

**Centro de Investigación Científica y de Educación
Superior de Ensenada, Baja California**



**Maestría en Ciencias
Ciencias de la Vida
con orientación en Biología Ambiental**

**Plantas de energías renovables marinas: Efectos potenciales
en mamíferos marinos y medidas de mitigación**

Tesis
para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de
Maestra en Ciencias

Presenta:

Vianey Cabello Figueroa

Ensenada, Baja California, México
2022

Tesis defendida por
Vianey Cabello Figueroa
y aprobada por el siguiente Comité

Dra. Gisela Heckel Dziendzielewski
Directora de tesis

Miembros del comité

Dr. Rodrigo Méndez Alonzo

Dra. Vanesa Magar Brunner



Dra. Ana Denise Re Araujo
Coordinadora del Posgrado en Ciencias de la Vida

Dr. Pedro Negrete Regagnon
Director de Estudios de Posgrado

Resumen de la tesis que presenta **Vianey Cabello Figueroa** como requisito parcial para la obtención del grado de Maestra en Ciencias en Ciencias de la Vida con orientación en Biología Ambiental.

Plantas de energías renovables marinas: Efectos potenciales en mamíferos marinos y medidas de mitigación

Resumen aprobado por:

Dra. Gisela Heckel Dziendzielewski
Directora de tesis

La energía oceánica utilizada en las Plantas de Energías Renovables Marinas (PERM) se obtiene a partir de la energía potencial, cinética, térmica o química del agua de mar y se puede transformar para suministrar electricidad, energía térmica o agua potable. En México, el “Centro Mexicano de Innovación en Energía del Océano (CEMIE-O)” ha permitido incentivar y promover líneas de investigación en torno a energías renovables; para obtener energía a partir de corrientes marinas, oleaje, gradiente salino, geotermia y gradiente térmico. La instalación de PERM ha aumentado y los efectos potenciales en la biota marina son todavía inciertos. Particularmente, los mamíferos marinos se caracterizan por ser centinelas de los ecosistemas y su salud general refleja la salud de los ecosistemas de los que dependen y en México hay alta biodiversidad de este grupo. Esta tesis evalúa el efecto potencial de PERMs en México mediante el análisis de literatura de otros países. El método se dividió en dos partes, primero se realizó una revisión sistemática de la literatura en donde se recopilieron 537 investigaciones del año 1957 al 2021: 479 de la base de datos Thetys, 2 de Irena y 56 de Google Académico. Se realizó una síntesis cualitativa con 284 investigaciones disponibles en marzo 2021 que presentan evidencia del efecto de estresores a consecuencia de las PERM en los mamíferos marinos. Después se realizaron entrevistas en profundidad a investigadores del CEMIE-O con la intención de obtener información sobre los sitios con mayor potencial para su instalación en México. Se investigaron las especies presentes y características que poseen y son de importancia para determinar sus efectos. Los efectos por PERM se derivan de tres etapas: construcción, operación y desmantelamiento, y además varían en escalas temporales y espaciales. Son estresores porque cambian el ecosistema y los receptores son los animales marinos que viven y se desarrollan en los alrededores donde se despliegan estas instalaciones. Los estresores se clasifican en luz, químicos, campos electromagnéticos, cables y líneas de amarre, cambios en flujos y sedimentos, efecto barrera y ruido. En mamíferos marinos los efectos principales son: el ruido durante la instalación, el riesgo de colisión con turbinas o embarcaciones, el riesgo de enredo y/o confusión de cables con presas. Los mysticetos en particular tienen efectos por la irradiación de campos electromagnéticos ya que alteran su migración, los Zifios tienen efectos por el ruido y los cambios en comportamiento que ocasionan que salgan a la superficie y puedan tener enfermedad de Bends. Las estrategias de alimentación y distribución de presas también pueden ser afectadas por la presencia de luz o cambios en los flujos y sedimentos. En conclusión, aunque toda instalación de PERMs implica un efecto, existen propuestas de medidas de mitigación que disminuyen satisfactoriamente los riesgos de los principales estresores y se pueden aplicar a los futuros desarrollos de PERMs en México. Es preferible evitar la construcción en épocas en las que los organismos son vulnerables, por ejemplo, en la reproducción y la migración y controlar la intensidad de ruido producido. Durante la operación, utilizar luces especiales, pinturas y recubrimientos no tóxicos, cables que no se enrollen y no emitan campos electromagnéticos, disuasores acústicos para evitar la colisión y controlar la velocidad del tráfico marítimo asociado a la PERM.

Palabras clave: Corrientes marinas, gradiente salino, geotermia, gradiente térmico, oleaje, energías renovables, biología de la conservación

Abstract of the thesis presented **by Vianey Cabello Figueroa** as a partial requirement to obtain the Master of Science degree in Life Sciences with orientation in Environmental Biology

Marine renewable energy plants: potential effects on marine mammals and mitigation measures

Abstract approved by:

Dra. Gisela Heckel Dziendzielewski
Thesis Director

The energy from the oceans is used in Marine Renewable Energy Plants (PERM) via seawater's potential, kinetic, thermal, or chemical energy. It can be transformed to supply electricity, thermal energy, or drinkable water. In Mexico, the "Mexican Center for Innovation in Ocean Energy (CEMIE-O)" arises to encourage and promote lines of research related to renewable energies from marine currents, waves, saline gradient, geothermal energy, and thermal gradient. The installation of PERM has increased, and the potential effects on marine biota are still uncertain. In particular, marine mammals may be used as sentinels of ecosystems, given that their general health reflects the health of the ecosystems they depend on, and because in Mexico this group has high biodiversity. This thesis evaluates the potential effect of PERMs through literature analysis from other countries. The method was divided into two parts. First, a systematic review of the literature was carried out in 537 investigations: 479 from the Thetys database, 2 from Irena, and 56 from Google Scholar. A qualitative synthesis was carried out with 284 investigations that presented evidence of the effect of stressors as a result of PERM in marine mammals and were available in March 2021. Later, in-depth interviews were conducted with CEMIE-O researchers to obtain information on the sites with the most significant potential for installation in Mexico. The species present and characteristics they possess and are of importance were investigated to determine their effects. The effects of PERM are derived from the construction, operation and decommissioning, and vary on time and spatial scales. They are stressors because they change the ecosystem. The receptors are the marine organisms that live and develop in the surroundings where these facilities are deployed. Stressors are classified into light, chemicals, electromagnetic fields, cables and mooring lines, changes in flows and sediments, barrier effect, and noise. In marine mammals, the main effects are noise during installation, risk of collision with turbines or boats, risk of entanglement and / or confusion of cables with prey. The mysticetes, in particular, have effects due to the irradiation of electromagnetic fields since they alter their migration. The beaked whales have effects due to noise and changes in behavior that cause them to surface and may make prone to Bends disease. Prey feeding and distribution strategies can also be affected by light or changes in flows and sediments. In summary, although every installation of PERMs implies an effect, there are proposals for mitigation measures that will satisfactorily reduce the risks of the main stressors and can be applied to future PERM developments in Mexico. It is preferable to avoid construction when organisms are vulnerable, such as during breeding and migration, and to control the intensity of noise produced. During operation, use red lights, non-toxic paints, cables that do not coil and do not emit electromagnetic fields, acoustic deterrents to avoid a collision, and control the speed of maritime traffic associated with the PERM.

Keywords: marine currents, saline gradient, geothermal, thermal gradient, waves, renewable energies, conservation biology

Dedicatoria

A mi mamá, Maricruz † por tu amor y ternura infinita, a mi abuelo Filiberto † por siempre confiar en mí, a mi abuela Elavia † por todos tus buenos deseos

A mi hermano Israel y papá Israel, a quienes más amo en el mundo, son más que mi familia, soy una extensión de ustedes y todo lo que yo he logrado se lo debo a ustedes por todo su apoyo y amor incondicional.

Agradecimientos

Al CICESE y al Posgrado en Ciencias de la Vida por darme la oportunidad de estudiar en una de las mejores instituciones y programas del país, al aceptarme en la maestría, con número de matrícula 19294468.

A todos los profesores del posgrado en Ciencias de la Vida por ayudarme a mejorar académicamente con clases, tutorías y recomendaciones de lecturas que me brindaron herramientas para elaborar esta tesis.

A mi directora de tesis, Dra. Gisela Heckel, por su apoyo, motivación e inteligencia, soy muy afortunada por encontrarla en mi trayectoria académica y por ayudarme a complementar mi formación con paciencia y cariño.

A la Dra. Vanesa Magar y al Dr. Rodrigo Méndez, miembros de mi comité, admiro mucho su trabajo, personalidad y talento científico, ustedes definieron la calidad de mi tesis en cada reunión con sus atinadas observaciones.

Al Dr. Markus Gross † quien durante los talleres me enseñó el entorno de las energías renovables marinas.

Al CONACYT como institución por otorgarme una beca para elaborar esta tesis (Número de becario 990800).

También agradezco los aportes durante las entrevistas a los investigadores: Dr. Ismael Mariño Tapia (CINVESTAV-Mérida, Yucatán), Dr. Armando Trasviña (CICESE-Unidad La Paz, Baja California Sur), Dra. Cecilia Enríquez (UNAM-Sisal, Yucatán), Dr. Loic Peiffer (investigador de Geotermia en el CICESE-Ensenada, Baja California) quienes de manera amable atendieron oportunamente cada una de mis dudas.

El financiamiento fue otorgado por el fondo sectorial CONACYT-SENER-Sustentabilidad Energética, a través del Centro Mexicano de Innovación en Energía del Océano (CEMIE-Océano) número de proyecto 249795.

A mis compañeros y colegas del CICESE de los posgrados Ciencias de la Vida, Ecología Marina y Electrónica en quienes encontré amistad y apoyo absoluto, todos ocupan un lugar muy especial en mi vida.

Especialmente a los que estuvieron conmigo en Biología Ambiental haciendo tareas, en clases y colaborando en equipo: Cristina, Diego, Edna, Fran, Gustavo, Luz, Sebastián y los agregados Antonio, Eduardo y Matus.

A mis mejores amigas Guadalupe, Karla, Leslybeth, Tania, Isis, Viridiana, Alain y a mi novio por motivarme cada día a continuar este trabajo, a pesar de la distancia sé que siempre puedo contar con ustedes.

Tabla de contenido

	Página
Resumen en español.....	ii
Resumen en inglés.....	iii
Dedicatorias.....	iv
Agradecimientos.....	v
Lista de figuras.....	viii
Lista de tablas.....	x
 Capítulo 1. Introducción	
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Energías Renovables Marinas.....	1
1.3 Dispositivos de aprovechamiento de energía del océano.....	3
1.4 El Centro Mexicano de Innovación en Energía del Océano (CEMIE-O).....	8
1.5 Impactos potenciales de las Plantas de Energías Renovables Marinas.....	8
1.6 Los mamíferos marinos y efectos de actividades humanas.....	10
1.7 Plantas de Energías Renovables Marinas en mamíferos marinos: Estresores y sus efectos.....	11
1.8 Justificación.....	15
1.9 Hipótesis.....	15
1.10 Objetivos.....	15
1.10.1 Objetivo general	15
1.10.2 Objetivos específico.....	16
 Capítulo 2. Metodología	
2.1 Método para revisión de literatura.....	17
2.2 Método para conocer los sitios propuestos en México por el CEMIE-Océano para la generación de energía.....	21
 Capítulo 3. Resultados	
3.1 Selección de las publicaciones de acuerdo a los criterios de inclusión y exclusión.....	24
3.2 Codificación para extracción de datos.....	24
3.3 Variables y presentación de resultados estandarizados.....	26
3.4 Síntesis de los efectos de PERM en mamíferos marinos del mundo.....	29

3.5 Plantas de Energías Renovables Marinas en México y sitios potenciales para su instalación.....	47
--	----

Capítulo 4 . Discusión

4.1 Corrientes marinas.....	57
4.2 Oleaje.....	59
4.3 Gradiente salino.....	60
4.4 Geotermia.....	60
4.5 Energía de gradiente térmico.....	61
4.6 Medidas de Mitigación.....	61

Capítulo 5 . Conclusiones

5.1 Conclusiones.....	70
-----------------------	----

Literatura citada.....	72
-------------------------------	-----------

Anexos	99
---------------------	-----------

Lista de figuras

Figura		Página
1	Convertidor de energía de oleaje oscilante: Aquamarine Power Oyster.....	4
2	Oscilador de Columna de Agua: Limpet	4
3	El convertidor de energía de corriente marina desarrollado en la Universidad de Uppsala en Suecia	5
4	Esquema conceptual de una planta OTEC On-Shore (Sobre la Costa).....	7
5	Vista esquemática del dispositivo de electrodiálisis inversa, la celda contiene dos electrodos, hechos de carbón activado, constituyen un capacitor el cual puede ser cargado y descargado	7
6	Diagrama de flujo del método seguido en este trabajo	17
7	Captura de pantalla del inicio de la base de conocimiento Tethys.....	18
8	Diagrama de flujo del método seguido para la segunda parte del método	22
9	Base de datos en Excel con la codificación de los datos.....	25
10	Captura de pantalla del contador de palabras: Este contado de palabras se utilizó para definir los países con estudios sobre mamíferos marinos y planta de energías renovables.....	26
11	Países con estudios enfocados a mamíferos marinos y los efectos potenciales de las Plantas de Energías Renovables Marinas.....	27
12	Frecuencia de publicaciones por país, de 497 publicaciones revisadas de 1957 a 2021.....	27
13	Frecuencia de publicaciones relacionadas al tipo de producción de energía renovable marina.	28
14	Investigaciones en los diferentes grupos de mamíferos marinos.....	28
15	Especies estudiadas.....	29
16	Mapa de sitios de importancia para la conservación biológica cercanos a Puerto Morelos y a la Isla de Cozumel.....	45
17	Zona propuesta para la instalación de dispositivos generadores de energía por corrientes marinas en Isla Cozumel	46

18	Mapa de las áreas de importancia para la conservación biológica cercanas al sitio de potencial instalación de plantas de energía por corrientes marinas en el Pacífico.....	47
19	Mapa de las áreas de importancia para la conservación biológica cercanas al sitio de potencial instalación de plantas de energía por oleaje en el Pacífico.....	49
20	Mapa de las áreas de importancia para la conservación biológica cercanas al sitio de potencial instalación de plantas de energía por gradiente salino en Ría Lagartos, Yucatán.....	51
21	Locaciones de recursos geotérmicos intermareales a lo largo de la Península de Baja California México. San Felipe, Punta Estrella, El Coloradito, Puertecitos, Bahía Concepción, San Siquismunde, Los Cabos, La Joya	53
22	Mapa de las áreas de importancia para la conservación biológica cercanas al sitio de potencial instalación de plantas de energía por Geotermia en La Joya, Bahía Concepción, San Siquismunde, San Felipe, Punta Estrella, el Coloradito, Puertecitos y los Cabos.....	54
23	Mapa de las áreas de importancia para la conservación biológica cercanas al sitio de potencial instalación de plantas de energía por gradiente térmico en Canal de Los Frailes.....	55

Lista de tablas

Tabla	Página
1 Tipos de datos que se obtuvieron de cada uno de los artículos revisados y se integraron en una base de datos	19
2 Criterios de inclusión y de exclusión: Los estresores que destacan son Efecto barrera con 98 artículos incluidos y ruido con 77. Luz es el estresor que presenta menos investigaciones, solo hay 2.....	24
3 Rangos auditivos y cambio de umbrales temporales para cinco grupos auditivos de mamíferos marinos	41
4 Zonas de potencial instalación, familias presentes, estresores presentes y estresor principal con efectos para corrientes marinas	48
5 Zonas de potencial instalación, familias presentes, estresores presentes y estresor principal con efectos para oleaje.....	50
6 Zonas de potencial instalación, familias presentes, estresores presentes y estresor principal con efectos para corrientes marinas. gradiente salino.....	52
7 Zonas de potencial instalación, familias presentes, estresores presentes y estresor principal con efectos para corrientes marinas Geotermia.....	54
8 Zonas de potencial instalación, familias presentes, estresores presentes y estresor principal con efectos para corrientes marinas OTEC.....	56
9 Familias y especies de mamíferos marinos presentes en las áreas de potencial instalación de Plantas de Energías Renovables Marinas en México. *Avistamientos o varamientos ocasionales.....	105

Capítulo 1. Introducción

1.1 Antecedentes

Las acciones de atenuación del cambio climático, el abaratamiento de numerosas tecnologías de energía renovable, las variaciones en el precio de los combustibles de origen fósil, el aumento de la demanda de energía y otros factores han fomentado la utilización creciente de las energías renovables (IPCC, 2011). En el año 2008 las energías renovables aportaron el 12.9 % de la energía primaria, es decir 492 exajulios (un exajulio es equivalente a 23.88 millones de toneladas de petróleo); el potencial de energía estimado para las energías oceánicas es de 74 000 exajulios al año (IPCC,2011). La energía eólica marina disminuyó un 32% su costo, en el año 2010 se valuaba en 4706 USD por kW y para el año 2020 se valuaba en 3185 USD por kW, de la misma forma la producción mundial aumentó de 3.1 GW a 34.4 GW en el mismo intervalo de tiempo (IRENA, 2022). La energía renovable oceánica puede apoyar la mitigación del cambio climático, además de generar oportunidades económicas para el sector y comunidades locales (IPCC, 2014; IPCC, 2019a). La instalación de Plantas de Energías Renovables Marinas (PERM) se ha incrementado en la última década, pero los efectos potenciales en la biota marina aún son inciertos.

Los mamíferos marinos se caracterizan por ser centinelas de los ecosistemas marinos, esto significa que la salud general de los mamíferos marinos refleja la salud de los ecosistemas de los que dependen. Para explorar los efectos de las PERM, es esencial incorporar la biología y la ecología de los mamíferos marinos en programas multidisciplinarios de investigación (Burek et al., 2008; Moore, 2008).

1.2 Energías renovables marinas

Las energías renovables marinas constituyen un tipo de energía renovable que se origina en distintos procesos naturales que tienen lugar en el medio marino (Abad, 2013). Abad (2013) clasifica las energías renovables marinas en cuatro: energía oceánica, energía eólica (obtenida mediante turbinas colocadas en el mar), energía geotérmica (a partir de los recursos geotérmicos submarinos) y bioenergía (se extrae de la biomasa marina).

Los sistemas eléctricos se integran por tres componentes principales: generación, red de transporte (alta tensión) y red de distribución (media y baja tensión). La red de transporte une la generación con las

subestaciones de distribución, que proporcionan la alimentación a los usuarios a través de la red de distribución.

La energía oceánica utilizada en las PERM se obtiene a partir de la energía potencial, cinética, térmica o química del agua de mar, que puede ser transformada para suministrar electricidad, energía térmica o agua potable. Esta energía proviene de seis fuentes diferentes: olas, amplitud de mareas, corrientes de mareas, corrientes oceánicas, conversión de energía térmica oceánica y gradientes de salinidad (Abad, 2013).

