La Asamblea General de las Naciones Unidas ha expresado en los últimos años su preocupación ante el ruido antropogénico y señala que es una amenaza emergente para la biodiversidad marina, por lo que intenta promover la investigación en este tema. Esto se puede evidenciar al revisar apartados puntuales de las resoluciones 61/222 (2006)², A/62/215 (2007)³, A/63/L.42 (2008)⁴ y A/66/70 (2011)⁵. (Universidad de La Laguna, KAI Marine Services, 2012)

Sin embargo, además de la Convemar existen instituciones interesadas en la protección del medio marino, ante este tipo de contaminación, entre ellas se encuentran: la Organización Marítima Internacional⁶(OMI), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente⁷ (ONU-PNUMA), instituciones de la Unión Europea y Convenios de gestión y conservación del medio marino como ACCOBAMS⁸, OSPAR⁹, CBI¹⁰, ASCOBANS¹¹, CMS¹², entre otros. Estas organizaciones han desarrollado una serie de documentos y resoluciones en las que se ve reflejada la preocupación sobre el impacto del ruido submarino antropogénico y su incidencia en las especies más vulnerables del entorno, especialmente los cetáceos. (Diario Oficial de la Unión Europea, 2008)

Desde el año 2005 la OMI ha emitido resoluciones, donde el tema prioritario es minimizar la introducción de ruido accidental por el tráfico comercial marítimo, como la resolución A.982 (2005), insiste en la aplicación de las medidas de protección, por ejemplo las restricciones de descarga, la identificación de áreas a evitar y las rutas de navegación establecidas, entre otras. Además se constituyó un Grupo de Trabajo para determinar y emitir observaciones técnicas con

² Resolución 61/222 (2006). Los océanos y el derecho del mar, X. La biodiversidad marina, punto 107.

³ Resolución A/62/215 (2007). Los océanos y el derecho del mar, X. La biodiversidad marina, punto 120.

⁴ Resolución A/63/L.42 (2008). Los océanos y el derecho del mar, X. La biodiversidad marina, punto 141.

⁵ Resolución A/66/70 (2011). Los océanos y el derecho del mar, X. La biodiversidad marina, puntos 107-113.

⁶ International Maritime Organization -IMO

⁷ United Nations Environment Programme -UNEP

⁸ Acuerdo ACCOBAMS sobre la conservación de los cetáceos del mar Negro, el mar Mediterráneo y el Área Atlántica Vecina

⁹ Convenio OSPAR para la protección del Medio Ambiente Marino del Atlántico del Nordeste

¹⁰ Comisión Ballenera Internacional

¹¹ Acuerdo ASCOBANS para la conservación de los pequeños cetáceos del mar Báltico, el Nordeste Atlántico, el mar de Irlanda y el mar del Norte

¹² Convenio de Bonn sobre Especies Migratorias de Animales Silvestres –CMS.

INSTITUTO OCEANOGRÁFICO DE LA ARMADA

el fin de reducir el ruido provocado por los buques de tráfico marítimo comercial y los impactos adversos sobre la vida marítima. Los trabajos desarrollados por este grupo, han contribuido significativamente para la reducción del ruido antropogénico en el medio marino, debido a las investigaciones desarrolladas en las rutas de navegación, identificando los tipos de buque que emiten ruidos de mayor intensidad. La necesidad de obtener información de ruidos submarinos provocados por buques, permitió que se establezcan métodos adecuados para su medición, y como resultado se crearon documentos ISO/TC8/SC2, MEPC 62/19 y la norma ANSI/ASA S.12.64-2009. (García, 2014)

Por su parte el Convenio OSPAR contribuye en este aspecto, al incluir dentro de sus artículos y anexos un compromiso de los Estados Parte para identificar, con miras a su regulación, las actividades que causan o podrían causar un impacto significativo sobre la conservación de la biodiversidad. Entre algunas de sus contribuciones se encuentran, un documento base de ruido submarino en el medio marino aprobado en el 2009 y un borrador de las directrices donde se incluyen apartados concernientes a las restricciones geográficas y estacionales, como medidas efectivas para evitar la exposición sonora de especies y hábitats sensibles. (Universidad de La Laguna, KAI Marine Services, 2012)

En el marco del Convenio de Bonn-CMS, el cual se interesa principalmente en poblaciones de especies migratorias y su distribución geográfica, cabe destacar su interés en la temática de ruido submarino, al incluir entre sus resoluciones a la 10.24 emitida en noviembre de 2011, en donde las Partes contratantes, ven la necesidad de reducir las emisiones nocivas de ruido submarino aplicando medidas de gestión nacionales, regionales e internacionales, además mediante la resolución 9.19, las Partes se comprometen a controlar el impacto de la contaminación sonora antropogénica, en zonas donde los mamíferos u otras especies vulnerables pueden estar concentradas. (Universidad de La Laguna, KAI Marine Services, 2012)