La energía proveniente del oleaje marino, se obtiene a partir de la fuerza mecánica producida por las olas generadas a través de la acción del viento sobre el agua. En cuanto a las corrientes marinas, la energía se obtiene gracias a la fuerza cinética del agua que ocasiona el movimiento de las partículas del agua (Titah-Benbouzid y Benbouzid, 2014; Leijon et al., 2018).

Las corrientes oceánicas se dividen en dos, corrientes superficiales y corrientes profundas. Cerca de la costa, las corrientes superficiales son impulsadas por los vientos y las mareas que contribuyen a que el agua avance y retroceda conforme el nivel del mar aumenta o disminuye. En el océano abierto, el viento es el principal motor de las corrientes superficiales; éste sopla en el océano y mueve a las capas superficiales que después movilizan las capas inferiores, las cuales mueven a las que están más abajo. El efecto de la rotación de la Tierra sobre los vientos ocasiona corrientes superficiales en forma de bucles, que van en el sentido de las agujas del reloj en el hemisferio norte y en sentido opuesto en el hemisferio sur (Reeve et al., 2012). El agua retiene más calor que el aire; entonces, las corrientes contribuyen a la redistribución del calor en todo el planeta. A diferencia de las corrientes superficiales, las corrientes profundas son impulsadas principalmente por los cambios en la densidad del agua marina. Cuanto más cerca del polo norte, más fría se vuelve el agua y mayor es su concentración salina. El agua fría y salina es más densa, por ello se hunde a la vez que el agua más cálida sube, estableciéndose así una circulación en la vertical denominada “circulación termohalina”. Esta combinación del agua profunda y del agua superficial, junto con los efectos del viento forma un sinuoso recorrido llamado cinta transportadora (*Global Conveyor Belt*). Esta cinta se considera la corriente más larga del mundo ya que se desplaza a lo largo de las costas de los continentes, y atraviesa la mayoría de los océanos del planeta (Jones y Anderson, 2008; Reeve et al., 2012).

La conversión de energía térmica oceánica (OTEC), obtiene el rendimiento de la energía solar que absorben los océanos, basándose en la diferencia de temperatura que existe entre las capas más superficiales y las

capas más profundas, mucho más frías. Se requiere una diferencia de temperatura de al menos 20° entre una capa y la capa profunda para que el sistema OTEC sea comercialmente viable.

Los gradientes de salinidad tienen lugar con la mezcla de agua dulce y salada, liberando energía en forma de calor, y se producen en las desembocaduras de los ríos. Aquí se aprovecha el proceso de electrodiálisis inversa, que se basa en la diferencia de potencial químico entre el agua dulce y el agua salada, o bien, mediante el proceso de potencia osmótica (Abad, 2013).

1.3 Dispositivos de aprovechamiento de energía del océano

Para aprovechar la energía del océano se instalan diversas tecnologías, por ejemplo: muros de contención de amplitud de marea, turbinas submarinas para corrientes de marea y oceánicas, intercambiadores de calor para conversión de energía térmica oceánica. También hay dispositivos que permiten controlar la energía del oleaje o los gradientes de salinidad (IPCC, 2011; Abad, 2013; IPCC, 2019b).

Existen diferentes dispositivos convertidores de energía de oleaje (WEC), de marea (TEC), gradiente térmico oceánico (OTEC) y de gradientes salinos.

- Energía del Oleaje (WEC): Se clasifican en función de su forma de trabajo: atenuadores, absorbentes puntuales, osciladores horizontales, columnas de agua oscilante, por rebase, de masa basculante, de presión diferencial y de movimiento de volúmenes (Drew et al., 2009).

Por ejemplo, los osciladores horizontales, consisten en un péndulo que bajo la influencia de las fuerzas del oleaje produce un movimiento regular el cual va de adelante y hacia atrás o de derecha a izquierda (oscilador). En consecuencia, la energía mecánica del péndulo conduce a energía cinética de una bomba hidráulica que activa el generador (Figura 1). Por otro lado, el dispositivo convertidor de energía del oleaje de columna de agua oscilante (OWC-WEC por sus siglas en inglés) es de los dispositivos de conversión de energía del oleaje de primera generación, su estructura consiste en una cámara de aire, turbina de aire y un generador. El oleaje fluctúa en la superficie libre en donde las olas actúan como un pistón que comprime el aire al interior de la cámara. El

aire que se comprime mueve la turbina y el generador. Así se obtiene la energía del oleaje por la energía cinética y potencial del aire (Figura 2; Dong et al., 2017).



Figura 1. Convertidor de energía de oleaje oscilante: Aquamarine Power Oyster (Drew et al., 2009).

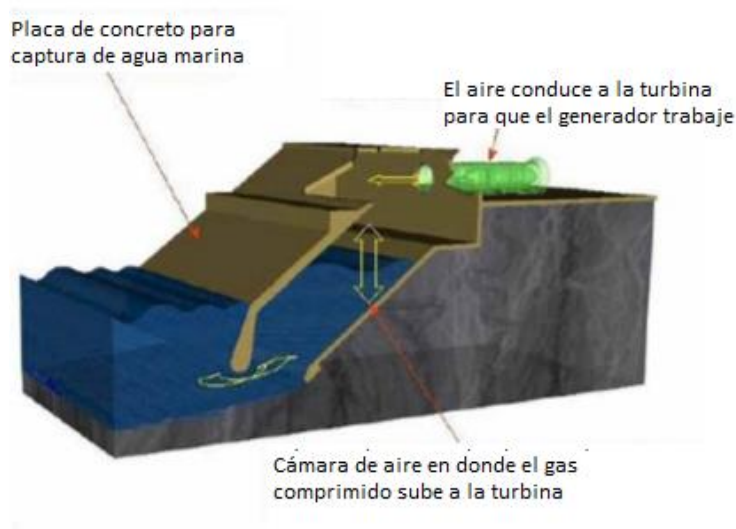


Figura 2: Oscilador de Columna de Agua: Limpet (Dong et al., 2017).

- Energía de mareas y corrientes (TEC): Los dispositivos son diversos, entre ellos se encuentran turbinas de eje horizontal, turbinas de eje vertical, hidro-alas oscilantes, dispositivos de efecto Venturi, turbinas helicoidales y cometas de marea (Segura et al., 2018).

Como ejemplo, se muestra en la Figura 3 (Leijon et al., 2018) una turbina de eje fijo vertical conectada directamente a un generador de imanes permanentes. Posee cinco palas verticales de 2.5 m de largo y un radio de 3 m, para proporcionar un área de sección transversal total de 21 m².

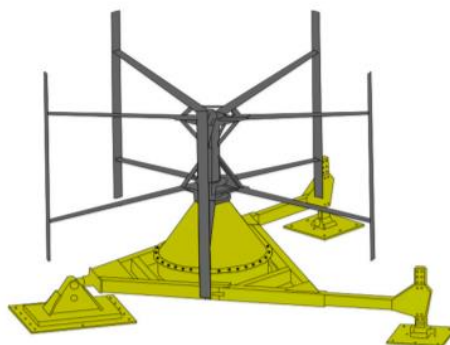


Figura 3: El convertidor de energía de corriente marina desarrollado en la Universidad de Uppsala en Suecia (Leijon et al., 2018).

Arredondo (2020) menciona seis diferentes tipos de dispositivos que pueden aplicarse en México:

- Turbinas con rotores de eje horizontal: La corriente hace girar al rotor generando una fuerza debido al movimiento del flujo alrededor de las palas, lo que permite producir electricidad.
- Turbinas con rotores de eje vertical: Presentan un eje de rotación vertical o perpendicular a la trayectoria del flujo, presentan una serie de ventajas al facilitar la ubicación de los generadores sobre la superficie del mar.
- Alabé oscilante (Hydrofoil): Alerones que basculan alternativamente impulsados por el flujo, presentan una aleta en posición horizontal donde la fuerza de la corriente provoca que el alerón oscile de manera vertical, el cual por medio de una palanca acciona un motor hidráulico que genera la energía eléctrica.
- Sistema de Efecto Venturi: Es una turbina de eje horizontal que permite el paso del agua por un conducto, en el centro se estrecha mientras que en los extremos se ensancha. La diferencia de áreas genera una aceleración del flujo de la corriente por el diferencial de presión. El flujo resultante al final del dispositivo puede impulsar la turbina directamente.
- Cometa de corriente (Tidal Kite). Dispositivo que presenta la forma de un alerón y tiene colgada una turbina. Todo el sistema se encuentra anclado al lecho marino lo que le permite estar en suspensión por efecto de la fuerza de la corriente marina, análogo a una cometa en el aire. La cometa oscila en forma de ocho lo que permite aprovechar las aceleraciones que ésta genera durante su descenso en picada obteniendo mayor rotación de la turbina y por lo tanto una mayor energía.

- Tornillo de Arquímedes: Es un sistema de configuración helicoidal de tornillos girando en un eje central anclado al fondo marino, donde el flujo de la corriente que atraviesa el helicoide genera el movimiento de giro de la turbina.

- Energía de gradientes térmicos (OTEC): En México se pretende implementar tecnología OTEC, porque posee condiciones óptimas en mares tropicales en el Pacífico, Golfo de México y Mar Caribe (García-Huante, 2017). Los sitios considerados son: Cabo San Lucas, Baja California Sur; Puerto Vallarta, Jalisco; Puerto Ángel, Oaxaca; Isla Cozumel, Quintana Roo; Isla Clarión e Isla Socorro en el Pacífico mexicano (Garduño et al., 2017). La tecnología OTEC utiliza el ciclo de calor termodinámico para generar electricidad por medio de turbinas de vapor y puede presentar tres modalidades de ciclo (Garduño et al., 2017):

- a) Abierto: Agua marina como fluido de trabajo.
- b) Cerrado: Fluidos con bajos puntos de ebullición como amonio, propano, freón entre otros para impulsar la turbina.
- c) Híbrido: ingresa agua marina superficial al evaporador, pero el fluido de trabajo es el utilizado en el ciclo cerrado.

Las plantas OTEC se clasifican en dos tipos: sobre la costa y fuera de la costa o sistema flotante. Los componentes principales son: evaporadores y condensadores, turbinas, tuberías y bombas; estructura fija o flotante, sistema de anclaje y cable submarino (Abad, 2013; Garduño et al., 2017).

Las plantas sobre la costa se caracterizan por encontrarse en tierra firme a una distancia cercana al mar, lo cual disminuye la probabilidad de daños por desastres naturales. Tiene algunas desventajas, ya que se necesitan tuberías muy largas para coleccionar el agua marina y consume mucha energía para bombear el agua a la planta; sin embargo, también provee agua para múltiples usos como potable, maricultura, y aire acondicionado.

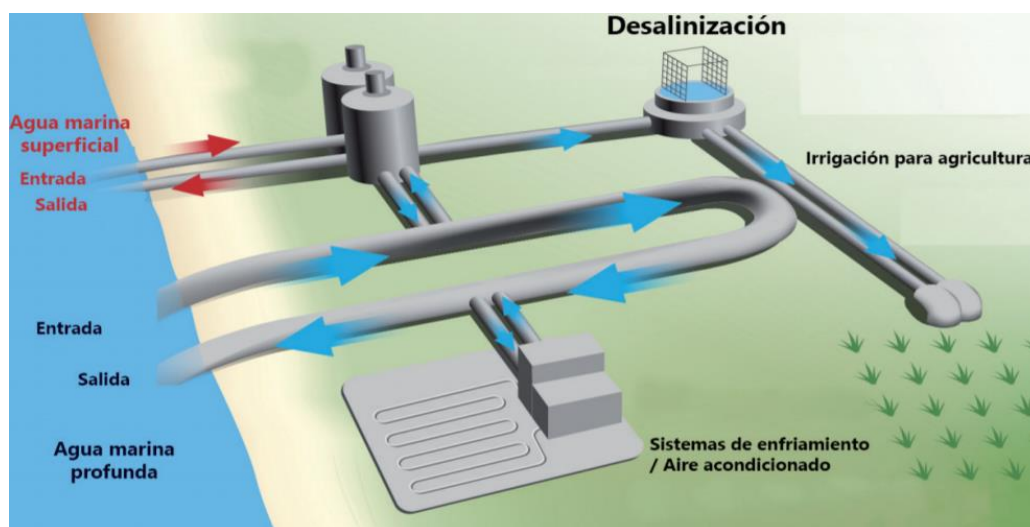


Figura 4: Esquema conceptual de una planta OTEC *On-Shore* (Sobre la Costa) (Garduño et al., 2017).

Los componentes fundamentales son: Evaporadores y condensadores, turbina, tuberías y bombas, estructura fija y sistema de anclaje (Figura 4; Garduño et al., 2017).

- Energía por gradientes de salinidad: Utiliza métodos por electrodiálisis inversa y de ósmosis por presión retardada. En el método de electrodiálisis inversa se utiliza una membrana de nanoporo (Lee et al., 2020). Los dispositivos consisten en condensadores eléctricos de doble capa de membrana, en donde los electrodos son sumergidos en la solución salina y constituyen el condensador. Se carga, después la solución salina es puesta en contacto con agua dulce y la energía electrostática aumenta a medida que la concentración de sal de la solución se reduce debido a difusión (Figura 4; Brogioli, 2009).

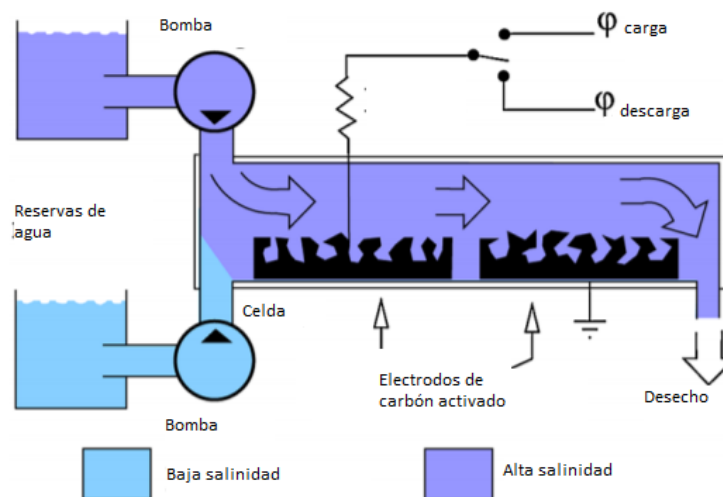


Figura 5: Vista esquemática del dispositivo de electrodiálisis inversa, la celda contiene dos electrodos, hechos de carbón activado, constituyen un capacitor el cual puede ser cargado y descargado (Brogioli, 2009).

1.4 El Centro Mexicano de Innovación en Energía del Océano (CEMIE-O)

Los Centros Mexicanos de Innovación en Energías Renovables (CEMIE) surgen para lograr los objetivos planteados por la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE). La misión es incentivar y promover las sinergias para el desarrollo y la adecuación del plan de acción para abatir las barreras y retos tecnológicos para el aprovechamiento de fuentes de energías renovables. La propuesta del CEMIE-Océano contribuye a establecer alianzas de innovación en temas de energías renovables, que tienen como finalidad convertir a este centro en el poseedor del mayor número de líneas de investigación. El CEMIE-Océano constituye un esfuerzo integrado y multidisciplinario que está imprimiendo un impulso sin precedente a la aplicación del conocimiento científico en el desarrollo de técnicas y tecnologías de punta para extracción de energía del océano, conversión y distribución (CEMIE Océano, 2020).

El presente proyecto de tesis tiene la finalidad de complementar la línea transversal de “Ecología e Integración con el Ambiente”, en el subproyecto “Efectos regionales sobre la distribución y abundancia de mamíferos marinos debido a la instalación de plantas productoras de energías alternativas en el océano” (CEMIE Océano, 2020).

1.5 Impactos potenciales de las Plantas de Energías Renovables Marinas

Para que la energía marina sea verdaderamente sustentable, es esencial identificar los impactos sociales y ecológicos, al mismo tiempo que se establecen medidas para mitigar los efectos adversos antes de desplegar los dispositivos en grandes conjuntos (Bonar et al., 2015). Mendoza et al. (2019) mencionan que los proyectos que actualmente se encuentran en operación no presentan los impactos en conjunto integral de indicadores físicos, biológicos y sociales. Los impactos abordados comúnmente en la literatura son: la pérdida de integridad del hábitat y conectividad, cambios en la disponibilidad de nutrientes e interacciones ecológicas, modificación de la dinámica de la costa y propiedades fisicoquímicas de la columna de agua, aumento de ruido y vibraciones, pérdida de actividades recreativas, disminución en posibilidades de pesca, problemas de valor y salud mental derivados de conflictos con empresas locales y municipios. A partir de los datos encontrados, se pueden clasificar los posibles impactos como a) modificación hidrodinámica, b) alteración física o geomorfológica, c) efectos químicos, d) interferencia biótica e) pérdidas socioeconómicas potenciales (Mendoza et al., 2019).

Los dispositivos marinos de energía renovable están comenzando a pasar de la demostración al despliegue comercial. Los impactos ecológicos de grandes conjuntos de dispositivos son desconocidos; su descripción y cuantificación implica un trabajo considerable para los desarrolladores porque deben recopilar datos biológicos a través de programas de monitoreo de línea de base y posteriores al despliegue bajo el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental. Este monitoreo de organismos marinos, por ejemplo, para los vertebrados, es un proceso desafiante y costoso (Fox et al., 2018).

Los impactos se derivan de los tipos de dispositivos a través de tres etapas: construcción, operación y desmantelamiento; en diferentes escalas temporales y espaciales. La mayoría de los impactos ambientales no se han evaluado adecuadamente, en parte porque muchos de los dispositivos aún no se han implementado y probado (Boehlert y Gill, 2010).

La manifestación de los efectos ambientales del desarrollo de energía renovable marina (a partir del viento, olas, mareas, corriente oceánica, gradiente salino y gradiente térmico) depende del tipo de dispositivo. Hay efectos ambientales derivados por PERM que son similares a los presentes en otros tipos de desarrollos en el medio marino, como estructuras que generan preocupaciones por enredos, cambios del hábitat y cambios en comunidad. Otros efectos son relativamente exclusivos de la conversión de energía marina y específicos del tipo de energía que se aprovecha (Boehlert y Gill, 2010).

Para los impactos físicos y químicos por plantas OTEC, existen estudios orientados a las emisiones de CO₂, arrastre de nutrientes a la superficie, el cambio de la termoclina y el cambio del clima de las olas (Bonar et al., 2015; Twidell, 2015; Garduño et al., 2017). También se ha determinado que producen ruido y vibraciones, ligados al sistema de energía, amarres y tuberías, que alteran las condiciones sonoras normales del ambiente (Medwin et al., 1997).

Los impactos biológicos en Parques Eólicos Marinos (PEM) ocurren durante la construcción y otros durante la operación. En el año 2017 se realizó un estudio para evaluar dos futuros sitios de PEM en el Canal de la Mancha; para explorar los posibles impactos se realizaron modelos, es decir, proyecciones de la evolución del ecosistema en los próximos 30 años, con aumento simulado de la biomasa de algunos compartimientos bentónicos y de peces en relación con la construcción del parque eólico (forzando un efecto arrecife) y análisis de flujo de redes alimentarias. Se consideró la sensibilidad a posibles alteraciones en especies valiosas, pero el estudio no tomó en cuenta los vínculos entre ellas; aun así, para los niveles tróficos superiores, tales como mamíferos marinos, peces y aves marinas la respuesta es positiva a la agregación de biomasa en las estructuras y turbinas (Pezy et al., 2019).

En las turbinas de dispositivos de Energía de Mareas y Corrientes, la bioincrustación es un impacto biológico que se ha evaluado, con la identificación de especies clave que permiten recomendaciones para programar el mantenimiento de los dispositivos y prevenir la propagación de los organismos (Want et al., 2017).

Boehlert y Gill, (2010) clasifican los riesgos ecológicos considerando estresores y receptores. Los estresores son características del entorno que pueden cambiar con la implementación de energía renovable durante la instalación, operación o desmantelamiento de instalaciones. Los receptores son elementos del ecosistema con potencial de respuesta a los estresores.

1.6 Los mamíferos marinos y efectos de actividades humanas

Las especies de mamíferos marinos de México se encuentran dentro de los siguientes grupos: Cetáceos (Misticetos y Odontocetos), Sirenios (Manatíes), Pinnípedos (Focas y Lobos) y Nutrias marinas. Se encuentran en las cuatro regiones biogeográficas: Región Occidental de la Península de Baja California, Golfo de California, Pacífico Sur y Golfo de México-Mar Caribe (Heckel et al., 2018).

Los mamíferos marinos han sido cazados en los mares de Baja California durante los últimos 10,000 años, y de manera intensiva en los siglos XVIII y XIX para obtener productos derivados de estos animales (carne, grasa, piel, entre otros). Algunas poblaciones disminuyeron hasta la década de 1970, cuando se implementaron medidas de conservación de las especies más amenazadas, para revertir esta tendencia. Por otra parte, los impactos antropogénicos se han diversificado en el siglo XX en daños colaterales debido a la pesca y la contaminación (Arellano-Peralta y Medrano-González, 2015).

México se incorporó a la Comisión Ballenera Internacional en el año de 1949, por lo que se prohibió la caza de ballenas en aguas patrimoniales. Además, la caza de pinnípedos se prohibió en el año de 1982 por acuerdo de la Secretaría de Pesca (Cifuentes et al., 1990; Zavala-González y Mellink, 2000; LGPAS, 2018).

Los Ordenamientos Mexicanos actuales que están relacionados con los mamíferos marinos son: La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) que en el artículo 79 habla de los criterios para la preservación y aprovechamiento sustentable de la flora y fauna silvestre. En la Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentables en el artículo 9º, fracción V, se menciona que es competencia de la

Secretaría de Pesca, dictar las medidas tendientes a la protección de los quelonios, mamíferos marinos y especies acuáticas sujetas a un estado especial de protección; este estado especial se determina con la participación de la Secretaría de Pesca otras dependencias competentes. Asimismo, esta ley establecerá las vedas totales o parciales, referentes a estas especies.

En el artículo 420 del Código Penal Federal se establece que se impondrá una pena de uno a nueve años de prisión y por el equivalente de trescientos a tres mil días de salario mínimo de multa, a quien ilícitamente capture, dañe o prive de la vida a algún ejemplar de mamífero marino, o recolecte o almacene de cualquier forma sus productos o subproductos (Kubli, 2003; CPF, 2020). Por último, la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2010 establece un catálogo de las especies y subespecies de flora y fauna silvestres, terrestres y acuáticas. Están enlistadas bajo el nombre científico y la categoría de riesgo en la que están regidos, y todas las especies de mamíferos marinos en México están incluidas (SEMARNAT, 2010).

A pesar de todas estas regulaciones, hay actividades antrópicas que afectan a las poblaciones, a escalas locales y regionales (Torres et al., 1995). La contaminación (agroquímicos, metales pesados, desechos urbanos e industriales, contaminación por la industria petrolera), la pesca (capturas accidentales y uso como carnada) y el turismo influyen negativamente en las poblaciones de los mamíferos marinos en México (Torres et al., 1995).

Para evaluar los efectos de las actividades humanas es importante entender el rol de los mamíferos marinos en el ecosistema. Se debe conocer la distribución geográfica y los hábitats donde se alimentan o reproducen. En algunos casos, no es la misma zona geográfica y migran entre las zonas de alimentación y las de reproducción. El hábitat de los mamíferos marinos es tridimensional y continuo, y algunas de sus propiedades son geomorfológicas (Bjorge, 2002).

Siempre que las actividades humanas utilicen el capital natural y degraden los servicios ecosistémicos, es importante el manejo proactivo de los recursos naturales para asegurar una sustentabilidad a largo plazo (Hammar, 2014).

1.7 Plantas de Energías Renovables Marinas y mamíferos marinos: Estresores y sus efectos

Los estresores son aquellas partes de un sistema de energía renovable marino que pueden causar daños al animal marino, hábitat y proceso oceanográfico o proceso ecosistémico. Estos estresores incluyen el

movimiento de álabes, líneas de amarre, anclas o cimientos, cables de transmisión eléctrica, y las emisiones que pueden resultar de algunas de esas partes (Copping, 2020).

Los receptores son los animales marinos que viven y se desarrollan en los alrededores y/o hábitats en los que se despliegan estas instalaciones, también pueden ser los procesos oceanográficos como los movimientos de agua, oleaje, transporte de sedimentos y las concentraciones de gases disueltos y nutrientes (Copping, 2020). Los posibles efectos de los estresores en los receptores se organizan como: ruido, campos electromagnéticos, riesgo de colisión, modificación del fondo marino-disponibilidad de presas, alteración de patrones de conducta por la presencia del dispositivo, enmarañamiento en amarres y cables eléctricos.

- **Ruido**

Durante la construcción de instalaciones de PERM, se generan ruidos y vibraciones extremas porque las cimentaciones se instalan empleando pivotes que solo pueden insertarse en el suelo a través de una técnica de golpeo en el lecho marino (Dadswell y Rulifson, 1994; Bailey et al., 2014). Sin embargo, se considera que los datos de efectos en mamíferos marinos son insuficientes durante la construcción y durante la operación, ya que los estudios se han orientado principalmente hacia las aves (Bailey et al., 2014).

Algunos autores proponen equipar las plantas con hidrófonos que permitan realizar mediciones de ruido, que servirán como base de datos para iniciar el estudio del efecto que puede derivarse en los mamíferos marinos (Garduño et al., 2017). Para evaluar los efectos del ruido de los dispositivos de generación de energía de mareas sobre los mamíferos marinos, se pueden determinar las reducciones de espacio de ruido en las marsopas de puerto (*Phocoena phocoena*) y en las focas de puerto (*Phoca vitulina*) en invierno y verano para dos dispositivos de energía de las mareas de diferentes diseños. Estudios previos por Pine et al., (2019) han demostrado que la reducción de espacio de ruido está influenciada por el tipo de turbina, especie y estación. Estos autores detectaron que los efectos de enmascaramiento auditivo (el ruido subacuático, ya sea de origen natural o antropogénico), tiene la capacidad de interferir con la forma en que los mamíferos marinos reciben señales acústicas (Erbe et al., 2016). Ocurren en el nivel más bajo de los impactos, por lo que se recomienda evaluar la extensión espacial del enmascaramiento como parte de las evaluaciones de impacto ambiental.

Los efectos que la contaminación acústica causan en los mamíferos marinos ocurren en diferentes niveles, comenzando con tolerancia (sin respuesta evidente), cambios en conducta o actividad, reacciones de evasión, enmascaramiento o sonidos de interferencia, discapacidad auditiva, pérdida de audición y mortalidad (Würsig y Richardson, 2009).

La alteración de la conducta implica cambios en la respiración y buceo, cambios de actividad de descanso o alimentación, después puede ocasionar evasión, es decir que dejen de distribuirse en áreas que usan y se alejen. El enmascaramiento implica que sonidos de interés se vean interferidos debido a que el sonido antropogénico es persistente y con frecuencia similar al sonido de interés del animal (Bonar et al., 2015; Pine et al., 2019).

La discapacidad auditiva se debe a un daño orgánico en el oído de los mamíferos marinos derivado de la disminución de células cocleares (Dadswell y Rulifson, 1994; Au y Hastings, 2008;) y que si persiste ocasiona pérdida de audición (Würsig y Richardson, 2009). Una fuerte exposición a la contaminación acústica conduce a la mortalidad de organismos, por un daño orgánico severo, por afectar la comunicación entre individuos o por alterar la migración (Bailey et al., 2014).

- **Campos Electromagnéticos**

El campo magnético de la tierra (geomagnetismo) genera gradientes magnéticos que los mamíferos marinos utilizan para guiarse en el entorno oceánico (Klimley et al., 2021).

Los gradientes magnéticos emanan del lecho marino y hay evidencia de que especies, particularmente migratorias, como la ballena gris, los utilizan para orientarse direccionalmente, es una estrategia que requiere sensibilidad para señales magnéticas (Granger et al., 2020).

Esta táctica de navegación puede ser susceptible a la interrupción por las anomalías de los cables submarinos (presentes en PERM) que generan campos electromagnéticos, afectando el desplazamiento, la alimentación y las rutas migratorias (Dadswell y Rulifson, 1994; Bailey et al., 2014; Klimley et al., 2021).

- **Efecto barrera**

La presencia física estática o dinámica de las PERM es un efecto barrera que puede ocasionar colisión o evasión de mamíferos marinos. El riesgo se puede evaluar mejorando las prácticas de monitoreo, en donde

se ha determinado que el impacto depende de los dispositivos empleados. Se buscan posibles medidas para prevenir y compensar esos problemas, además existe la ventaja de que el comportamiento de los organismos contribuye a evitar el riesgo de colisión en algunos casos (Sparling, et al., 2018).

Se han reportado cambios de patrones de conducta con la presencia de PERM, porque los mamíferos marinos dejan de distribuirse en las áreas donde antes se encontraban. Sin embargo, los estudios respecto a la relación entre el tipo de dispositivo y las especies son inciertos porque no hay información suficiente (Long et al., 2017; Sparling et al., 2018).

- **Modificación de la columna de agua y el fondo marino**

El impacto ambiental sobre los hábitats de los fondos marinos se da por el transporte o deposición de sedimentos debido a la construcción y presencia permanente de los dispositivos y estructuras (Dadswell y Rulifson, 1994). La modificación del fondo marino puede alterar la dinámica del ecosistema y la disponibilidad de presas para los mamíferos marinos, de manera que pueden alejarse de hábitats con presas preferidas (Bjorge., 2002; Bailey et al., 2014).

La instalación de cimientos y la presencia de turbinas móviles provocan turbulencia, lo cual altera la visibilidad y la calidad de agua en la columna al hacer que varíe la concentración del oxígeno disuelto, de nutrientes o de contaminantes (Wilson et al., 2011; Copping et al., 2014; Horwarth et al., 2020).

- **Cables y líneas de amarre**

En la industria de la pesca hay registros de enmarañamiento de mamíferos marinos en los sistemas de amarre y las artes de pesca. Se reconoce como una causa global importante de lesiones y mortalidad. Las estructuras de las PERM poseen anclaje al fondo marino con múltiples líneas de amarre y cables eléctricos que pasan a través de la columna de agua, desde cerca de la superficie del mar hasta el fondo del mar, implican un riesgo que puede incrementar con la expansión de dispositivos comerciales colectores de energía. Hay estudios que determinan el efecto, particularmente en ballenas barbadas (Benjamins et al., 2014; Copping et al., 2018).

1.8 Justificación

Las Plantas de Energías Renovables Marinas (PERM) tienen como objetivo producir energía sustentable que no requiera el uso de combustibles fósiles. Para que esta energía sea considerada limpia se deben minimizar los impactos ambientales, mitigándolos o atenuándolos. Conocer los efectos potenciales en mamíferos marinos derivados de la instalación de las PERM es parte de la planificación para proponer medidas de mitigación ante las perturbaciones antropogénicas.

Con respecto al efecto de las PERM en mamíferos marinos en México no se han hecho estudios relacionados porque hasta ahora no existen instalaciones semejantes. Antes de construir una PERM es necesario evaluar los posibles efectos biológicos, aun cuando no exista una PERM en México ya que es probable que los sitios de potencial energético alto estén asociados con la ubicación de áreas de alto valor ambiental y diversidad biológica (García-Huante, 2017).

La evaluación del efecto de las PERM sobre los mamíferos marinos es necesaria para una conservación integral de los ecosistemas. Se considera que al culminar el presente proyecto éste provea herramientas para la toma de decisiones en la instalación de las plantas.

1.9 Hipótesis

Las Plantas de Energías Renovables Marinas tienen efectos potenciales en los mamíferos marinos, debido a los estresores que producen. El efecto potencial puede evaluarse mediante un análisis de investigaciones realizadas en países donde ya se instalaron PERM.

1.10 Objetivos

1.10.1 Objetivo General

Evaluar los efectos potenciales en mamíferos marinos en México, derivados de la futura instalación de las Plantas de Energías Renovables Marinas (PERM), para proponer medidas de mitigación.

1.10.2 Objetivos Específicos

1. Analizar los efectos que se han demostrado en mamíferos marinos debido a la instalación de PERM en el mundo, así como las medidas de mitigación propuestas.
2. De acuerdo a los tipos de PERM y sitios propuestos por el CEMIE-Océano en México, inferir sus posibles efectos, tanto negativos como positivos en los mamíferos marinos, con base en la información recabada en el objetivo anterior y de acuerdo a las especies presentes en los sitios, su abundancia, uso de hábitat y otras características ecológicas.
3. Proponer medidas de mitigación a los estresores de las PERMs sobre mamíferos marinos en México.

Este trabajo pretende sintetizar la información existente referente a las PERMs y sus interacciones con los mamíferos marinos para agilizar soluciones ante los efectos negativos que sean aplicables a las especies que se distribuyen en nuestro país. En el capítulo 2 se describirá el método que incluye cómo se revisó la literatura de investigaciones de todo el mundo y en qué consistieron las entrevistas a científicos para saber qué es lo que se está haciendo en México. En el capítulo 3 se presentan los resultados de la información obtenida en la revisión de la literatura, el orden es por estresores, efectos y medidas de mitigación; las entrevistas a científicos se ordenan por tipos de PERMs. En el capítulo 4 se discuten los resultados, divididos en tipos de PERMs en diferentes regiones de nuestro país y los efectos particulares para las especies que se distribuyen en las cercanías. Por último, en el capítulo 5 se concluye con opiniones fundamentadas en esta investigación que son de utilidad para tomar decisiones en proyectos relacionados a PERMs y sus interacciones con mamíferos marinos.

Capítulo 2. Metodología /Efectos que se han demostrado en mamíferos marinos debido a la instalación de PERMs en el mundo

En el presente capítulo se explican los dos métodos utilizados para elaborar esta tesis, el primero describe como se realizó la revisión de la literatura y el segundo el que detalla el procedimiento para obtener información directamente de los científicos que están investigando PERMs en México.

2.1 Método para revisión de literatura

Se elaboró una revisión sistemática de la literatura de acuerdo al siguiente diagrama de flujo (Sánchez-Meca y Botella, 2010; Rubio-Aparicio et al., 2018; Kulinskaya et al., 2018) (Figura 6)

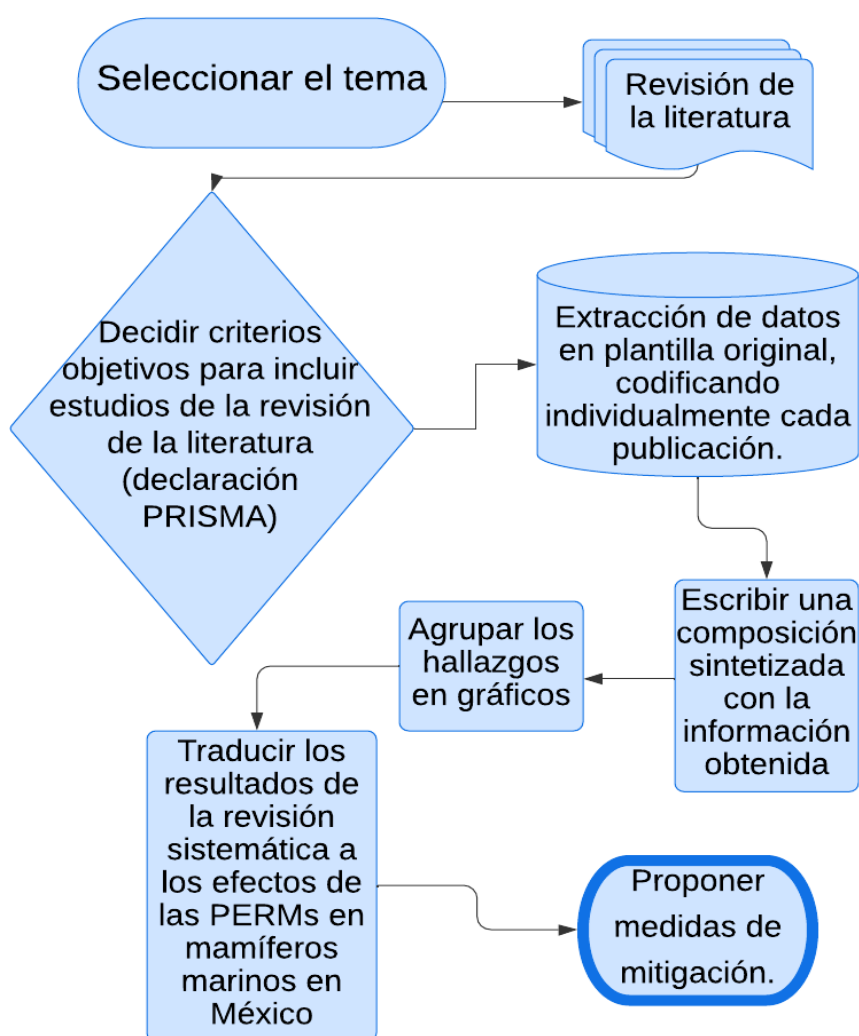


Figura 6: Diagrama de flujo del método seguido en este trabajo.

Los pasos fueron los siguientes:

1.- Selección del tema: Se seleccionó el tema “Efectos de las Plantas de Energías Renovables Marinas en los mamíferos marinos” tomando en cuenta que sería en publicaciones internacionales.

2.- Revisión de la literatura: Se localizaron los artículos con ayuda de bases bibliográficas, y se eligió la base de conocimiento Tethys (<https://tethys.pnnl.gov/>) (Figura 7). La base de datos Tethys fue desarrollada en 2009 por el Laboratorio Nacional del Noroeste del Pacífico (PNNL por sus siglas en inglés) para apoyar a la Oficina de Tecnologías de Energía Eólica y la Oficina de Tecnologías de Energía Hidráulica del Departamento de Energía de Estados Unidos. Tiene como objetivo facilitar el intercambio de información y datos sobre los efectos ambientales de tecnologías de energía renovable eólica y marina. El contenido de Tethys es recopilado por investigadores de PNNL de una variedad de fuentes.