El acuerdo de ACCOBAMS que surgió del Convenio sobre Especies Migratorias, ha emitido varias regulaciones con respecto a la temática de ruido submarino, en especial la resolución 4.17 y la resolución 3.10 aprobadas en el año 2007. En la primera se establecen Directrices para gestionar los impactos del ruido submarino sobre los cetáceos en el área de estudio de ACCOBAMS, y se insta a considerar la legislación aplicable en esta área, en lo referente a la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), antes de realizar las actividades que producen ruido submarino. (Diario Oficial de la Unión Europea, 2008)

Así también, el acuerdo de ASCOBAMS une sus esfuerzos para combatir la amenaza del ruido submarino al emitir varias resoluciones inherentes al tema, en ellas las Partes se comprometen a desarrollar junto a las autoridades, medidas correctoras e inclusive EIA con la finalidad de reducir el impacto y posible daño a los cetáceos. Además, dichas resoluciones consideran los casos donde se utilizan dispositivos acústicos para pesca, el ruido generado por actividades industriales extractivas y las actividades de construcción marina para la producción de energías renovables. (García, 2014)

INSTITUTO OCEANOGRÁFICO DE LA ARMADA

El Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico, Técnico y Tecnológico del Convenio de Río sobre la Diversidad Biológica en el año 2012, recomendó restricciones espacio-temporales de actividades realizadas en el medio marino, convirtiéndose en el enfoque más práctico y directo para reducir los impactos en los animales marinos. (García, 2014)

A pesar de los esfuerzos de estas organizaciones, la normativa en el marco de diferentes instrumentos jurídicos, es insuficiente para garantizar la adecuada protección de los ecosistemas marinos frente a la contaminación acústica submarina, por lo que es necesario que se sumen esfuerzos para desarrollar un marco regulatorio a fin de prevenir el impacto de estas actividades, mediante la creación de mecanismos de control y en última instancia la elaboración de programas de mitigación.

Debido a la importancia de esta problemática, la CONVEMAR a través de la resolución 71/257¹³ emitida en Diciembre de 2016, decidió que en el Proceso de Consultas Oficiosas sobre los océanos y el derecho del mar, durante los debates de su 19ª reunión, en 2018, se centre en el tema “Ruido subacuático antropógeno”, además invita a los Estados a presentar una contribución en la que expongan sus puntos de vista sobre el tema mencionado.

2. ANÁLISIS.-

2.1 Principales Fuentes antropógenas de ruido subacuático

Diversas actividades que el ser humano realiza en el mar son necesarias para su desarrollo, desde las relacionadas con la extracción de recursos naturales y el comercio hasta los estudios geofísicos y operaciones militares. La ejecución de estas actividades provoca ruidos en el entorno marino y aunque muchos de estos ruidos se producen intencionalmente (sonares, ecosondas, etc.), la mayor parte de ellos es un producto secundario derivado de la actividad humana (construcción, transporte marítimo, etc.)

El tráfico de buques contribuye significativamente a la contaminación por ruido subacuático, porque más del 90% del transporte mundial de mercancías se realiza por este medio, sin embargo, el ruido producido por embarcaciones comerciales se limita a puertos y rutas de navegación establecidas, mientras que el ruido producido por buques de pesca, actividades militares o de investigación científica, es disperso. (Hodges, 2010)

El uso del sonar contribuye también con la contaminación acústica en el medio marino, este instrumento es utilizado para realizar actividades subacuáticas de vigilancia, detección, localización y seguimiento de blancos, que dependiendo de su objetivo pueden ser de baja, media y alta frecuencia.

¹³ Resolución 71/257. Los océanos y el derecho del mar. Párrafo 339.

INSTITUTO OCEANOGRÁFICO DE LA ARMADA

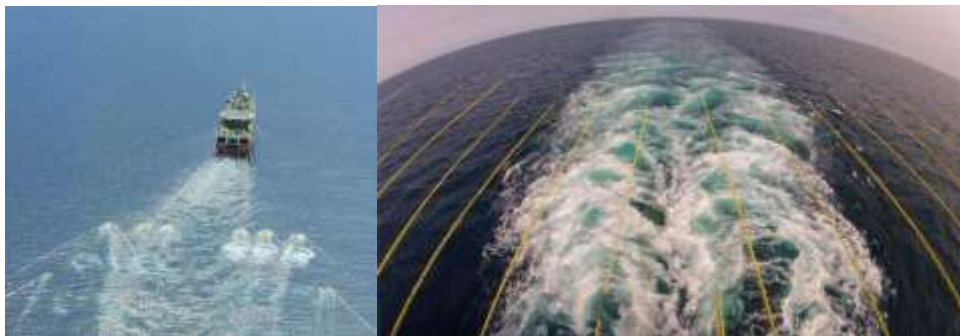


Figura 1. Levantamiento sísmico (Izq). Barco responsable de la campaña sísmica de la petrolera escocesa Cairn Energy. (Der) Servicios sísmicos de la empresa noruega Spectrum Asa

Fuente: Diario "El Mundo". E. M., Ricardo F. Colmenero, Diario Elonce.