La ecuación de búsqueda utilizada en este trabajo fueron las palabras “marine mammals” en el filtro de la base de datos Tethys, y se obtuvieron 695 resultados. También hay una clasificación por “estresores”: ruido, colisión, cambio de hábitat, cambios en flujo, atrapamiento, químicos y luz. Se seleccionaron todos los relacionados a “marine mammals” y en total fueron 479 resultados del año 1957 al 2021.

The screenshot shows the Tethys Knowledge Base interface. At the top, there's a navigation bar with links like ABOUT, CONTENT, TOOLS, CONNECTIONS, BROADCASTS, and HELP. Below this, the 'Knowledge Base' section is active, showing a search bar and a table of results. The table has columns for Title, Author, Date, Content Type, Technology, Stressor, and Receptor. Two results are visible: 'PacWave South Test Site' and 'Strategic Environmental Assessment and the precautionary principle in the spatial planning of wind farms - European experience in'.

Title	Author	Date	Content Type	Technology	Stressor	Receptor
PacWave South Test Site	Oregon State University	January 2022	Project Site	Marine Energy, Wave		
Strategic Environmental Assessment and the precautionary principle in the spatial planning of wind farms - European experience in	Josimović, B., Cvjetić, A., Furundžić, D.	February 2021	Journal Article	Wind Energy, Land-Based Wind		Human Dimensions, Environmental Impact Assessment.

On the right side, there's a 'Current Search' section showing 6675 results found and a list of content types with checkboxes: Journal Article (3245), Report (1926), Conference Paper (427), Book Chapter (285), Presentation (185), Thesis (170), and Project Site (113).

Figura 7: Captura de pantalla del inicio de la base de conocimiento “Tethys”.

3.- Decidir criterios objetivos para incluir estudios de la revisión de la literatura:

Hay criterios objetivos para incluir y excluir publicaciones, según lo dicta el protocolo de declaración PRISMA para revisiones sistemáticas (Urrútia y Bonfill, 2010).

Después de colocar la ecuación de búsqueda se identificaron las investigaciones de interés, incluyendo artículos de revista, capítulos de libro o tesis reportando investigaciones relacionadas con el tema de esta tesis y que tuvieran información suficiente. Los criterios de exclusión fueron publicaciones de energía eólica, porque no hay una intención de utilizarla próximamente en México.

Para los estresores luz y químicos, se conservaron todos los resultados arrojados por la base de datos Tethys porque eran escasos (<10).

4.- Realizar una codificación para extraer datos de los estudios y registrarlos:

Los registros se almacenaron y se generó una base de datos en Excel para trabajar con ellos, los campos de esta tabla se eligieron tomando en cuenta la información de la publicación y los estresores, receptores, efectos y medidas de mitigación presentes en la investigación.

Esta base de datos se realizó conteniendo los siguientes datos (Tabla 1).

Tabla 1: Tipos de datos que se obtuvieron de cada uno de los artículos revisados y se integraron en una base de datos.

Datos de la publicación	
Título	Título de la publicación
Autor	Autores de la publicación
Fecha de publicación	Fecha de la publicación, mes y año
Tipo de contenido	Reporte, artículo científico, plan de trabajo, investigación, conferencia, video.
País	País en donde se realizó la investigación
Localidad	Localidad en donde se realizó la investigación
Energía marina aprovechada	Oleaje, Eólica, Mareas, Corrientes Marinas, Gradientes Salinos, Conversión Térmica
Tipo de dispositivo	Nombre, modelo, marca comercial
Ubicación del dispositivo en la columna de agua	Metros de profundidad

Ubicación del dispositivo en la costa	Metros de distancia de la costa o características, por ejemplo, Offshore, Plataforma Continental, Tierra Firme.
Fase del desarrollo de aprovechamiento de energía renovable	Instalación, Operación, Desmantelamiento
Características de mamíferos marinos investigados	
Grupo de mamíferos marinos	Cetáceos, Pinnípedos, Mustélidos, Sirenios
Especie	Nombre científico
Estrategia de monitoreo o modelo experimental	
Duración de la investigación	Número de días, semanas, meses o años
Fecha de realización de la investigación	Nombre de los meses, estación y años
Tamaño del área de estudio	Kilómetros cuadrados
N	Número de organismos evaluados
Organismos afectados	Número de organismos afectados
Población	Tamaño de la población, local, mundial, regional o número total de la población
Estrategia de monitoreo o modelo experimental	Explicación del tipo de monitoreo o modelo experimental de la investigación
Descripción de la interacción estresor-efecto	
Estresor	Nombre del estresor: luz, químicos, cables o líneas de amarre, campos electromagnéticos, cambios en columna de agua, flujos y sedimentos, barrera, ruido.
Efecto	Descripción de los efectos ocasionados por el estresor
Duración del efecto	Corto plazo, mediano plazo, largo plazo
Medidas de mitigación del efecto	Explicación de las medidas de mitigación propuestas en las publicaciones
Notas adicionales	
Notas	Notas adicionales de la publicación
Dato	Número de publicación en la tabla
Utilidad del estudio (0,1,2)	0 no es útil porque no contiene información relacionada a energías renovables marinas o a mamíferos marinos, 1 medianamente útil porque contiene información complementaria a energías renovables marinas o a mamíferos marinos, 2 útil porque contiene información relacionada a energías renovables marinas y/o a mamíferos marinos

5.- Aislar variables importantes para medir los efectos: Para medir los efectos se utilizaron como variables, las palabras y el número de veces que se repetían.

6.- Definir la magnitud de los efectos:

Se realizó un conteo de palabras y publicaciones relacionadas a determinado estresor o efecto, posteriormente se realizó una composición sintetizada con la información obtenida como parte de la revisión sistemática. Con la información recaudada se analizó el potencial efecto en los posibles sitios de instalación de PERM en México.

7. Propuesta de medidas de mitigación: Se sintetizaron las medidas de mitigación encontradas en la literatura, y se organizaron por tipo de efecto.

2.2 Método para conocer los sitios propuestos en México por el CEMIE-Océano para la generación de energía.

En México se augura la instalación de PERMs y el CEMIE-Océano es un megaproyecto enfocado específicamente a su investigación para implementarlas en aguas mexicanas. La intención de esta tesis fue entrevistar investigadores del CEMIE-Océano que conozcan los sitios con mayor potencial para instalar PERMs. Para acortar los alcances de este trabajo, en esta tesis se tomó en cuenta a científicos que poseen líneas de investigación en esta organización.

El procedimiento para llevar este método a cabo se representa en la Figura 8.

1.- Elaboración de entrevistas: Para estandarizar la información que se puede recabar se utilizó el método denominado entrevistas en profundidad (Chadwick et al., 1984; Taylor y Bodgan, 1990).

2.- Elección de participantes clave: El CEMIE-Océano es un núcleo multidisciplinario que provee investigación orientada a la extracción de energía y sus procesos de conversión y distribución. Está conformado por científicos adscritos a instituciones mexicanas que tienen líneas de investigación relacionadas a los procesos para obtención de energía oceánica y su contexto biológico, económico y social.

3.- Datos de contacto de participantes clave: En el sitio de internet <https://cemieoceano.mx/index.html> se encuentran las líneas de investigación y se incluyen vienen los datos de los coordinadores de los equipos temáticos afines a producción de energía del océano.

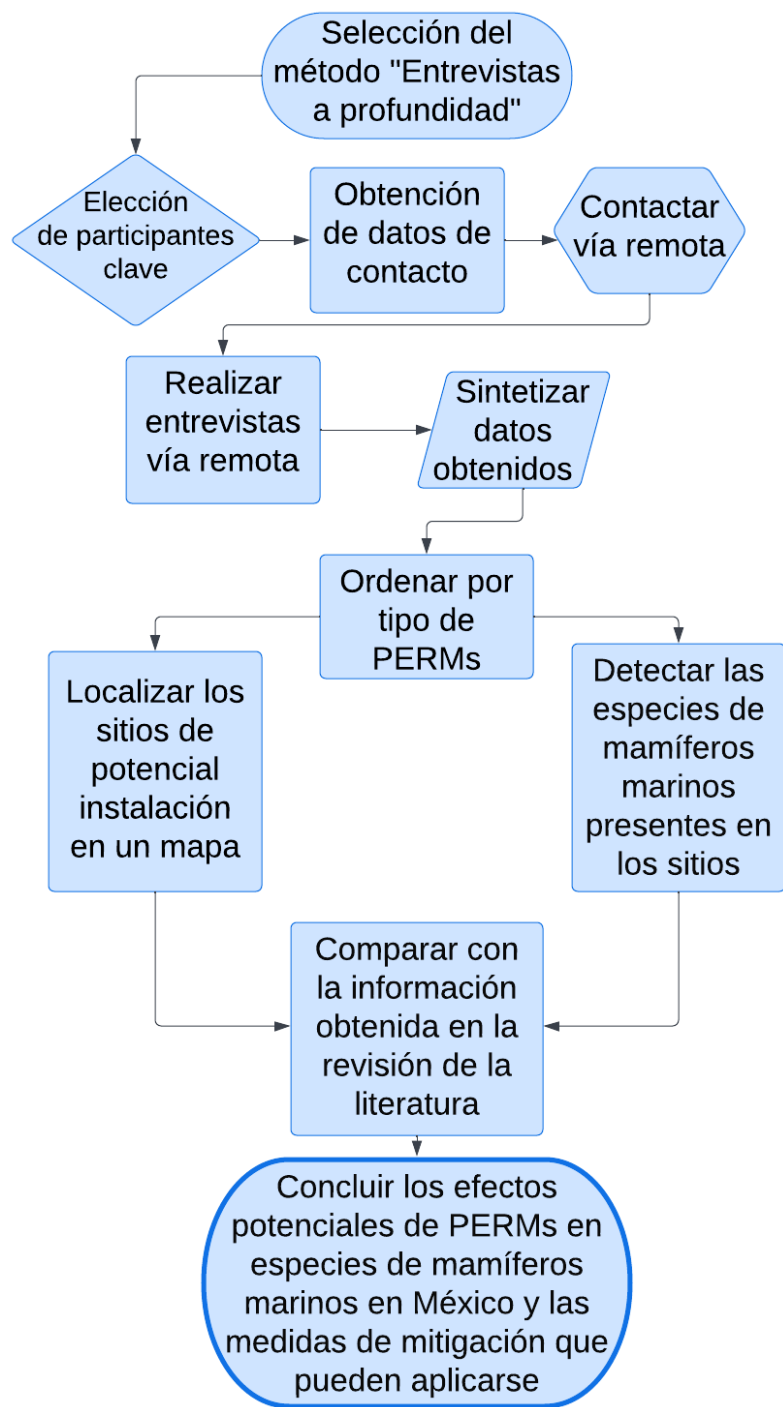


Figura 8: Diagrama de flujo del método seguido para la segunda parte del método.

4.- Contacto a participantes clave: Se colocó el nombre de los investigadores en un buscador de Google para obtener los datos de contacto, a cada investigador se le envió un correo electrónico solicitando una entrevista y se le pidió un número telefónico para realizarla. Para las líneas estratégicas donde no hubo

respuesta se decidió contactar a investigadores afines que han participado en congresos y tienen publicaciones relacionadas a las líneas de investigación en PERMs

5.- Entrevistas vía remota: Se contactó de forma exitosa a 5 investigadores claves durante abril-mayo del 2021 para realizar la entrevista.

6.- Sintetizar datos de la entrevista: En la entrevista se contemplaron 3 preguntas principales:

- 1.- Tomando en cuenta que su línea de investigación en CEMIE-Océano está enfocada a Corrientes Marinas/Oleaje/Gradiente Salino/OTEC/Geotermia, ¿cuáles son los sitios potenciales de instalación para ese tipo de plantas generadoras de energía del océano?
- 2.- ¿Cuáles son las características que hacen que ese sitio sea propicio?
- 3.- ¿Hay publicaciones relacionadas a esa investigación?
- 4.- Comentarios adicionales.

6.- Ordenar: Con la información ofrecida por los científicos, se ordenó por tipo de PERMs y se realizó un mapa representativo en Google Earth que incluye los sitios recomendados para la instalación.

En todos los sitios hay distribución de especies de mamíferos marinos, por lo que se realizó un listado utilizando el atlas de Heckel et al. (2018) y se hizo un listado de especies por tipo de instalación de planta de energía renovable marina.

7.- Vinculación con la literatura: Se comparó la información de las entrevistas con la literatura relacionada al tipo de PERMs y especies presentes en el sitio.

8.- Discusión y conclusiones: Se discutieron los efectos potenciales y las medidas de mitigación que pueden aplicarse en México en una síntesis escrita.

Capítulo 3. Resultados

En este capítulo se presentan detalladamente los hallazgos obtenidos en la revisión de la literatura y de las entrevistas. Abarcan la descripción de cada uno de los estresores, sus efectos y las especies de mamíferos marinos afectadas. También se describen los sitios de potencial instalación de PERMs en México y las razones por las cuales fueron elegidos.

3.1 Selección de las publicaciones de acuerdo a los criterios de inclusión y exclusión.

La revisión sistemática de la literatura arrojó 537 investigaciones: 479 de la base de datos Tethys, dos de Irena y 56 de Google Académico y se realizó una síntesis cualitativa con 284 investigaciones que presentan evidencia del efecto de estresores a consecuencia de las PERM en los mamíferos marinos que se encontraron disponibles en marzo 2021.

Las publicaciones se dividieron de acuerdo a los estresores que se mencionaban en su contenido: luz, químicos, cables y líneas de amarre, cambios en columna de agua, flujos (movimientos del agua) y sedimentos, campos electromagnéticos, efecto barrera, ruido (Tabla 2).

Tabla 2. Criterios de inclusión y de exclusión: Los estresores que destacan son Efecto barrera con 98 artículos incluidos y ruido con 77. Luz es el estresor que presenta menos investigaciones, solo hay 2.

Estresor	Luz	Químicos	Cables y líneas de amarre	Cambios en columna de agua, flujos y sedimentos	Campos electromagnéticos	Efecto Barrera	Ruido
Identificados	2	8	18	21	29	110	291
Revisados	2	8	18	21	29	109	158
Elegibles	2	5	17	12	20	100	125
Incluidos	2	4	17	11	17	98	77

3.2 Base de datos

Se construyó una base de datos en Excel donde se capturaron los registros por cada publicación revisada, de acuerdo a la codificación explicada en la Metodología (Tabla 1, Figura 9).

BASE DE DATOS - Excel

Vianey Cabello

ArchivoInicioInsertarDisposición de páginaFórmulasDatosRevisarVistaAyuda¿Qué desea hacer?

Cortar

Copiar

Copiar formato

Calibri11A A

Ajustar texto

Combinar y centrar

General

\$ % 000 0.00 0.00

Formato condicional

Dar formato como tabla

Estilos de celda

Insertar

Eliminar

Formato

Autosuma

Rellenar

Borrar

Ordenar y filtrar

Buscar y seleccionar

PortapapelesFuenteAlineaciónNúmeroEstilosCeldasEdición

A2

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V		
1	Notas	Dato	Título	Autores	Año	Tipo de contenido	Tecnología	Estresor (Tethys)	País	Tipo de energía marina aprovechada	Tipo de dispositivo	Localidad	Ubicación del dispositivo en la columna de agua	Ubicación del dispositivo	Tiempo de evaluación	Estación del año	Tamaño del área de estudio	Grupo de mamífero marino receptor	Especie	N	Estresor	Efecto		
2		Variable/Unidad	Título del trabajo	Autores del trabajo	Año o fecha	Reporte, Artículo	Energía marina	Atmósfera, agua	País donde se realizó	Oleaje, Mareas	Nombre completo del dispositivo	Nombre de la columna de agua	Profundidad	offshore, plataforma	Número de días, meses	Primavera, Verano	Km2	Sireneos, Cetáceos	Nombre de la especie	Número de individuos	Ruido, campos electromagnéticos	Nombre del campo		
3		1	OES-Environment	Copping, A.,	June 2020	Reporte	Energía Marina	EMF	Australia, Canadá	Todo	MaRVEN, SEN	Florida, San Francisco	Bass Strait, Connecticut, New Jersey, Rhode Island					Cetáceos, Pinípedos				campos eléctricos	Cambio de comportamiento	
4		2	Risk Retirement	Copping, A.,	may-20	Reporte	Energía Marina	EMF	Italia, Australia	Todo								Cetáceos, Pinípedos				campos eléctricos	Interrupción de la migración	
5	Es una revisión	3	Risk Retirement	Copping, A.,	March 2020	Artículo de revisión	Energía Marina	EMF	Escocia, Suecia	Todo								Cetáceos, Pinípedos				campos eléctricos	Evasión, atracción	
6	Es una revisión	4	Electric and magnetic fields and marine life	Nyqvist, D.,	March 2020	Artículo de revisión	Energía Marina	EMF	Noruega	Eólica			50 m sobre superficie	offshore y plataforma continental	980 m de distancia			Cetáceos	Balaenoptera physalus, Tur			campos eléctricos	Varamientos, pérdida de hábitat	
7	Reporte	5	PHAROS4MP	Defingou, M.,	June 2019	Reporte	Energía Eólica	EMF	Francia	Eólica		Mar Mediterráneo	1 m enterrado	offshore				Cetáceos				campos eléctricos	Orientación, cambios de comportamiento	
8	Reporte	6	Safeguarding WWF	France	may-19	Reporte	Energía Eólica	EMF	Italia, Francia	Eólica		Mar Mediterráneo		offshore				Cetáceos, Pinípedos	Phocoena phocoena, Halic			Campos electromagnéticos		
9	Reporte, en forma de libro	7	Deliverable 2	Vinagre, P.,	February 201	Reporte	Energía Marina	EMF		Eólica														
11		9	Environment	FORCE	January 2014	Reporte	Mareas, Energía	EMF	Canadá									Cetáceos					Campos eléctricos	disrupción de la migración
12		10	PMEC-NETS 4	Northwest N	December 20	Reporte	Energía Marina	EMF	Estados Unidos	Oleaje														Campos electromagnéticos
13		11	MaRVEN Res	Thomsen, F.,	December 20	Estudio de impacto	Energía Marina	EMF	Belgica	Eólica														Campos electromagnéticos
14	Reporte	12	Fairhead Tidi	McGrath, C.,	December 20	Reporte	Energía marina	EMF	Irlanda	Mareas														Campos electromagnéticos
18	Reporte enfocado	16	Effects of EM	Tricas, T., Gill	may-11	Reporte		EMF	Estados Unidos	Todos		Golfo de México	bajo la superficie	offshore				Cetáceos	Pin	Halichoerus grypus, Phoca			Campos eléctricos	Cambios en comportamiento
19	Reporte enfocado	17	Effects of EM	Tricas, T., Gill	jun-11	Reporte		EMF	Estados Unidos	Todos		Golfo de México	1 m enterrado	offshore				Cetáceos	Tursiops sp., Balaenoptera			Campos eléctricos	Navegación, cambios de comportamiento	
22	Revisión de literatura	20	Effects of Ele	Slater, M.,	September 2	Reporte	Energía Marina	EMF	Estados Unidos	Todos		Oregon						Cetáceos	Delphinus delphis, Grampus				Campos electromagnéticos	
23		21	Strategic Env	Department	December 20	Reporte	Oleaje, eólica	EMF	Reino Unido	Mareas, Eólica								Cetáceos						Campos electromagnéticos
24	Habla principal	22	The Physics of	Winkhofer,	November 2	Artículo de revisión		EMF																
25	Es de ruido	23	Environment	Miller, J., Pol	October 2005	Artículo de revisión	Energía marina	EMF	Estados Unidos	Eólica			offshore		2 meses		Octubre y noviembre (200	Cetáceos	Eubalaena glacialis					
28	Reporte de impacto	26	COWRIE 1.5	Gill, A., Gloy	July 2005	Reporte	Energía eólica	EMF	Reino Unido	Eólica				offshore				Cetáceos	Phocoena phocoena, Tursi			Campos electromagnéticos		
30		28	Effects of Ma	Hoffmann, E.	may-00	Reporte	Energía eólica	EMF	Dinamarca									Cetáceos	Phocoena phocoena			Campos eléctricos	varamientos, pérdida de hábitat	
31		29	Evidence that	Walker, M., H	July 1992	Artículo de revisión		EMF	Estados Unidos			Golfo de México	< 182 m (ubicación)	Plataforma continental	2 meses		Octubre (197	Cetáceos	Balaenoptera			94	Geomagnético	atractor
32		30	Environment	Degraer, S., B	January 2019	Reporte	Wind Energy	Químicos	Belgica	Eólica		Mar del Norte	37.5 m	sobre plataforma	10 años			Cetáceos	Phocoena phocoena			Contaminación	Asentamiento	
34		32	Environment	Copping, A.,	January 2015	Artículo de revisión	Wind Energy	Químicos	Estados Unidos	Eólica, Mareas	Snohomish R	Puget sound, Oregon, Lake Erie						Cetáceos, Pinípedos	Eumetopias jubatus, Orcin			Contaminación	Efectos tóxicos	
35	Reporte de impacto	33	D4.17 Report	Magagna, D.,	may-14	Reporte	Wind Energy	Químicos	Reino Unido	Todas														
37		35	Strategic Env	Department	December 20	Reporte	Marine Energy	Químicos	Reino Unido	Eólica														
39		37	Proceedings	Massey, J. Liz	January 2007	Conferencia		Químicos	Estados Unidos	Todas		California						Cetáceos, Pinípedos	Phoca vitulina vitulina, Hal			Contaminación química, Pet		
40		38	PHAROS4MP	Defingou, M.,	June 2019	Reporte	Wind Energy	Luz	Italia, Francia	Eólica		Mar Mediterráneo		offshore				Cetáceos, Pinípedos	Enhydra lutris nereis			Contaminación	Cambio en la fisiología	
41		39	Safeguarding	WWF France	may-19	Reporte	Wind Energy	Luz	Italia, Francia	Eólica		Mar Mediterráneo		offshore				Cetáceos, Pinípedos	Phoca vitulina, Phocoena			Luz en estructuras	Desorientación	
42	Viene una información	40	Comparison	Horwath, S.,	August 2020	Reporte	Wind Energy	Cambios en	Estados Unidos	Eólica		Horns Rev						Cetáceos	Monachus monachus, Bala					
43		41	OES-Environment	Copping, A.,	June 2020	Reporte	Marine Energy	Cambios en	Australia, Canadá	Todo				offshore				Cetáceos	Eschrichtius robustus			cimientos de pérdida de hábitat		
44		42	Risk Retirement	Copping, A.,	may-20	Reporte	Marine Energy	Cambios en	Italia, Australia	Todo								Cetáceos, Pinípedos					Cambio de hábitat	

BASE DE DATOS

Modificar Modo Filtrar

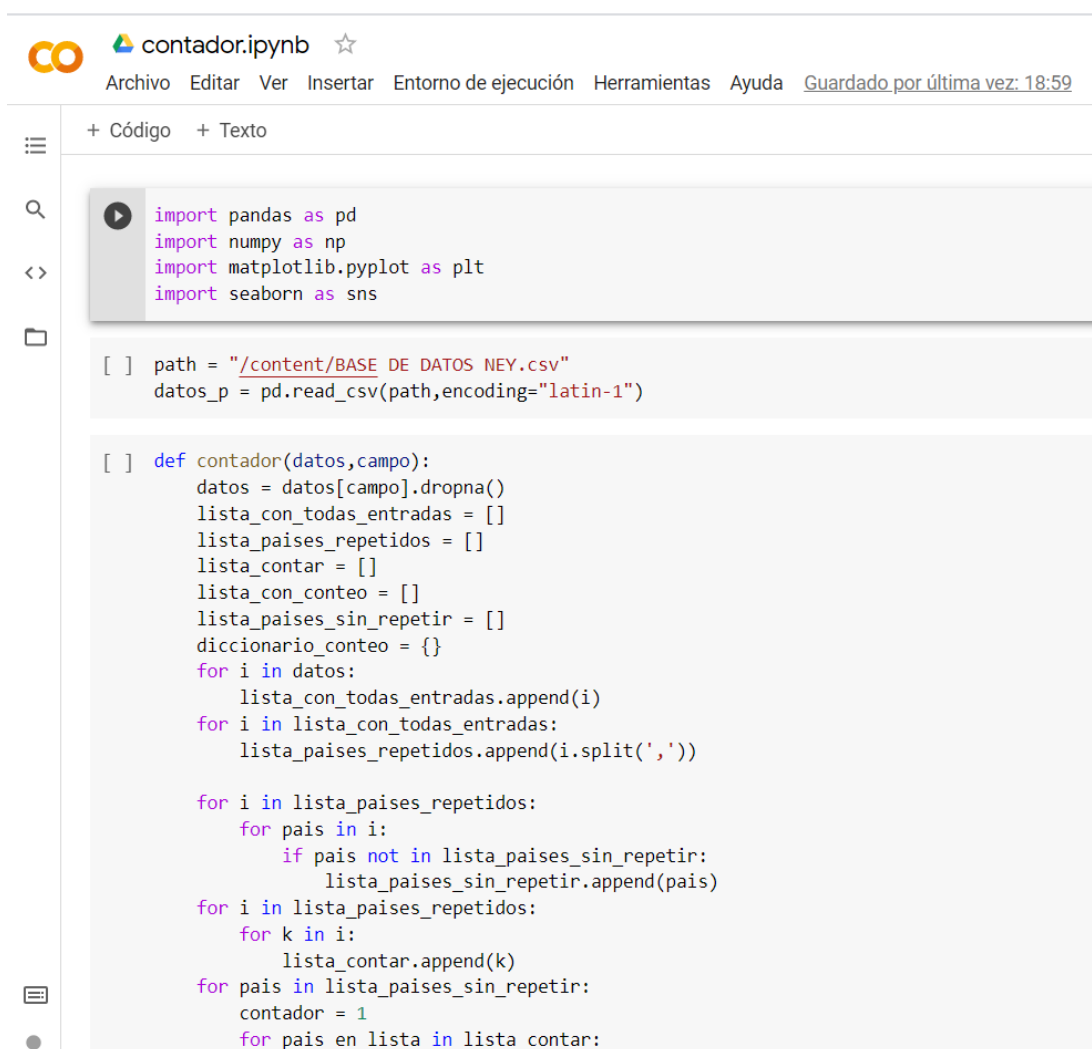
79%

Figura 9 Base de datos en Excel con la codificación de los datos.

3.3 Variables y presentación de resultados estandarizados

Con ayuda de un contador de palabras (Figura 10 y Apéndice 1) se definieron los países donde se han realizado estudios relacionados a mamíferos marinos y plantas de energías renovables marinas o sus potenciales efectos.

Se detectó que Estados Unidos y Reino Unido, son los países con más estudios, con 81 y 72 publicaciones respectivamente. Los otros países o regiones son: Alemania (5), Antártida (1), Australia (14), Bélgica (4), Canadá (20), China (3), Dinamarca (9), Escocia (5), España (4), Francia (10), Gales (2), Grecia (5), India (2), Inglaterra (2), Irlanda (5), Irlanda del Norte (6), Italia (12), Japón (2), México (1), Noruega (3), Nueva Zelanda (2), Países Bajos (10), Portugal (5), Rusia (1), Suecia (7) (Figura 11 y 12).



```

import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns

[ ] path = "/content/BASE DE DATOS NEY.csv"
    datos_p = pd.read_csv(path,encoding="latin-1")

[ ] def contador(datos,campo):
    datos = datos[campo].dropna()
    lista_con_todas_entradas = []
    lista_paises_repetidos = []
    lista_contar = []
    lista_con_conteo = []
    lista_paises_sin_repetir = []
    diccionario_conteo = {}
    for i in datos:
        lista_con_todas_entradas.append(i)
    for i in lista_con_todas_entradas:
        lista_paises_repetidos.append(i.split(','))

    for i in lista_paises_repetidos:
        for pais in i:
            if pais not in lista_paises_sin_repetir:
                lista_paises_sin_repetir.append(pais)
    for i in lista_paises_repetidos:
        for k in i:
            lista_contar.append(k)
    for pais in lista_paises_sin_repetir:
        contador = 1
        for pais_en_lista in lista_contar:

```

Figura 10: Contador de palabras que se utilizó para definir los países con estudios sobre mamíferos marinos y plantas de energías renovables.

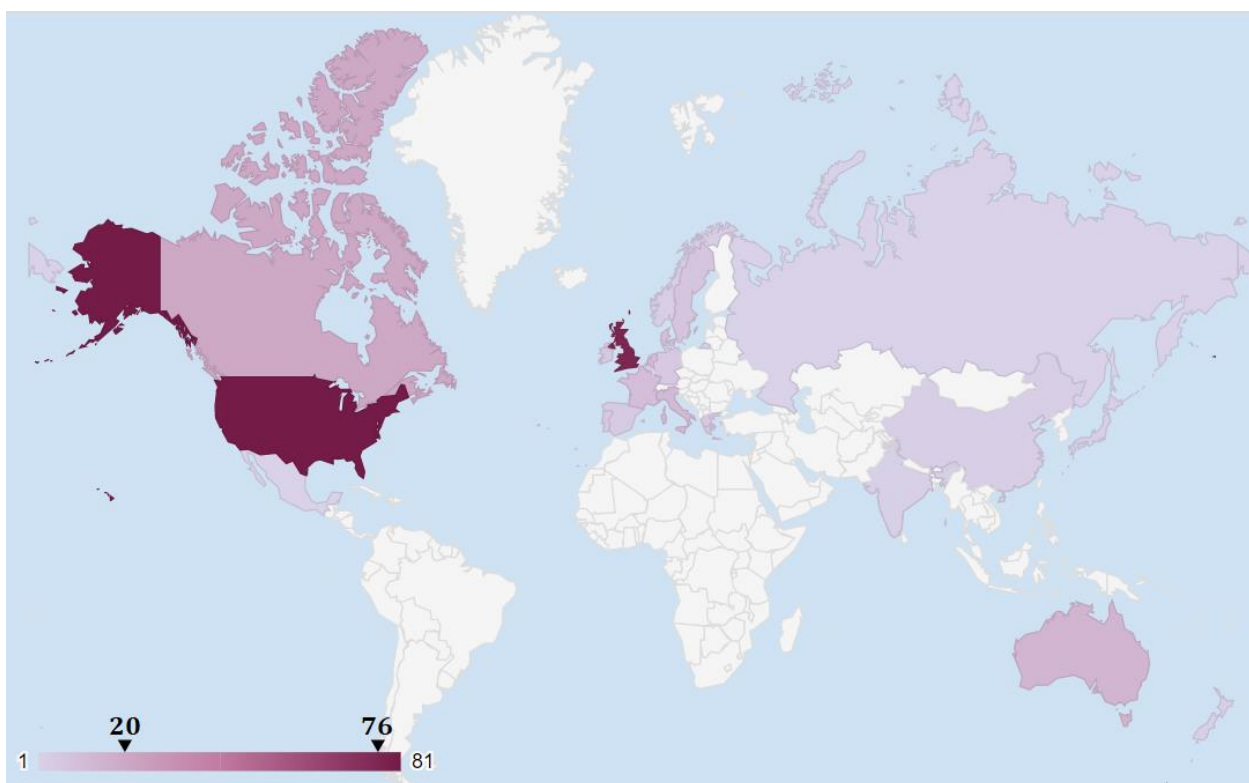


Figura 11: Países con estudios enfocados a mamíferos marinos y los efectos potenciales de las Plantas de Energías Renovables Marinas.

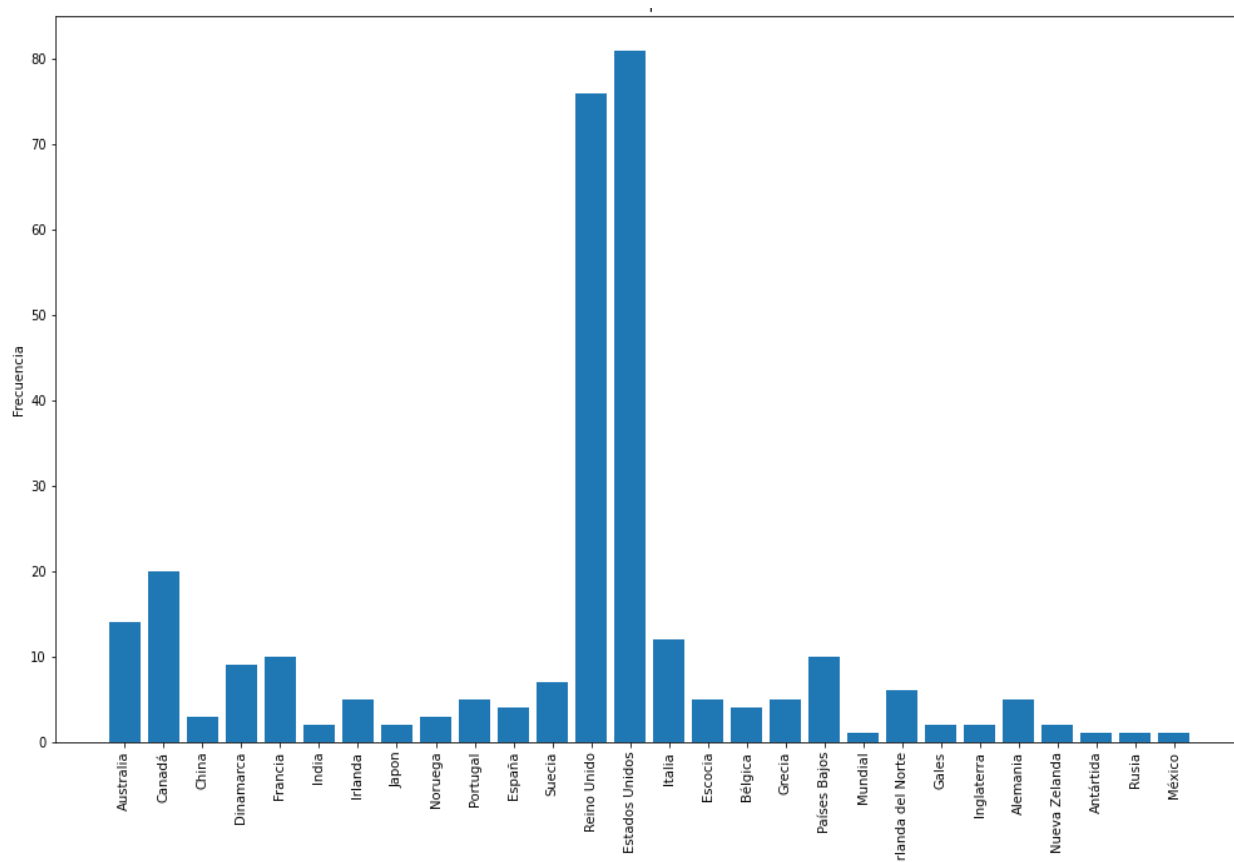


Figura 12: Frecuencia de publicaciones por país, de 497 publicaciones revisadas de 1957 a 2021.

La publicación más antigua es un artículo científico de enero de 1957 y la publicación más reciente es un artículo científico que se publicó en enero de 2021.

Las publicaciones que están directamente relacionadas a efectos por PERM son: mareas (62), eólica (38), oleaje (23), corrientes marinas (5), en general (12); el resto de las publicaciones son relacionadas a potenciales efectos que pueden encontrarse en PERM (Figura 13 y Apéndice 1).

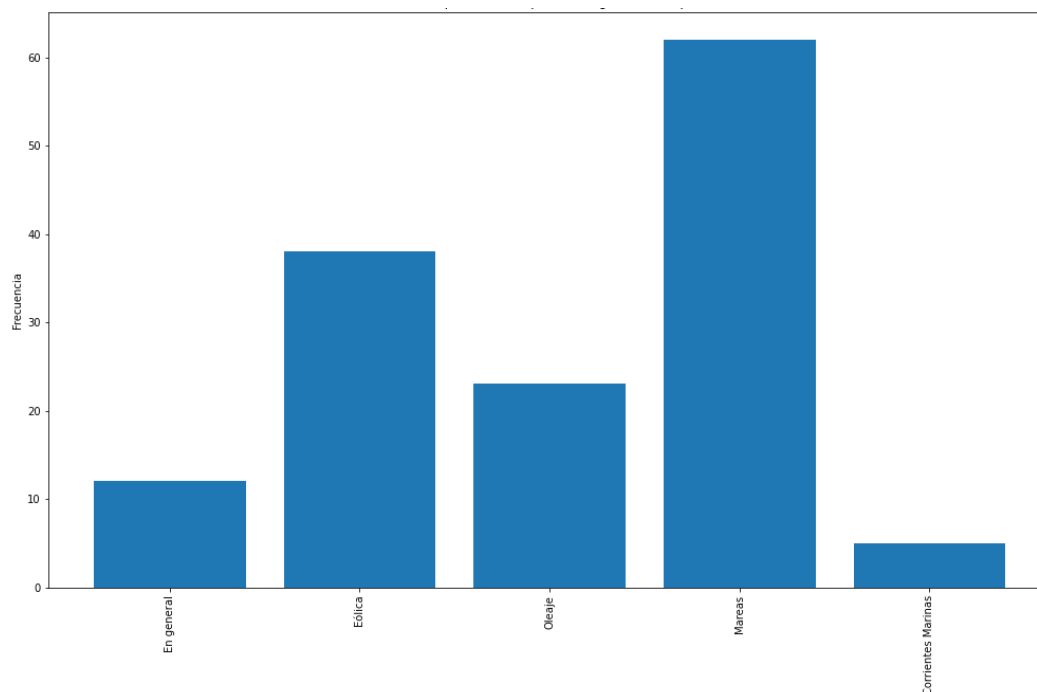


Figura 13: Frecuencia de publicaciones relacionadas al tipo de producción de energía renovable marina.