Los sonidos emitidos durante las maniobras militares como la comunicación entre submarinos, o los disparos desde las baterías de los navíos de guerra, también causan un alto impacto en las especies marinas, especialmente en los cetáceos.

No obstante, las actividades de mayor impacto corresponden a las relacionadas con la prospección de hidrocarburos en el subsuelo marino Fig.1. Al llevar a cabo los sondeos acústicos, se utilizan cañones de aire comprimido (air guns), que se encuentran sumergidos a cierta profundidad y son arrastrados por barcos especializados. Estos cañones emiten explosiones cada cierto tiempo con intensidades sonoras de hasta 260 dB, las ondas acústicas se transmiten a través del agua y pueden desplazarse centenares de kilómetros.

La energía del sonido se mide en dB¹⁴ y su escala es logarítmica, lo que representa una gran variación de magnitud, cuando ocurren cambios relativamente insignificantes. Considerando que las ondas emitidas durante los sondeos acústicos tienen un nivel sonoro de 249 a 265 dB y el ruido ambiente del océano se encuentra entre los 55 y 85 dB, es indudable que estas perturbaciones producen efectos adversos en el medio marino y en su fauna. (Universidad de La Laguna, KAI Marine Services, 2012)

El rango de audición para el ser humano está entre las frecuencias de 20 Hz y 20 KHz, cuando estos valores son menores que 20 Hz y mayores a 20KHz se denominan infrasonidos y ultrasonidos respectivamente. La mayor parte de las especies marinas tienen diferentes rangos audibles y son sensibles a rangos de frecuencia mucho más amplios que el ser humano, incluyendo frecuencias infrasónicas y ultrasónicas.

En general, el ruido emitido por el transporte marítimo está por debajo de los 500 Hz y las ondas acústicas emitidas por las explosiones de los cañones submarinos se sitúan entre los 10 y 250 Hz. (García, 2014)

Para los científicos y organizaciones relacionadas con la conservación y preservación del medio marino, es cada vez mayor la preocupación por la propagación del ruido submarino,

¹⁴ dB: Decibelios

INSTITUTO OCEANOGRÁFICO DE LA ARMADA

representando una amenaza significativa para los ecosistemas marinos y la supervivencia de su fauna. La alteración acústica en este medio pone en riesgo especialmente a los cetáceos, ya que para su orientación espacial, alimentación y reproducción tienen un sistema de ecolocación¹⁵. (Universidad de La Laguna, KAI Marine Services, 2012)

Cabe mencionar que las actividades antropogénicas, que entran en contacto directo con el fondo marino como la perforación, producen vibraciones significativas y es probable que afecten a los invertebrados bentónicos. La vibración puede ser utilizada por especies marinas para la detección de señales bióticas y abióticas, sin embargo su importancia y sensibilidad a la vibración, no está documentada para muchas especies marinas. (Roberts & Elliott, 2017)

2.2 Principales efectos sobre las especies marinas.

El ruido subacuático derivado de actividades humanas provoca efectos adversos sobre la vida acuática, estos efectos pueden variar desde los aparentemente leves como el estrés fisiológico y cambios en su comportamiento, hasta los agudos como la discapacidad auditiva permanente o temporal, considerando que el sentido de la audición es sumamente importante para las especies de mamíferos marinos. (Farcas, Thompson, & Merchant, 2016).

El uso de sonares de baja frecuencia (LFAS por sus siglas en inglés), puede provocar daños en cetáceos que se encuentren a una distancia de hasta 100 kilómetros. Durante los años 1963, 1996, 2000 y 2002 se registraron varamientos de cetáceos, los cuales han sido relacionados con actividades navales, cuyos ejercicios de práctica tenían como instrumento principal el sonar. (Universidad de La Laguna, KAI Marine Services, 2012). Los efectos adversos del uso del sonar en los cetáceos corresponden a vibraciones en todas las cavidades de su cuerpo, tráquea, mandíbulas y espacios craneales. Además, al realizar prácticas de necropsia a los zifios¹⁶ se ha confirmado que las burbujas encontradas son de nitrógeno, lo que indica que se ha producido una enfermedad descompresiva. (Universidad de La Laguna, KAI Marine Services, 2012) Los sonidos de alta frecuencia emitidos durante las operaciones militares como las explosiones pueden incluso provocar la muerte de cetáceos. (García, 2014)

2.3 Desafíos planteados

Ecuador es un país cuya extensión en territorio marítimo es aproximadamente 4 veces mayor a su extensión terrestre (Ministerio de Defensa Nacional, 2017). Las islas Galápagos son parte de Ecuador y debido a sus condiciones climáticas, y la confluencia de varias corrientes marinas en sus inmediaciones, forman el ambiente propicio para el desarrollo de muchas especies marinas inusuales y altamente sensibles. (M. Castrejón, 2013). La Reserva Marina de Galápagos comprende toda la zona marina dentro de una franja de 40 millas náuticas, medidas a partir de

¹⁵ Ecolocación: capacidad de algunos animales de conocer su entorno por medio de la emisión de sonidos y la interpretación del eco que los objetos a su alrededor producen

¹⁶ Zifios: Familia de cetáceos odontocetos

INSTITUTO OCEANOGRÁFICO DE LA ARMADA

las líneas de base de las Islas Galápagos (Ministerio de Defensa Nacional , 2017) y es un área protegida considerada Patrimonio Natural de la Humanidad.

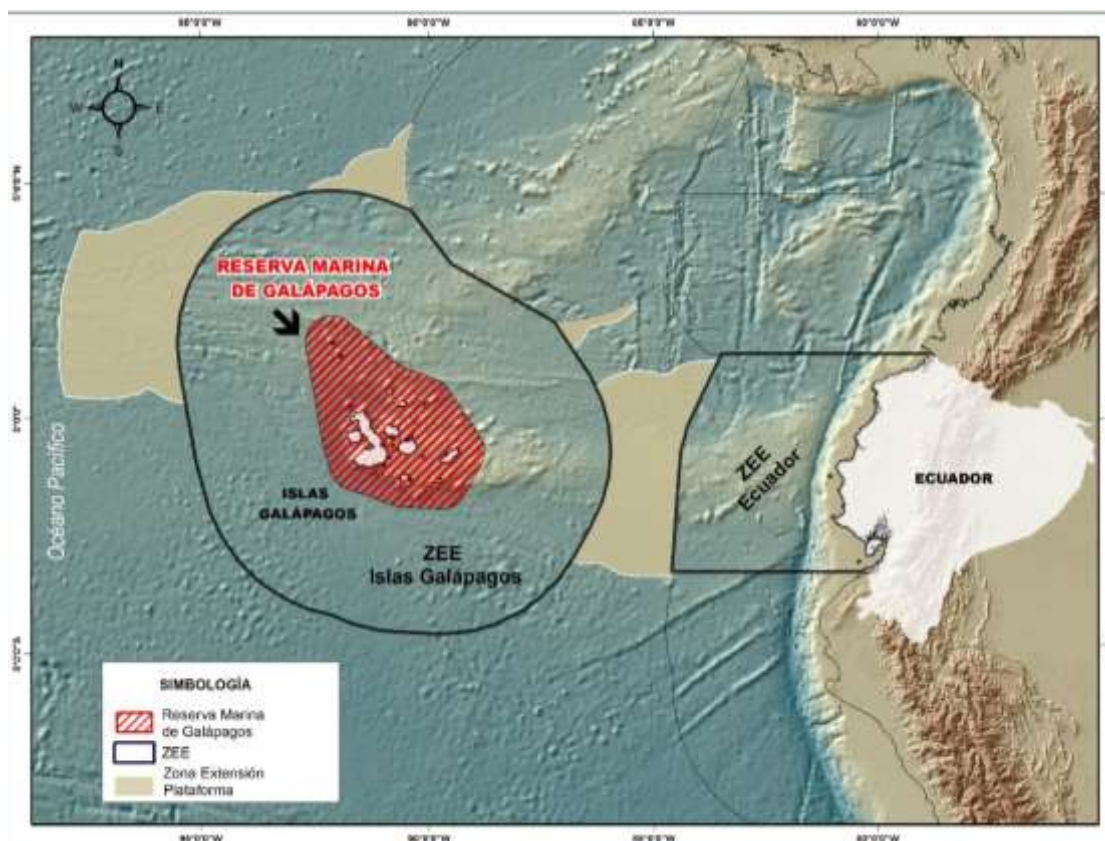


Figura 2. Mapa que muestra la Reserva Marina de Galápagos y las ZEE del Ecuador.

La actividad pesquera en el mar territorial y ZEE¹⁷ es bastante habitual, y entre los productos de mayor exportación destacan el camarón y el atún, siendo este último el tercer rubro más importante de las exportaciones nacionales. (Instituto de promoción de Exportaciones e Inversiones , 2015)

En el Ecuador existen cuatro puertos principales en funcionamiento (Guayaquil, Manta, Esmeraldas y Puerto Bolívar) y un puerto de aguas profundas en fase de construcción (Posorja). A nivel mundial estos puertos no son los más transitados, sin embargo una cantidad considerable de buques mercantes navega en aguas ecuatorianas, debido a esto, parte del territorio marítimo es atravesado por las rutas de navegación secundaria, como se observa en la figura 3.