La mayoría de las investigaciones están orientadas a Cetáceos, seguida por Pinnípedos y finalmente Mustélidos (Figura 14 y Apéndice 1).

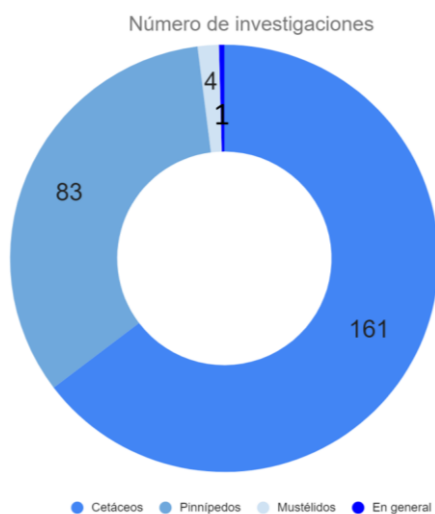


Figura 14: Investigaciones en los diferentes grupos de mamíferos marinos.

En una investigación en Mossel Bay, Sudáfrica, que no está relacionada con plantas de energías renovables marinas, pero sí con una población de 4000 lobos finos del Cabo (*Arctocephalus pusillus pusillus*) que sirven de presas durante el mes de mayo de los tiburones blancos (*Carcharodon carcharias*) migratorios. La estrategia de caza de los tiburones es gracias a diversos sentidos, principalmente la visión, si hay suficiente luz los tiburones alcanzan a ver a su presa (Morse et al., 2019). Los lobos marinos se alimentan durante las noches cuando los peces suben de las profundidades y solo serían presas fáciles para los tiburones durante noches de luna llena por la cantidad de luz. Los lobos deberían tener la posibilidad de alimentarse sin riesgo durante la oscuridad de la noche, sin embargo, esa oscuridad total ya no existe debido a las luces artificiales de la ciudad de Mossel Bay.

Hay estudios de nivel de estrés en lobo fino del Cabo con la presencia de glucocorticoides fecales que fueron más elevados cuando el riesgo de depredación induce una respuesta de estrés (Hammerschlag et al., 2017).

Es importante destacar que todas las instalaciones antropogénicas en el océano tienen en sus procesos luces artificiales para evitar la colisión con barcos. El aumento de luz puede ocasionar un aumento en la depredación por parte de tiburones a los mamíferos marinos.

Químicos

Se utilizaron cuatro publicaciones relacionadas al estresor “Químicos”. Tres estaban enfocadas a energía eólica y hablan de la toxicidad por metales pesados en los recubrimientos y pinturas de las cimentaciones que tienen un efecto en las comunidades hiperbentónicas y en las especies pelágicas, a la vez que presentan efectos tóxicos crónicos a largo plazo en mamíferos marinos de las especies lobo marino de Steller (*Eumetopias jubatus*), foca gris (*Halichoerus grypus*), foca de puerto (*P. vitulina vitulina*), rorcual minke común (*Balaenoptera acutorostrata*), rorcual Sei (*Balaenoptera borealis*), ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*), delfín común (*D. delphis*), calderón de aletas cortas (*G. melas*), delfín de Risso (*G. griseus*), orca (*O. orca*), tursión (*T. truncatus*), y marsopa común (*P. phocoena*) (Massey, 2007; Copping, 2015; Degraer, 2019).

Una publicación menciona que derivado de estudios de contaminación por petróleo se detectaron cambios en la expresión génica, alteración de la reproducción, cambios hematológicos, cambios en la función inmune y genotoxicidad en nutria marina (*Enhydra lutris*), en donde hubo efecto en el 100% de los 14 organismos estudiados (Massey, 2007).

Cables y líneas de amarre.

Los cables y líneas de amarre tienen una importancia en el efecto de enmarañamiento o atrapamiento de mamíferos marinos, y se revisaron 17 artículos. Cuatro publicaciones son específicamente para energía eólica y cuatro para energía del oleaje. Más de la mitad (11) de las publicaciones se enfocan únicamente en el grupo de cetáceos, destacando las siguientes especies: ballena de cabeza arqueada o de Groenlandia (*Balaena mysticetus*), ballena franca austral (*Eubalaena australis*), ballena franca del Atlántico Norte (*E. glacialis*), ballena gris (*Eschrichtius robustus*), rorcual minke común (*B. acutorostrata*), rorcual tropical o de Bryde (*Balaenoptera edeni*), rorcual común (*B. physalus*), ballena jorobada (*M. novaeangliae*), cachalote (*P. macrocephalus*), orca (*O. orca*) (Heezen, 1957; Wood y Carter, 2008; Laerquist et al., 2012; Kropp, 2013; Benjamin et al., 2014; Van der Hoop, 2017; Copping et al., 2018a; Harvey y Associates, 2020). El enmarañamiento tiene como efecto un mayor consumo energético, mayor riesgo de depredación, y confusión de los cables con presas. Las investigaciones fueron realizadas a partir de modelos, bases de datos y observaciones.

Una investigación enfocada a ballena franca del norte (*E. glacialis*), llevada a cabo durante 6 años, demostró que en 72 ballenas que se enmarañaron, a partir del día del enmarañamiento las ballenas morían en promedio del día 216 al 260 debido al costo energético, el estrés y/o las lesiones (Van der Hoop, 2017).

Para ballena jorobada (*M. novaeangliae*) se han diseñado modelos y animaciones en donde se presentan los cables y líneas de amarre potenciales en PERM de energía del oleaje, mareas y eólica (Copping et al., 2018c). Hay un video en donde se observa la interacción de ballenas jorobadas con las instalaciones de una planta de energía eólica marina offshore. Las instalaciones son grandes y visibles para los organismos, los cables están tensos para evitar el enredo (Gear et al., 2018). En otras investigaciones con el software de modelado Orca Flex se descubrió que el riesgo depende del tamaño del cuerpo, la capacidad para detectar los cables, flexibilidad corporal, forma de alimentación, tensión del cable, volumen y curvatura (Benjamins et al., 2014; Harnois et al., 2015). Para pinnípedos no hay ningún estudio específico, pero sí se da por hecho que hay un riesgo potencial de lesión por atrapamiento o enredo en cables o líneas de amarre en PERM (NNMREC, 2013).

Campos electromagnéticos

Se contemplaron 17 estudios enfocados a campos electromagnéticos, cinco dirigidos a energía eólica, uno a oleaje y uno a mareas.

La mayoría de las investigaciones (10) están enfocadas a Cetáceos, en donde los efectos son principalmente alteración en la orientación, en la navegación y disrupción de la migración, que, en el peor de los casos, ocasiona varamientos. Las especies contempladas en el grupo de cetáceos son: ballena de aleta (*B. physalus*), ballena jorobada (*M. novaeangliae*), cachalote (*P. macrocephalus*), cachalote pigmeo (*Kogia breviceps*), cachalote enano (*Kogia sima*), zifio de Cuvier (*Z. cavirostris*), delfín común (*D. delphis*), calderón de aletas largas (*G. melas*), calderón de aletas cortas (*Globicephala macrorhynchus*), delfín de Risso (*G. griseus*), delfín de costados blancos del Atlántico (*Lagenorhynchus acutus*), delfín listado (*S. coeruleoalba*), delfín pintado (*Stenella frontalis*), tonina (*T. truncatus*), marsopa común (*P. phocoena*), marsopa de Dall (*Phocoenoides dalli*) (Walker et al., 1992; Hoffmann et al., 2000; Gill et al., 2005; NNMREC, 2013; FORCE, 2014; Thomsen, 2015).

En ballena de aleta (*B. physalus*) se demostró con un monitoreo de 94 individuos durante dos meses en invierno en el Golfo de Maine, Estados Unidos, que el geomagnetismo es un atractor e influye en la migración y las ballenas pueden percibirlo a <182 m de distancia del campo geomagnético (Walker et al., 1992).

En tursión (*T. truncatus*) se encontró que son capaces de detectar campos electromagnéticos porque pueden nadar más rápido a un objetivo magnético que hacia uno no magnético (Kremers et al., 2014)

Para los pinnípedos se menciona a la foca gris (*H. grypus*), y los efectos por campos electromagnéticos ocasionan cambios de conducta y en alimentación, ya que la disponibilidad de presas puede ser afectada (Mcgrath, 2013).

En una revisión de 7 investigaciones encontraron que los estudios electromagnéticos para detectar petróleo se asocian a varamientos de ballena de aleta (*B. physalus*) y tonina (*T. truncatus*) (Nyqvist et al., 2020). Sin embargo, una instalación de energía eólica no encontró efectos significativos en marsopa común ni en foca de puerto (Hoffmann et al., 2000).

Cambios en columna de agua y sedimentos.

En los artículos revisados (11) hay 8 artículos que mencionan que la presencia del dispositivo (cimientos o turbinas) ocasiona cambios en el patrón de sedimentos y columna de agua, lo cual puede verse reflejado en un cambio de hábitat, productividad biológica y disponibilidad de alimento que afecta a las siguientes especies: lobo marino de Steller (*E. jubatus*), foca gris (*H. grypus*), ballena minke común (*B. acutorostrata*),

ballena jorobada (*M. novaeangliae*), delfín común (*D. delphis*), delfín de Risso (*G. griseus*), orca (*O. orca*), tonina (*T. truncatus*), marsopa común (*P. phocoena*) (DETI, 2009; Wilson et al., 2011; Barrett et al., 2012; Saunders et al., 2012; Copping et al., 2014; Copping et al., 2015; Harvey y Asociados, 2020; Copping et al., 2020a, Copping et al., 2020b).

Estos cambios en la columna de agua tienen efectos diversos, dependiendo del estresor; por ejemplo, la presencia de cimientos afecta directamente a la ballena gris (*E. robustus*) porque pierde el hábitat de fondos blandos en donde se encuentra su alimento, los anfípodos bentónicos (Horwath et al., 2020).

La turbulencia del agua derivada de las turbinas puede afectar a varias especies por los cambios que ocasiona en los procesos de erosión y sedimentación. En efecto, observaciones mediante modelos han permitido detectar una relación entre cambios en la distribución de sedimentos y disminución de biodiversidad de especies (Vinagre et al., 2019).

En Países Bajos se demostró que la presencia de turbinas generadoras de energía de mareas altera el equilibrio ecológico. Desde su instalación se formaron “camas de arena” por una alteración en la distribución de sedimentos lo cual se relacionó con un aumento en poblaciones de foca de puerto (*P. vitulina*) ya que usaban estas camas como zonas de descanso. La presencia de turbinas también se relacionó con una mayor mortalidad de marsopa común (*P. phocoena*) por una disminución de sus zonas de alimentación (Leopold et al., 2019).

Hay tres artículos que mencionan que los efectos por cambios en la columna de agua y sedimentos por instalación de plantas de energías renovables marinas no son significativos, los tres son modelos (Copping et al., 2014; Vinagre et al., 2019; Copping et al., 2020a).

Efecto Barrera

El efecto barrera es aquel derivado de la presencia física del dispositivo (estática o dinámica) que puede ocasionar la colisión de los organismos. Las embarcaciones también generan un efecto barrera y su número incrementa durante la construcción y operación de plantas de energías renovables marinas. Los dispositivos generadores de energía renovable poseen partes móviles como turbinas, palas, rotores, cometas de marea y cuchillas de turbinas; algunas de estas partes pueden tener velocidades de 11 a 44 km/h. También se menciona que la punta de un objeto giratorio es la parte que se mueve más rápido y representa el área potencialmente más dañina en caso de colisión (Thompson et al., 2015; Leopold et al.,

2019;) con álabes de turbina de 10 m (Copping et al., 2018b) o turbinas de 16 m de diámetro (Hastie, 2013).

De los 98 artículos revisados, 12 mencionan que la presencia estática y sumergida de los dispositivos (cimientos e instalaciones) (Diederich et al., 2008; Copping et al., 2014; Copping et al., 2015; Copping et al., 2015; Williamson et al., 2016; Best y Halpin, 2019) alteran la densidad poblacional. Se han encontrado diferencias en densidades antes y después de la instalación de infraestructura de oleaje y mareas en foca gris (*H. grypus*), foca de puerto (*P. vitulina*) y marsopa común (*P. phocoena*) (Long et al., 2017; Long et al., 2018;). Alcock (2012) menciona que la vida silvestre tiende a desplazarse por la pérdida de hábitat durante la instalación de las estructuras, pero que durante la operación los animales regresan. Se ha observado movimientos de evasión de forma horizontal o vertical, para evitar colisiones con instalaciones estáticas (Bailey et al., 2014). Por lo tanto, la presencia de los dispositivos interfiere con los movimientos naturales de los animales, como es el caso por ejemplo, de la marsopa común (*P. phocoena*) que restringe sus movimientos durante las mareas altas. Porque puede colisionar por la turbulencia provocada por las turbinas para obtención de energía de mareas y la barrera a marejada ciclónica de Eastern Scheldt que se han instalado en Países Bajos (Kastelein et al., 2019).

El efecto barrera derivado de la presencia física dinámica de los dispositivos implica más riesgo por colisión que por pérdida de hábitat porque de los 48 artículos que mencionan este estresor, 41 hablan de efectos en lesiones y muerte por colisión.

Los efectos ocasionados por partes móviles de los dispositivos, de acuerdo a las publicaciones revisadas, son principalmente en pinnípedos y odontocetos, contemplando las siguientes especies: lobo fino de Nueva Zelanda (*Arctocephalus forsteri*), lobo marino de Steller (*E. jubatus*), foca gris (*H. grypus*), foca de puerto (*P. vitulina*), tursión del Indopacífico (*Tursiops aduncus*), tursión (*T. truncatus*), orca (*O. orca*) y marsopa común (*P. phocoena*) en donde hay evidencia de lesiones por colisión (Smith et al., 2018; Joslin et al., 2019; Best et al., 2019).

Un estudio menciona que monitoreando zonas de riesgo con observaciones terrestres y con 10 mil horas de video submarino a nutria europea (*Lutra lutra*), foca de puerto (*P. vitulina*), marsopa común (*P. phocoena*) y rorcual minke común (*B. acutorostrata*), se observó que solamente la foca de puerto (*P. vitulina*) y la marsopa común (*P. phocoena*) estuvieron en zona de riesgo de colisión (Smith, 2018). Para establecer riesgo de colisión en la ballena minke (*B. acutorostrata*) ya existe un modelo de simulación de colisión e interacción con el fluido. Primero se modela el cuerpo de la ballena tomando en cuenta que es

un cuerpo deformable con una serie de propiedades materiales (piel, grasa y hueso). Se complementa con el modelado de la turbina y la interacción entre sus palas de rotor en movimiento, el fluido circundante (agua) y la ballena. Nueve publicaciones fueron formuladas a partir de un modelo, en un estudio se estimó 0.035% de riesgo de lesión para foca de puerto (*P. vitulina*), 0.006% de riesgo de lesión para marsopa común (*P. phocoena*), 0.011% de riesgo de lesión para orca (*O. orca*) por colisión con dispositivos de obtención de energía de mareas (Copping et al., 2018). Otro arrojó que para una población de foca de puerto (*P. vitulina*) hay un riesgo de colisión del 0.78% al 2.69% de los animales que pasan por la zona, y que los que nadan pasivamente tienen más riesgo que los que nadan activamente (Booth et al., 2015).

En el año 2013 se realizó un modelo a partir del golpe por turbina convertidora de energía de mareas, de la marca comercial OpenHydro, en la cabeza de orca (*O. orca*). Se encontró que para un organismo de 4000 kg no había riesgo significativo de lesiones por colisión (Carlson et al., 2013). Al año siguiente se mejoró el modelo, usando la misma especie y misma marca comercial de turbina como caso de estudio, estimando las propiedades biomecánicas de la orca, piel y grasa. Se concluyó que la colisión con una turbina ocasiona lesión tisular significativa, daño subcutáneo, laceración en el 6 % de los casos y traumatismo craneoencefálico (Carlson et al., 2014). Para foca de puerto (*P. vitulina*), una turbina de marca comercial SeaGen también representa un riesgo (Copping et al., 2015).

En un estudio en Inner Sound de Pentland Firth en Escocia a partir de la observación se ha detectado que con 6 turbinas de mareas hubo una tasa de evasión del 98% y ocurrió la colisión de 4 focas de puerto (*P. vitulina*) al año, daño esquelético a velocidad mayor a 21 km/h, pérdida de conciencia y ahogamiento (Sparling et al., 2020). Con un monitoreo acústico en el Estrecho de Islay, Escocia, durante el verano se detectó que para marsopa común (*P. phocoena*) hay de 1.3 a 1.8 encuentros de colisión al año (Wilson et al., 2014) y en otro estudio en Strangford Lough y el Mar de Irlanda se detectó que hay evidencia de pérdida de hábitat, la foca de puerto (*P. vitulina*) evita las turbinas en un 90.3% siendo las focas enfermas las más vulnerables (Joy et al., 2018).

También hay publicaciones que revisan los varamientos y a partir de las necropsias realizadas han determinado que la colisión ocasiona heridas paralelas en el costado, hernia en intestino delgado, rotura de cráneo, laceración del cerebro, cortes en el torso, apertura de cavidades torácica y abdominal, y fracturas en costillas y vértebras (Byard et al., 2012).

Estudios sobre dispositivos de conversión de energía de mareas en Reino Unido y Estados Unidos, mencionan turbinas de 1.5 MW con rotores de 18 m de diámetro que giran a 14 rpm y turbinas de 1.5 a 9

m de diámetro con velocidad de 50-100 rpm, además de palas de 18-32 m/s de velocidad. Un estudio menciona una PERM de 86 turbinas. Para dilucidar los efectos en mamíferos marinos, las investigaciones utilizaron diversas técnicas, como por ejemplo: monitoreo acústico pasivo, monitoreo acústico activo, construcción de pistas en 3D de movimientos, video y organismos marcados con ubicación GPS (Davies et al., 2011; Hastie et al., 2013; Sparling et al., 2014; Longshaw et al., 2014; Thompson et al., 2016; Band et al., 2016; Jha, 2016a; Jha, 2016b; Hutchison et al., 2016; Lieber et al., 2018; Malinka et al., 2018; Palmer et al., 2019).

En un monitoreo pasivo acústico de 247 odontocetos (*T. truncatus*, *G. griseus*, *D. delphis*, *L. acutus*, *L. albirostris*) durante 3 meses, se encontró que la presencia de turbinas ocasiona cambios en el comportamiento en un radio de 100 m alrededor de la turbina (Malinka et al., 2018). Posteriormente se implementó un modelo tridimensional que incluye los movimientos de los animales y variables ambientales, detectaron que los individuos son capaces de rodear la turbina en movimiento sin colisionar porque la detectan con clics sonoros, pero es un comportamiento que no puede generalizarse (Malinka et al., 2018).