¹⁷ ZEE: Zona Económica Exclusiva

INSTITUTO OCEANOGRÁFICO DE LA ARMADA

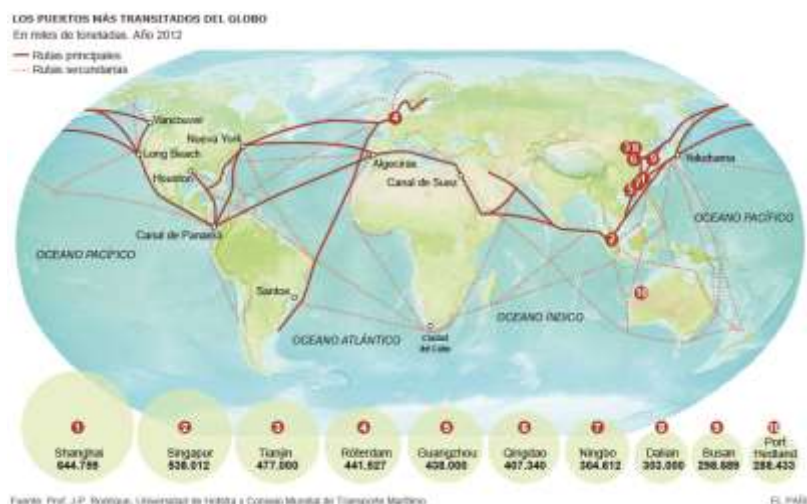


Figura 3. Mapa de las principales rutas marítimas mundiales.

Fuente: Directorio de Empresas de Carga Marítima, Aérea y Terrestre

En el marco legal institucional vigente, la Constitución Política del Ecuador publicada en el Registro Oficial No. 449 del 2008 contiene los artículos 14, 15, 66, 73, 74, 396, 397 y 398, que a pesar de que se centran en la lucha contra la contaminación del ambiente, las sanciones y el incentivo para el uso de energías limpias, no involucran la problemática de la contaminación acústica en los espacios marítimos jurisdiccionales.

En referencia a la normativa internacional, el Ecuador se adhirió a la CONVEMAR el 24 de septiembre de 2012 y como Estado Parte de esta Convención debe cumplir y hacer cumplir los artículos establecidos en la Ley del Mar, así como todos los acuerdos relativos a cada una de sus secciones.

En el artículo 1, la Convención hace referencia al término contaminación y lo define como *“La introducción, por el hombre, directa o indirectamente, de sustancias o energía dentro del medio marino, incluyendo estuarios, que ocasiona, o puede ocasionar efectos nocivos o daño a los recursos y vida marina, riesgo a la salud humana, obstaculizar las actividades marinas incluyendo la pesca o cualquier otro uso legítimo del mar, deterioro en la calidad de los usos del agua marina o reducción de su disfrute.”* El ruido submarino de origen antropógeno se considera un agente contaminante del medio marino, según la definición planteada por la Convención.

Así también, los artículos 202 y 204 de la Convemar, instan a todos los Estados Parte a participar directamente o por medio de organizaciones internacionales, en el desarrollo de estudios o investigaciones que determinen las fuentes causantes de la contaminación acústica en el medio marino y propongan soluciones que minimicen el impacto de estas actividades.

Debido a la extensión de los espacios marítimos, la existencia de zonas protegidas, la actividad pesquera, las rutas marítimas definidas y la vinculación del Ecuador en la Convemar, es imprescindible, que se establezcan normas que regulen las actividades que se desarrollan en el

INSTITUTO OCEANOGRÁFICO DE LA ARMADA

medio marino para mitigar la contaminación acústica de origen antropógeno, establecer vínculos con organizaciones internacionales, que conocen de esta problemática y llevar a cabo investigaciones que permitan caracterizar la contaminación acústica en el espacio marítimo ecuatoriano.

Estos trabajos deben incluir monitoreos en zonas prioritarias, con la finalidad de caracterizar el ruido de origen antropógeno, entre ellas se debe considerar principalmente a la Reserva Marina de Galápagos, por ser un área sensible y Patrimonio Natural de la Humanidad, zonas de puertos marítimos y áreas utilizadas para el tránsito marítimo internacional.

2.3 Acciones y actividades que se han llevado a cabo a nivel nacional o regional

La comunidad científica internacional se muestra preocupada por los efectos del ruido submarino antropógeno sobre la vida marina, especialmente sobre los cetáceos, por esta razón, reconoce la importancia de disponer de estudios científicos fiables para hacer frente a esta problemática y alienta a que se hagan nuevas investigaciones, estudios y análisis del impacto del ruido oceánico en los recursos marinos vivos. (García, 2014)

Gracias a las gestiones de organismos internacionales, convenciones y acuerdos multilaterales a los que se suman los esfuerzos de ciertos países europeos, se han realizado estudios que se traducen en avances para prevenir y mitigar los problemas suscitados por el desarrollo de dichas actividades. A continuación se citan y describen los principales estudios o propuestas:

- El Acuerdo ACCOBAMS, propuso metodologías de monitoreo y gestión de las principales actividades que generan contaminación acústica en el medio marino. Este estudio se realizó en el mar Mediterráneo y se dividió en 3 fases. La primera inicia con el inventario de las actividades que producen ruidos en el medio marino y son realizadas por el ser humano; en la segunda fase se determinan las áreas donde se llevan a cabo tales actividades; en la última fase se realizaron análisis vectoriales, que permitieron identificar zonas críticas, donde se concentran las perturbaciones acústicas y a estos resultados se superponen las zonas de hábitats de los cetáceos. Los mapas resultantes del análisis proporcionan una visión general de la ocurrencia espacial de las principales actividades humanas productoras de ruido en el Mar Mediterráneo y la afectación de los cetáceos. En base a estos resultados, se recomienda una metodología para el monitoreo del ruido generado por las actividades humanas en el medio marino. (Maglio Alessio, Pavan Gianni, Castellote Manuel, & Frey Silvia, 2015)

INSTITUTO OCEANOGRÁFICO DE LA ARMADA

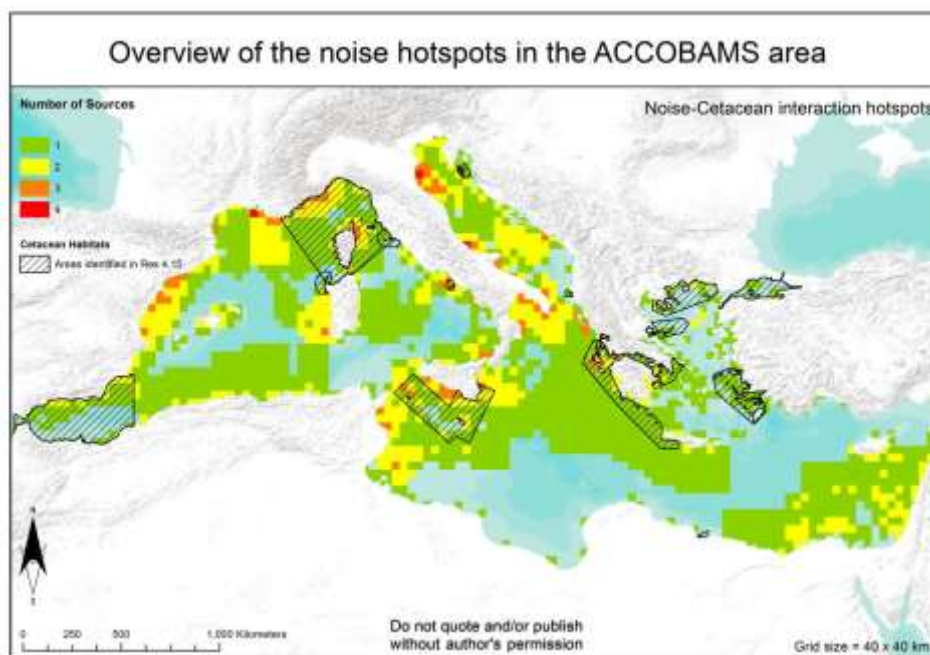


Figura 4. Puntos de interacción ruido-cetáceo: superposición de zonas de ruido y hábitats importantes de cetáceos. Fuente: (ACCOBAMS Resolution 4.10, 2010)

- La OMI, por su parte ha emitido una serie de lineamientos para la reducción de ruido submarino producido por buques comerciales, con el fin de disminuir los impactos adversos sobre la fauna marina, por ejemplo se cita la Circular MEPC.1 /833 del 2014, en la que se propone el uso de modelos computacionales como el CFD¹⁸, SEA¹⁹, FEA²⁰ y BEM²¹, para predecir el nivel de ruido subacuático. Por otro lado, proporciona lineamientos para el diseño de los buques, destacando que el casco del barco y su propulsor deben estar acoplados correctamente para evitar en la medida de lo posible la cavitación y así reducir de manera efectiva de ruido submarino. Adicionalmente el apartado 6 de la circular ibídem, se refiere a una serie de estándares y procedimientos que la ISO ha implementado en lo concerniente a la reducción de la contaminación acústica en el medio ambiente marino, por ejemplo la (ISO/PAS) 17208-1- *Acoustics – Quantities and procedures for description and measurement of underwater sound from ships* y la ISO/DIS 16554 – *Ship and marine technology- Measurement and reporting of underwater sound radiated from merchant ships- Deep water measurement* (2013).

¹⁸ CFD: Computational Fluid Dynamics.- para predecir y visualizar las características del flujo alrededor del casco.

¹⁹ SEA: Statistical Energy Analysis.- para estimar el ruido de alta frecuencia y los niveles de vibración transmitidos desde la maquinaria.

²⁰ FEA: Finite Element Analysis.-para estimar la el ruido de alta frecuencia y los niveles de vibración de la estructura del buque.

²¹ BEM: Boundary Element Method.- se complementa con el FEA.

INSTITUTO OCEANOGRÁFICO DE LA ARMADA

- La OTAN ha emitido una serie de documentos como un aporte a la reducción de la contaminación acústica, como el NURC-SP-2006-008 "*Human diver and marine mammal risk mitigation rules and procedures*", y el NURC-SP-2009-002 "*Marine mammals risk mitigation rules and procedure*". Estos documentos dan una serie de recomendaciones principalmente para momentos antes de la transmisión del sonido, como ejemplo se cita al uso del ramp-up²².