En otro estudio se mencionó que de 27 delfines y 571 marsopas (*Tursiops* sp. y *P. phocoena*) ninguno tuvo efecto por colisión ni se acercó a la turbina (Palmer et al., 2019).

Para pinnípedos hay estudios que mencionan que de 24 focas de puerto (*P. vitulina*) marcadas, 3 se acercaron a menos de 37 m de la turbina (Palmer et al., 2019). En otro estudio se menciona una proyección de 0.8-2.0 % de colisiones con 14 individuos, 86 turbinas producen 73-152 colisiones (103 colisiones al año) (Thompson et al., 2016). Davies et al. (2011) mencionan que una mayor frecuencia de buceo es mayor riesgo de colisión y este riesgo de colisión puede ser de 0.2 a 5%.

La presencia de PERM aumenta el tráfico marítimo y en esta revisión se encontraron 30 publicaciones enfocadas en el efecto barrera ocasionado por embarcaciones.

La presencia de embarcaciones ocasiona fragmentación del hábitat (Mullen et al., 2013), así como colisión y atracción (Silber et al., 2010; Bexton et al., 2012; Van der Hoop et al., 2012; Silber et al., 2012; Booth et al., 2013; Mullen et al., 2013; Magagna et al., 2014; Petruncy et al., 2014; Basset et al., 2015; Peltier et al., 2019; Horne et al., 2021).

La colisión por buques es aguda para cetáceos y pinnípedos, y grave para ballena azul (Moore et al., 2013).

Para los cetáceos *B. physalus*, *E. glacialis*, *E. australis*, *M. novaengliae*, *Physeter catodon*, *E. robustus*, *B. mysticetus*, *B. acutorostrata*, *B. borealis*, *Balaenoptera brydei* y *Balaenoptera musculus* la colisión se da principalmente en embarcaciones con velocidades de 13-15 nudos.

Para ballena franca (*E. glacialis*), se sabe que en la actualidad la colisión con barcos es la primera fuente de mortalidad en el Atlántico Norte. Hay muchos esfuerzos para reducir esta mortalidad por su estatus de conservación. Se sabe que una velocidad mayor a 10 nudos en los barcos aumenta el riesgo por colisión, y que son capaces de detectar la embarcación para tomar acción de evasión a 10 m de distancia (Lima et al., 2015).

La hélice provoca un efecto de succión y se encontró que las lesiones más graves se dan más en popa que en proa (Van der Hoop et al., 2012; Silber et al., 2010; Silber et al., 2012). Kite-Powell et al. (2007) realizaron un modelo y encontraron que la probabilidad de colisión es del 100% cuando la embarcación navega a una velocidad mayor de 15 nudos, del 70% cuando la velocidad va de 12-13 nudos, del 60% a una velocidad de 10 nudos, además hay lesión letal a velocidades de 8 a 15 nudos. Además, Vanderlaan et al. (2007), a partir de un modelo encontraron que a 15 nudos de velocidad la probabilidad de lesión es de 79% y a 8 nudos la probabilidad de lesión es de 17%. Por otro lado, Wang et al. (2007) mencionan que embarcaciones de menos de 9 toneladas ocasionan lesión leve, embarcaciones de 9 a 15 toneladas ocasionan lesiones graves, y embarcaciones de 15 a 23 toneladas causan la muerte.

Las lesiones varían, puede presentarse fractura de mandíbula, traumatismo agudo y traumatismo cerrado (Tsukrov et al., 2009; Campbell-Malone et al., 2008). Por parte de la Organización Marítima Internacional se propuso realizar un protocolo voluntario de "área a evitar" en Roseway Basin, Nueva Escocia, en donde las ballenas francas se alimentan. Sin la implementación del protocolo voluntario "área a evitar" se estima que ocurre una colisión letal cada 0.78 a 2.07 años; en cambio, implementando el protocolo voluntario "área a evitar" se estima una colisión letal cada 41 años.

En una base de datos de monitoreo de varamientos (vivos y muertos) durante 27 años se encontró que la colisión por embarcaciones ocasiona mortalidad en el 68% de los casos, las especies encontradas fueron las siguientes: *B. musculus* (8), *O. orca* (1), *B. brydei* (3), *B. physalus* (75), *E. robustus* (24), *M. novaeangliae* (44), *B. acutorostrata* (19), *E. glacialis* (38), *E. australis* (15), *P. macrocephalus* (17), *B. borealis* (3) y 42 especies desconocidas (Jensen et al., 2004).

En pinnípedos se detectó la mortalidad por colisión por embarcaciones en Reino Unido de 76 pinnípedos (43 focas comunes, 26 focas grises, 7 sin identificación) asociado a hélices, de junio del 2008 a diciembre del 2010. Se considera que esto se debió a un aumento de embarcaciones (Bexton et al., 2012).

Ruido

En la revisión de la base de datos Tethys, se encontró que hay preguntas de investigación sin responder, como: ¿Cuál es el umbral de ruido que afecta a los mamíferos marinos en sus diferentes aspectos? ¿Hasta cuándo los mamíferos marinos pueden enfrentar el estresor ruido sin salir afectados? El efecto de ruido puede variar dependiendo de su procedencia: embarcaciones, instalación de pilotes, turbinas y dispositivos para alejar a los mamíferos marinos. Los efectos se pueden dividir en cambios de conducta, cambios de distribución de hábitat, enmascaramiento auditivo, cambios fisiológicos y varamientos.

Cambios de conducta:

La respuesta conductual puede presentarse como cambios en patrones de superficie, buceo y rumbo, respuesta acústica, cambios en tipo o sincronización de vocalizaciones con relación a la fuente de ruido (Nowacek et al., 2007). En un artículo de revisión de umbrales auditivos se encontró que hay cambios de desplazamiento o en alimentación para todos los mamíferos marinos con sonidos que van por encima de 160 kHz y a 100 m de distancia (Cotter et al., 2019).

En un experimento cerrado con lobo marino de California (*Zalophus californianus*) el ruido por un arco eléctrico ocasionó que los dos individuos evitaran estar cerca del arco (Finneran et al., 2003). En foca de puerto (*P. vitulina*) el ruido ocasionado por el dispositivo ACME (Red de comunicación y recopilación de datos submarinos) de 12 kHz ocasiona incomodidad a los 107 dB y malestar a los 130-180 dB (Kastelein et al., 2005).

En ballena gris (*E. robustus*) se ha demostrado que el sonido de orca provoca evasión y nado en dirección contraria (Cummings et al., 1971). Las embarcaciones de 19 m a 10 nudos de velocidad provocan alteración de comportamiento a 350 m con 152 dB de ruido a *T. truncatus*, *D. delphis*, *P. phocoena*, y *H. grypus* (Lossent et al., 2017).

En orcas (*O. orca*) de las costas de Columbia Británica en Canadá se observó que cuando una embarcación va a una velocidad de 51 km/h y produce 165 dB de ruido, hay una respuesta conductual en los animales

(aumento de velocidad de nado) (Erbe et al., 2002). En otro estudio se comprobó que con la presencia de tres embarcaciones la orca aumenta sus llamadas o vocalizaciones (Foote et al., 2004).

La grabación de un barco con ruido de 115 dB provocó el aumento de evasión de nado a 700 m en 30 individuos de ballena franca (*E. glacialis*) y 20 de cachalote (*P. macrocephalus*) (Johnson et al., 2003). También en otro estudio se encontró que seis individuos de ballena franca (*E. glacialis*), al escuchar una grabación de embarcación de 173 dB, nadaron hacia la superficie, lo cual puede propiciar una colisión, pero favorece la visibilidad (Johnson et al., 2003; Nowacek et al., 2004)

En belugas del Estuario St. Lawrence se encontró una reducción progresiva de la tasa de llamadas, aumento en la emisión de llamadas tonales decrecientes, aumento de repetición de llamadas específicas y aumento de frecuencia (de 3.6 kHz a 5.2-8.8 kHz) con la presencia de embarcaciones. El estudio se realizó durante el verano de 1991 y sus efectos a largo plazo son desconocidos, aunque se discute que pueden ser importantes durante la reproducción, en la localización de fuentes de alimento y en el nado en hielo (Lesage et al., 2006).

Hay evidencia suficiente de que el ruido antropogénico afecta las conductas sociales como la reproducción y la cacería para alimentación (Wilson et al., 2020). En un estudio muy reciente de orcas residentes de Columbia Británica, en Canadá, se encontró que, debido a la presencia de barcos de pesca, ya no se alimentan en las mismas zonas y han adelgazado (Wright et al., 2021). Años atrás ya se había descubierto que la presencia de embarcaciones reduce hasta el 18% de su tiempo de alimentación (Williams et al., 2006). Se determinó que las orcas necesitan un entorno acústico silencioso para poder buscar su alimento porque la ecolocalización producida para la búsqueda de alimento es coherente con su función en la detección y el seguimiento de presas, ya que la tasa de repetición de los clics y el tiempo invertido en la ecolocalización varía enormemente con la fase (antes o después de la captura) en un evento de captura de peces (Wright et al., 2021).

Las orcas aumentan la amplitud de su llamada en 1dB por cada aumento de 1dB en los niveles de ruido de fondo, los buques se correlacionaron positivamente con los niveles de ruido de fondo observados en *O. orca* (Holt et al., 2009)

La presencia de ruido ocasiona que la marsopa de puerto cambie su conducta para tratar de evitarlo (Kastelein et al., 2014). Un ruido menor a 5 dB ocasiona movimiento y evasión en la primera exposición,

un ruido menor a 5 dB con una exposición de más de 10 días ya no ocasiona efecto (*H. grypus* y *P. phocoena*) (Donovan et al., 2017).

En *T. truncatus* y en *O. orca*, las ecosondas de 200 kHz ocasionan cambios en el comportamiento, los animales detectan la presencia porque está en su intervalo de audición (Deng et al., 2014).

Los pulsos experimentales (1000 Hz) a 200 km de distancia ocasionan reducción del canto de ballena (rango de audición de 400 a 900 Hz) en *M. novaeangliae* (Risch et al., 2012).

Ruido por industria de exploración y producción, ecosondas, sonares, construcción y mantenimiento de barcos, perforación, cimentación y sonares sísmicos provocan cambios conductuales en *P. macrocephalus*, *M. novaeangliae*, *B. musculus*, *B. physalus*, *Hyperoodon ampullatus*, *P. phocoena*, *B. acutorostrata* (Thomsen et al., 2011; Nowacek et al., 2013).

Una pistola de aire provoca comportamiento aversivo a 174 dB en *P. phocoena* (Lucke et al., 2009).

El ruido ambiental provoca aumento en la amplitud y audibilidad de llamada en ballena franca (Parks et al., 2011). Hay cambio en el comportamiento (cambio en dirección de nado, velocidad, inmersión, duración en superficie, tasa de respiración) (Erbe et al., 2010)

Colocando grabaciones de ruidos artificiales se encontró que *H. grypus* y *P. vitulina* se alejan del parlante las primeras veces. A mediano plazo hay cambios de respuesta en alimentación (menor tiempo de alimentación) y cambios en respuesta en buceo (menor tiempo de buceo) (Götz y Janik, 2010).

Las ballenas grises se alejan cuando hay presencia de ruido de 136 dB a 100 m de distancia (Richardson y Würsig, 1997).

Cambios de distribución de hábitat:

Los disuasores acústicos colocados en redes de pesca (diseñados para pinnípedos) demostraron que cuando se activan, el avistamiento de marsopa de puerto (*P. phocoena*) se reduce de 9 a 7 avistamientos al día en la Bahía de Fundy y de 13 a 2 avistamientos al día en Columbia Británica (Johnston et al., 2002 y Olesiuk et al., 2002).

También se determinó que las orcas cambian las zonas habituales de distribución debido a la presencia de embarcaciones, no se conoce el efecto que puede ocasionar en su alimentación, ya que aún no se descubre si cambian la localidad de alimentación o asumen el costo energético (Erbe et al., 2002). El ruido por avión o helicóptero a 150 m de altura durante los censos/monitoreo, ocasiona que del 6% al 49% de los individuos de la especie *Phoca hispida* se desplacen a 500 m en tierra o a 1500 m dentro del agua para evitar el ruido (Born et al., 1999).

Cambios en la audición:

El enmascaramiento auditivo es la interferencia provocada por el ruido submarino ambiental (natural y/o antropogénico) que ocasiona cambios en la percepción de audición de los mamíferos marinos (Cotter et al., 2019). En algunos casos, como consecuencia hay privación de fuentes de información que influye en la toma de decisiones de los animales (Bateson et al., 2007). En la guía técnica para conocer los efectos por exposición al sonido en mamíferos marinos de Cotter et al. (2019), se incluye la definición de los rangos auditivos de cinco grupos de mamíferos marinos (Tabla 3).

Tabla 3. Rangos auditivos y cambio de umbrales temporales para cinco grupos auditivos de mamíferos marinos (Cotter et al., 2019).

Grupo	Rango de escucha (kHz)	Nivel de exposición de sonido con cambio de umbral temporal (SEL TTS (dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$))
Cetáceos de bajas frecuencias (misticetos)	0.007-35 0.071-0.224 <i>Eubalaena glacialis</i> (Rice et al., 2014)	179
Cetáceos de medianas frecuencias (algunos odontocetos, como cachalote, delfines y zifios)	0.150-160 <i>Physeter macrocephalus</i> (Thomsen et al., 2011)	178
Cetáceos de altas frecuencias (marsopas, <i>Kogia</i> , delfines de río, <i>Lagenorhynchus cruciger</i> , <i>L. australis</i>)	0.275-160 <i>Phocoena phocoena</i> 70 (Kastelein et al., 2008)	153 137-148 (Kastelein et al., 2008)
Pinnípedos fócidos (focas)	0.050-86 <i>Phoca vitulina</i> 0.2-80 (Kastelein et al., 2009) <i>Mirounga angustirostris</i> 0.75-6.4 y .2 y 2.5 (Schusterman y Kastak, 1998; Southall et al., 2000)	181 <i>Hydrurga leptonyx</i> 153-177 (Rogers et al., 2014) <i>Halichoerus grypus</i> 93 (Janik et al., 2011)
Pinnípedos otáridos (lobos marinos y lobos finos)	0.060-39 <i>Zalophus californianus</i>	199

El umbral auditivo de *P. vitulina* se determinó por respuesta conductual ante señales auditivas subacuáticas en individuos de 2 años y medio. El rango de detección está entre 0.2 a 80 kHz y 60 y 114 dB (Kastelein et al., 2009). El rango de llamada para *Hydrurga leptonyx* es de 153 a 177dB (Rogers et al., 2014).

Al comparar umbrales auditivos de tres especies (lobo marino (*Z. californianus*), foca de puerto (*P. vitulina*), elefante marino (*Mirounga angustirostris*)) bajo el agua y en superficie con ruido con frecuencias de 75-6300 Hz o 6400, se encontró que bajo el agua el más sensible y que puede escuchar mejor es el elefante marino, luego foca de puerto y finalmente lobo marino. En ambiente terrestre el más sensible que puede escuchar mejor, es la foca de puerto, luego el lobo marino y finalmente el elefante marino (Schusterman y Kastak, 1998). Southall et al. (2000) también comparó las tres especies y encontró que los lobos marinos detectan altas frecuencias (200-2500 Hz), y el elefante marino del norte detecta frecuencias más bajas (Southall et al., 2000).

En marsopa de puerto (*P. phocoena*) por señales sub-acuáticas se detectó alejamiento de fuente de sonido en 70 kHz y 137-148 dB, efecto más evidente en señal pulsada (2 segundos por pulso a intervalos de 4 segundos entre pulsos) con más decibeles (Kastelein et al., 2008a y Kastelein et al., 2008b).

En ballena franca (*E. glacialis*) los ruidos de baja frecuencia provocan menos llamadas y con frecuencia fundamental más alta, como respuesta al enmascaramiento auditivo a largo plazo. (Parks et al., 2007).

El enmascaramiento auditivo puede darse por diversos factores, por ejemplo, ruido por industria, embarcaciones y turbinas de energía renovable marina.

El ruido por industria de exploración y producción, ecosondas, sonares, construcción y mantenimiento de barcos, perforación, cimentación, sonares sísmicos provoca enmascaramiento auditivo (Thomsen et al., 2011) en *M. angustirostris*, *E. glacialis*, *B. acutorostrata*, *M. novaengliae*, *P. macrocephalus*, *Z. cavirostris*, *O. orca*, *T. truncatus*, *P. phocoena*. Los sonares sísmicos particularmente ocasionan reducción de sensibilidad auditiva, daño en el epitelio auditivo, interferencia en comunicación, cambios en llamada de apareamiento y reducción de la capacidad de detectar depredadores (Kastelein et al., 2014; Peng et al., 2015). En cachalote su umbral va de 150 Hz a 160 kHz (Thomsen et al., 2011) y en ballena franca el rango va de 71 a 224 Hz (Rice et al., 2014). Clark et al., (2009) modelan con la ecuación de sonar el enmascaramiento auditivo y pérdida del espacio de comunicación para los cantos de las especies *B. physalus* y *M. novaengliae*, y las llamadas de *E. glacialis* (Clark et al., 2009).

Una pistola sísmica provoca enmascaramiento auditivo hasta los 2 minutos posteriores a la exposición en *Delphinapterus leucas* y *T. truncatus*. La distancia de la fuente de sonido es el factor más importante en el enmascaramiento auditivo, (Finneran et al., 2002a y Finneran et al., 2002b). Kyhn et al. (2009) encontraron que 4 buques de levantamiento sísmico de 70 dB ocasionan enmascaramiento auditivo en Mysticeti. El ruido de la cimentación ocasiona enmascaramiento auditivo a una distancia menor de 800 m en *P. vitulina* (Kastelein et al., 2012).

Se demostró que el ruido producido por embarcaciones de observación turística de orcas es audible para ellas, interfiere con sus sonidos de comunicación, ocasiona respuesta conductual y causa pérdida auditiva temporal y permanente en algunos casos. No se sabe exactamente cuál es la cantidad de embarcaciones y qué velocidad tienen que tener para ocasionar pérdida auditiva (temporal o permanente) en orcas, pero se sabe que si no pueden alejarse de las embarcaciones por cantidad o por rapidez van a tener el problema de pérdida auditiva (Erbe et al., 2002).

Las embarcaciones ocasionan reducción de hasta el 87.4% del espacio de comunicación en *B. edeni* (Putland et al., 2017) y movimiento hacia la superficie al escuchar grabación de 173 dB. Los barcos de carga remolcadores y de pasajeros (grandes y con motores) son los que contribuyen con los mayores niveles de ruido, al enmascaramiento auditivo (Bassett et al., 2013). En un estudio que comparó el ruido antropogénico de los puertos ubicados a lo largo del corredor migratorio de la ballena franca del norte con el rango de frecuencia auditiva de la ballena, se encontró que hay enmascaramiento auditivo y pérdida de espacio acústico (Rice et al., 2014). En un canal urbanizado que además de embarcaciones de carga y transporte de pasajeros, posee PERMs de mareas se encontró que el ruido de las embarcaciones reduce en un 90% el rango de detección de las orcas. Se comparó este ruido ambiental existente con el producido por las turbinas marinas para conversión de energía y se encontró que este último no es significativo para las orcas (Bassett et al., 2013).