La Academia y los centros de investigación también contribuyen realizando publicaciones científicas de los resultados obtenidos en sus investigaciones, al intentar resolver esta problemática, entre los más destacados se citan los siguientes:

- El artículo "*Underwater noise modelling for environmental impact assessment*", publicado por la revista *Environmental Impact Assessment*, y elaborado por investigadores del CEFAS²³ y la *University of Aberdeen* de Reino Unido, además de revisar el proceso de modelado, analiza los factores que afectan las predicciones de exposición al ruido y muestra las consecuencias de los errores y las incertidumbres del modelo. (Filiciotto et al., 2016)
- El artículo "*Good or bad vibrations? Impacts of anthropogenic vibration on the marine epibentos*" realizado por investigadores del IECS²⁴ y la *University of Hull*, de Reino Unido, muestra el resultado del estudio de las vibraciones que se producen en el fondo marino producto de actividades de perforación y como éstas afectan a los invertebrados bentónicos, que se hallan en las inmediaciones de la zona de estudio. (Roberts & Elliott, 2017)
- Los investigadores de la *University of Stirling*, a través del artículo "*Stress response to anthropogenic noise in Atlantic cod*", confirman que el bacalao puede percibir el ruido generado dentro de un rango de frecuencia de 100-1000 Hz, y la exposición diaria a ruidos que se ubiquen en estos rango de frecuencia, producen una reducción significativa en la producción total de huevos y tasas de fertilización. (Sierra-flores, Attack, Migaud, & Davie, 2015)
- Varios institutos y universidades italianas se han enfocado, en el estudio del comportamiento de las gambas²⁵ frente a la influencia del ruido producido por barcos. Su artículo "*Underwater noise from boats: Measurement of its influence on the behaviour and biochemistry of the common prawn*" muestra los resultados obtenidos en una serie de experimentos realizados en laboratorios y revela claramente que los invertebrados son susceptibles a los estímulos acústicos del ruido producido por embarcaciones.

²² Ramp-up es un término técnico que hace referencia a la introducción gradual del sonido, para proporcionar a cualquier animal marino que se encuentre en las inmediaciones, la oportunidad de salir de su zona de influencia.

²³ CEFAS: Centre for Environment, Fisheries and Aquaculture Science

²⁴ IECS: Institute of Estuarine and Coastal Studies

²⁵ Gambas: crustáceos marinos con abdomen desarrollado y caparazón flexible.

INSTITUTO OCEANOGRÁFICO DE LA ARMADA

En el Marco Legal Internacional se tienen varias normativas impuestas por diferentes organismos competentes y convenciones, además de iniciativas para instaurar un marco normativo internacional, entre los principales avances en este campo se citan las siguientes:

- La Ley del Mar emitida y aprobada por la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar-**Convemar**.
- Normativas y Resoluciones emitidas por la **Convención sobre Especies Migratorias**, en varias de las denominadas *Conferencias de las Partes*.
- Recomendaciones dadas por el Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico, Técnico y Tecnológico, del **Convenio de Río sobre la Diversidad Biológica**.
- Informes emitidos por la Comisión del **Convenio OSPAR**.
- Recomendaciones del **Comité Asesor de ASCOBANS**.
- Documentos generados por la **OTAN**: NURC-SP-2006-008 y NURC-SP-2009-002, que contemplan la adopción de diversas medidas encaminadas a la reducción de la contaminación acústica.
- Las demandas de la **Silent Oceans Campaign** respecto a la instauración de un marco normativo internacional, para disminuir la contaminación acústica antropogénica en los océanos.

2.4 Observaciones Adicionales

El nivel de ruido de origen antropogénico en el medio marino aumenta a un ritmo alarmante. En algunas áreas, los niveles de ruido submarino se han ido duplicando década tras década durante los últimos 60 años. (Universidad de La Laguna, KAI Marine Services, 2012)

En efecto desde el 2005, la ONU²⁶ ha reconocido que la contaminación acústica es una de las cinco mayores amenazas, para los mamíferos marinos en especial los cetáceos y una de las diez mayores amenazas para los océanos. Debido a esto, ha establecido como una de sus prioridades la reducción y regulación de la contaminación acústica del océano. (García, 2014)

De acuerdo al informe “*Visión general de los puntos negros de ruido submarino en el área ACCOBAMS, Parte I – Mar Mediterráneo*”, realizado por científicos de Francia, Italia, Suiza y los EE.UU., y auspiciado por el Acuerdo ACCOBAMS, se cita “**mientras que en el 2005, un 3,8% de la superficie del Mediterráneo se vio afectada por el uso de sondeos acústicos con cañones de aire comprimido, en 2013 este porcentaje había aumentado hasta el 27%**”. (Maglio Alessio et al., 2015)

Si bien, la Ley del mar en muchos de sus artículos impone un deber de cooperación entre los Estados Parte y la comunidad científica, para la conservación de los océanos, en otros permite a los Estados optar por la aplicación de sus normas para resolver las controversias relativas a actividades militares, que incluyen las dedicadas a servicios no comerciales, generando

²⁶ Organización de las Naciones Unidas

INSTITUTO OCEANOGRÁFICO DE LA ARMADA

controversias, al no definir hasta qué punto la Convemar debe restringir los ejercicios navales con sónar y así proteger a los mamíferos marinos de los efectos de los mismos.

CONCLUSIONES.-

Los países europeos a través de los diversos organismos y convenios de los que forman parte, son los precursores y continúan con el desarrollo de las investigaciones del ruido submarino producido por el hombre, como el uso de sonares, la aplicación de técnicas sísmicas, los instrumentos para pesca, entre otras. Además proponen soluciones o alternativas para la reducción del impacto acústico en el entorno marino, con la implementación de nuevos diseños de casco y hélices de buques, monitoreo de ruidos en zonas de tránsito marítimo y zonas protegidas. No obstante, no existe interés en los países de los continentes restantes en especial de América del sur.

La contaminación acústica producida por fuentes antropogénicas, ha causado graves daños en los ecosistemas marinos, principalmente a su fauna (cetáceos y crustáceos), cuyo comportamiento se afecta, reflejándose en los cambios de patrones reproductivos e indirectamente influye en la cadena trófica, por lo que es imperativo generar medidas de control que reduzcan y mitiguen los efectos adversos causados por las actividades que se producen en el medio marino.

RECOMENDACIONES.-

Despertar el interés y concientizar a la población y comunidad científica nacional, sobre los efectos adversos que ocasionan las actividades antropogénicas en el medio marino, mediante la difusión de estudios de la contaminación acústica que se han desarrollado a nivel internacional.

Fomentar la investigación referente a la contaminación acústica en el medio marino, a través de la generación de proyectos que involucren a la Academia y a las instituciones competentes públicas y privadas.

Conformar un grupo multidisciplinario, que trabaje en la identificación de ruidos de alto impacto que afectan a los ecosistemas marinos, en las zonas de la reserva marina de Galápagos y sus inmediaciones, así como en zonas de rutas marítimas comerciales.

Gestionar con Cancillería que el Estado Ecuatoriano apoye estas iniciativas considerando el Patrimonio Natural existente en el territorio marítimo

INSTITUTO OCEANOGRÁFICO DE LA ARMADA

BIBLIOGRAFÍA.-

Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar. (1982). Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar. Nueva York.

Diario Oficial de la Unión Europea. (2008). DIRECTIVA 2008/56/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO. 19-40.

Farcas, A., Thompson, P. M., & Merchant, N. D. (2016). Underwater noise modelling for environmental impact assessment. *Environmental Impact Assessment Review*, 57, 114–122. <http://doi.org/10.1016/j.eiar.2015.11.012>

Filiciotto, F., Vazzana, M., Celi, M., Maccarrone, V., Ceraulo, M., Buffa, G., ... Grammatta, R. (2016). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology Underwater noise from boats : Measurement of its influence on the behaviour and biochemistry of the common prawn (*Palaemon serratus* , Pennant 1777). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 478, 24–33. <http://doi.org/10.1016/j.jembe.2016.01.014>

García, M. Á. (2014). La contaminación acústica submarina: especial referencia al impacto sobre los cetáceos producido por los sónares de los buques de guerra. *Actualidad Jurídica Ambiental*.

Hodges, R. P. (2010). Underwater acoustics analysis, design and performance of sonar. New Delhi: Markono Print Media.

Instituto de promoción de Exportaciones e Inversiones. (25 de Febrero de 2015). Principales productos de la oferta exportable de Ecuador. Obtenido de PROECUADOR: <http://www.proecuador.gob.ec/pubs/principales-productos-de-la-oferta-exportable-de-ecuador/>

Maglio Alessio, Pavan Gianni, Castellote Manuel, & Frey Silvia. (2015). OVERVIEW OF THE NOISE HOTSPOTS IN THE ACCOBAMS AREA, Par I(1), 1–45.

M. Castrejón, O. D. (2013). Fishery Science in Galapagos: From a Resource-Focused to a Social–Ecological Systems Approach. *The Galapagos Marine Reserve*, 159-185.

Ministerio de Defensa Nacional. (2017). Carta didáctica del territorio marítimo del Ecuador. Guayaquil

Roberts, L., & Elliott, M. (2017). Science of the Total Environment Good or bad vibrations ? Impacts of anthropogenic vibration on the marine epibenthos. *Science of the Total Environment*, 595, 255–268. <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.117>

Sierra-flores, R., Atack, T., Migaud, H., & Davie, A. (2015). Aquacultural Engineering Stress response to anthropogenic noise in Atlantic cod *Gadus morhua* L . *Aquacultural Engineering*, 67, 67–76. <http://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2015.06.003>

INSTITUTO OCEANOGRÁFICO DE LA ARMADA

Universidad de La Laguna, KAI Marine Services, G. de E. N. de R. S. (2012). DOCUMENTO TÉCNICO
SOBRE IMPACTOS Y MITIGACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA MARINA.