Pérdida de audición:

El efecto depende de la frecuencia y la exposición, la recuperación depende del impacto acumulativo y no hay estudios suficientes. Los ruidos con más riesgo son los sonares militares y las pistolas de aire sísmicas en *P. vitulina*, *M. angustirostris*, *Z. californianus*, *D. leucas*, *P. phocoena*, *Neophocaena phocaenoides asiaeorientalis*, *T. truncatus* (Finneran et al., 2015).

En *Cephalorhynchus hectori* (delfín de Héctor o delfín de cabeza blanca) en Nueva Zelanda, la instalación de pilotes ocasiona pérdida temporal de audición y un decremento en habilidad de alimentación vía ecolocalización (Hastie et al., 2018).

Pérdida de oído en Mysticeti de 100 a 200 metros y 2 minutos de exposición, pérdida de oído en *Monodon monoceros* y *D. leucas* a 100 metros de distancia y 1 hora de exposición (Kyhn et al., 2019).

Varamientos:

Se han determinado varamientos relacionados a sonares militares con frecuencia de 2-10 kHz (Cox et al., 2006). En Zifios se asocian con la enfermedad de Bends, que se origina por una sobresaturación de nitrógeno en sangre por encima de un valor tolerado por los tejidos. Las burbujas en la sangre generan mala circulación y provocan lesiones, los animales pueden tener una embolia y morir o vararse y luego morir por un colapso cardiovascular. En Zifios se ha encontrado que riñón e hígado son los más afectados por esas lesiones provocadas por las burbujas de gas nitrógeno (Fernández et al., 2005).

Ocurre por un buceo modificado en respuesta conductual ante la exposición de sonar, que provoca que el animal nade a la superficie sin una descompresión adecuada. (Fernández et al., 2005; Cox et al., 2006).

Cambios fisiológicos:

El ruido puede causar una respuesta fisiológica con cambios en el umbral auditivo (Cox et al., 2006). El daño puede ser físico, porque hay distorsión de la membrana timpánica y estereocilios de células ciliadas cocleares, muerte de las células ciliadas relacionadas con el estrés oxidativo, cambios en el flujo sanguíneo coclear, hinchazón de las células ciliadas cocleares de terminales nerviosas resultantes de excitotoxicidad del glutamato, muerte de células ciliadas internas y pérdida de fibras nerviosas auditivas (Finneran et al., 2012; Southall et al., 2008).

En subsecuente al sistema coclear, se encuentra el sistema vestibular que consiste en órganos otolíticos que proveen el sentido de balance y orientación espacial necesarios para coordinar la postura y los movimientos corporales durante la locomoción (Davis, 2019). En cetáceos, estos órganos son los más pequeños en mamíferos en proporción a su cuerpo, los pinnípedos poseen tamaños similares a mamíferos terrestres.

Gray y Van Waerebeek (2011) discuten el estudio de caso en un delfín *S. attenuata* que presenta comportamiento de locomoción errática y termina en asfixia, presentado después de la exposición al ruido de una pistola sísmica a 600 m de distancia. La acinesis se asemeja a los efectos de lesión en el sistema vestibular demostrados en humanos.

En ballenas barbadas (Misticeti) se encontró que el estrés ocasiona secreción de glucocorticosteroides que promueven la gluconeogénesis para escapar de la perturbación e inhiben procesos no esenciales de supervivencia (Tyack et al., 2008). *P. phocoena* es más sensible que *T. truncatus* para daño auditivo (Tougaard et al., 2015). En *H. grypus* se encontró que el ruido por pulsos ocasiona respuesta cardiaca de defensa, reflejo de sobresalto, miedo a 93 dB, pulso de sobresalto y no hay estudios sobre el efecto del sobresalto en la longevidad (Janik et al., 2011). Este estrés ocasiona envejecimiento prematuro y supresión de la reproducción por respuesta prolongada al estrés (Wright et al., 2007; Nowacek et al., 2007).

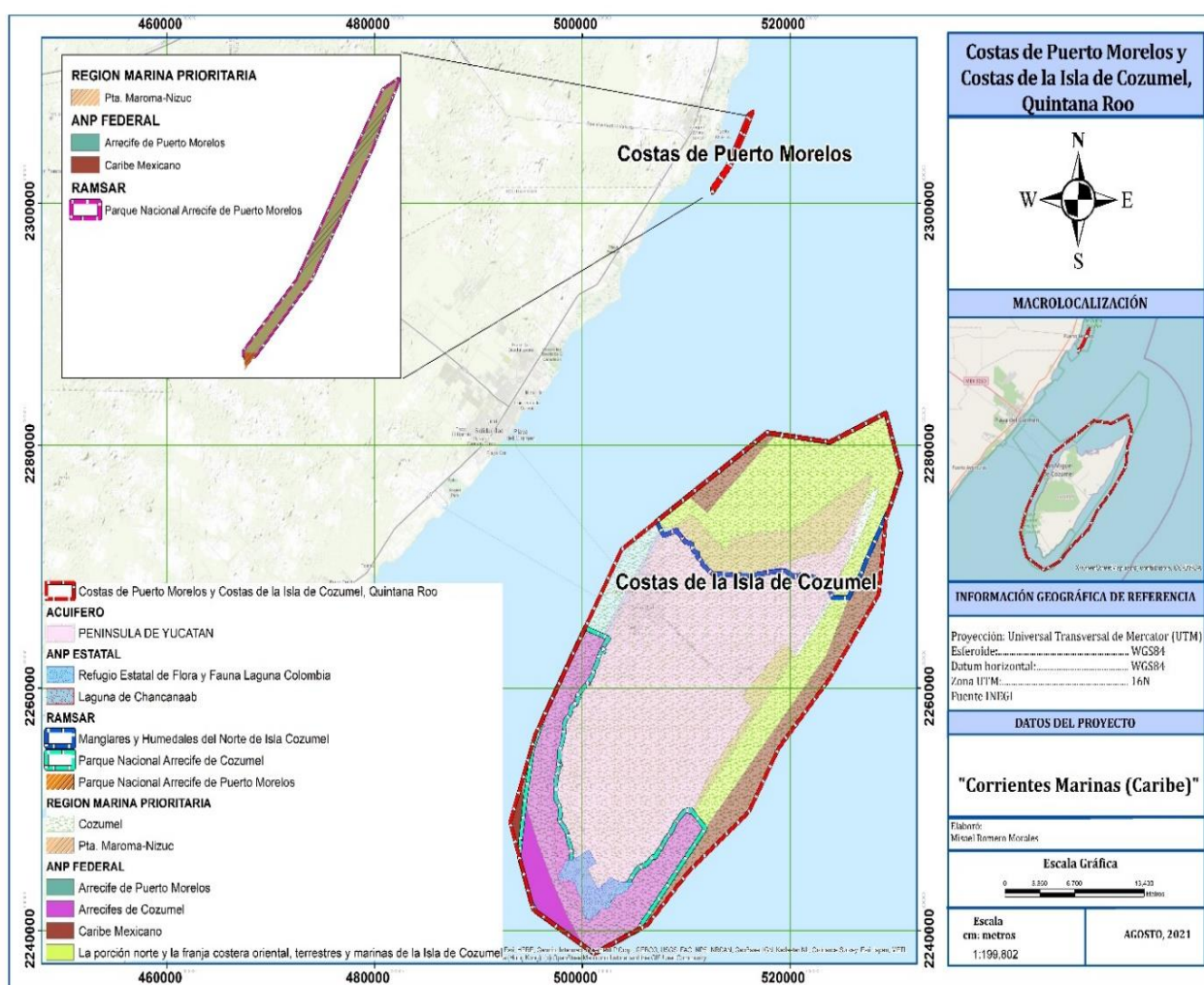


Figura 16 Mapa de sitios de importancia para la conservación biológica cercanos a Puerto Morelos y a la Isla de Cozumel.

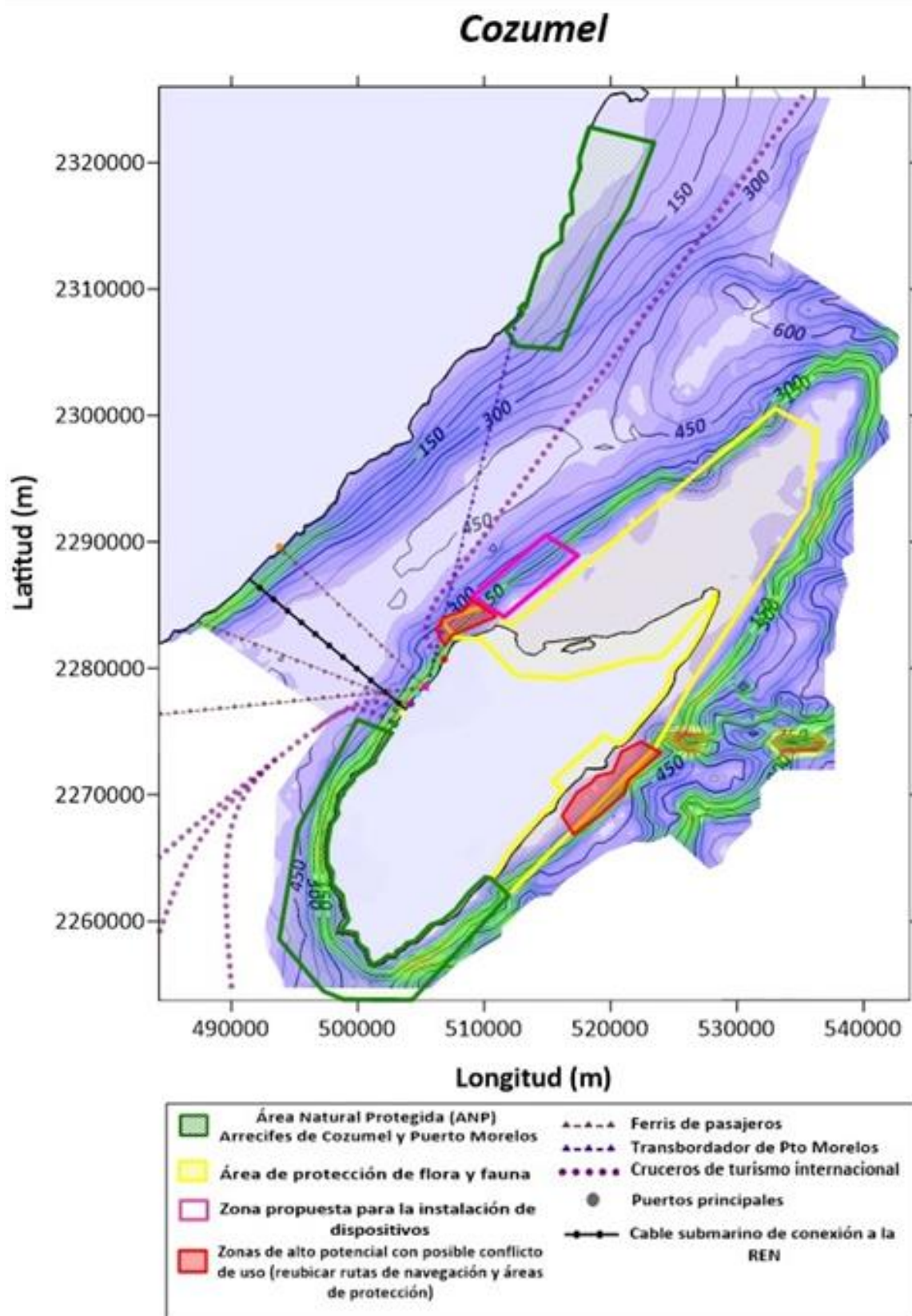


Figura 17 Zona propuesta para la instalación de dispositivos generadores de energía por corrientes marinas en Isla Cozumel (Arredondo, 2020).

3.5 Plantas de Energías Renovables Marinas en México y sitios potenciales para su instalación

Corrientes marinas

En el Caribe mexicano el Dr. Ismael Mariño Tapia (investigador de CINVESTAV-Mérida, Yucatán) ha identificado sitios potenciales en la Isla de Cozumel (alrededor, parte del canal y parte expuesta). La corriente de Yucatán en el Canal de Cozumel, se considera como la corriente oceánica con mayor potencial disponible en el país. El análisis de datos realizado a partir de las mediciones de velocidad de corriente durante un periodo de dos años en el canal de Cozumel registra corrientes persistentes con dirección N y velocidades promedio de 1 m/s. El aprovechamiento del recurso energético se encuentra a una profundidad de 66 m con velocidades máximas registradas (0.8-1 m/s) y una persistencia del 45% del tiempo, además de una potencia anual acumulada de 2.66 MW (Arredondo, 2020).

Se identifican 3 sitios adecuados para la instalación de dispositivos de generación de energía de corrientes marinas, dos en la costa oeste de la isla cerca del muelle principal y uno en la costa este y en Puerto Morelos (Arredondo, 2020).

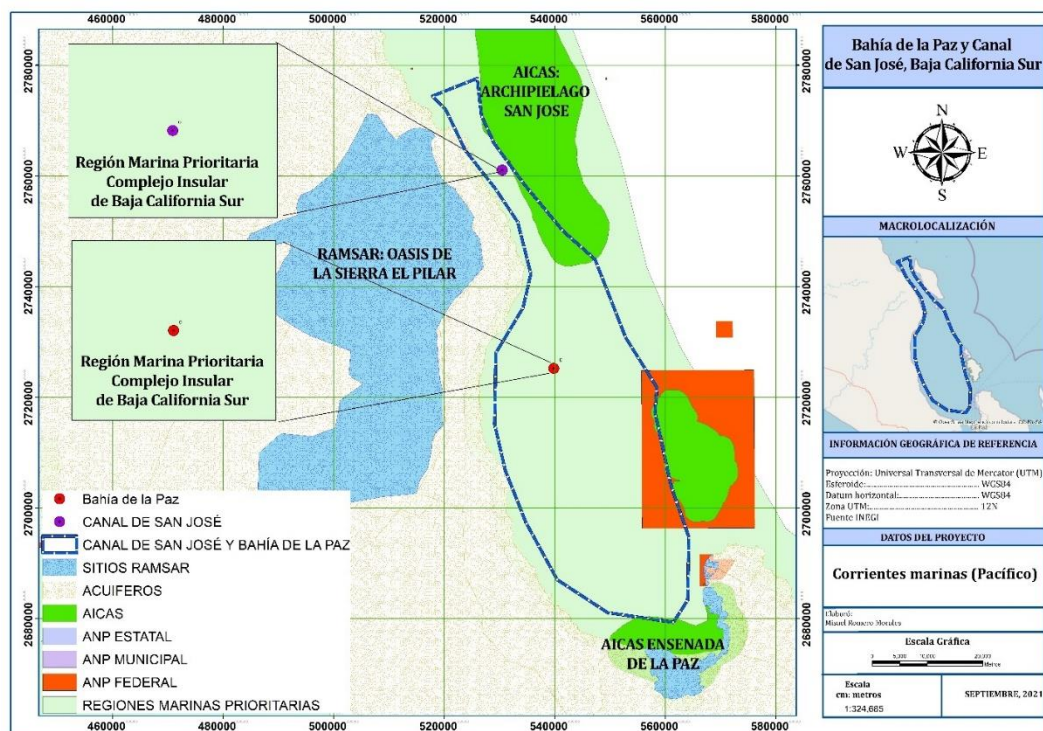


Figura 18 Mapa de las áreas de importancia para la conservación biológica cercanas al sitio de potencial instalación de plantas de energía por corrientes marinas en el Pacífico.

En la zona de costas de Puerto Morelos y de la Isla de Cozumel, hay dos Áreas Naturales Protegidas (ANP) estatales: Refugio Estatal de Flora y Fauna Laguna Colombia y la Laguna de Chancanaab. Hay tres sitios RAMSAR: Manglares y Humedales del Norte de Isla de Cozumel, Parque Nacional Arrecife de Cozumel y el Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos. Dos regiones marinas prioritarias: Cozumel y Punta Maroma-Nizuc, y cuatro ANP Federales, Arrecife de Puerto Morelos, Arrecifes de Cozumel, Caribe Mexicano y la porción norte y la franja costera oriental, terrestres y marinas de Isla de Cozumel (Figura 16 y 17).

En Baja California Sur, el Dr. Armando Trasviña (CICESE-Unidad La Paz, Baja California Sur) investiga la potencial instalación en Bahía de la Paz y Canal de San José porque hay corrientes con rapidez de 0.5 m/s. Aún no hay resultados concretos.

Cercano a la zona Bahía de la Paz y Canal de San José, se encuentra el Sitio Ramsar Oasis de La Sierra el Pilar, y dos AICAS: Archipiélago San José y Ensenada de la Paz y la Región Marina prioritaria Complejo Insular de Baja California Sur (Figura 18).

En Isla de Cozumel, las familias presentes son Physeteridae, Kogiidae, Delphinidae y Trichechidae, mientras que en el Golfo de California se encuentran éstas (excepto Trichechidae), Eschrichtiidae, Balaenopteridae, Ziphiidae, Otariidae y Phocidae (Tabla 4).

Tabla 4. Zonas de potencial instalación, familias presentes, estresores presentes y estresor principal con efectos para corrientes marinas.

Zonas de potencial Instalación	Familias presentes	Estresores presentes	Estresor principal y efectos
Isla de Cozumel, Bahía de la Paz y Canal de San José	Physeteridae, Kogiidae, Ziphiidae, Delphinidae,	Luz, cables y líneas de amarre, cambios en la columna de agua y sedimentos debido al movimiento de la turbina, campos electromagnéticos,	Turbina, que cambia la distribución de sedimentos, aumenta el riesgo de colisión y ruido
Isla de Cozumel	Trichechidae	efecto barrera por la presencia física	
Bahía de la Paz y Canal de San José	Eschrichtiidae, Balaenopteridae, Otariidae y Phocidae.	dinámica de turbinas y embarcaciones y por último ruido por el movimiento de la turbina dentro del agua.	

Oleaje

Se ha identificado a la Bahía de Todos Santos como un sitio potencial para la instalación de generadores de energía por oleaje. Ahí, la instalación de dispositivos tipo atenuador está limitada a profundidades de 50 a 70m, en este rango la potencia extraíble varía entre los 10 y 20 kW/m (Gorr-Pozzi, 2021, García et al., 2021).

En la Bahía de Todos los Santos, en Ensenada, Baja California, hay un Sitio Ramsar (Estero de Punta Banda), una ANP Estatal, el Acuífero de Ensenada, Acuífero de Maneadero, AICA de Bahía Todos Santos) y la Región Marina Prioritaria Ensenadense (Figura 19).

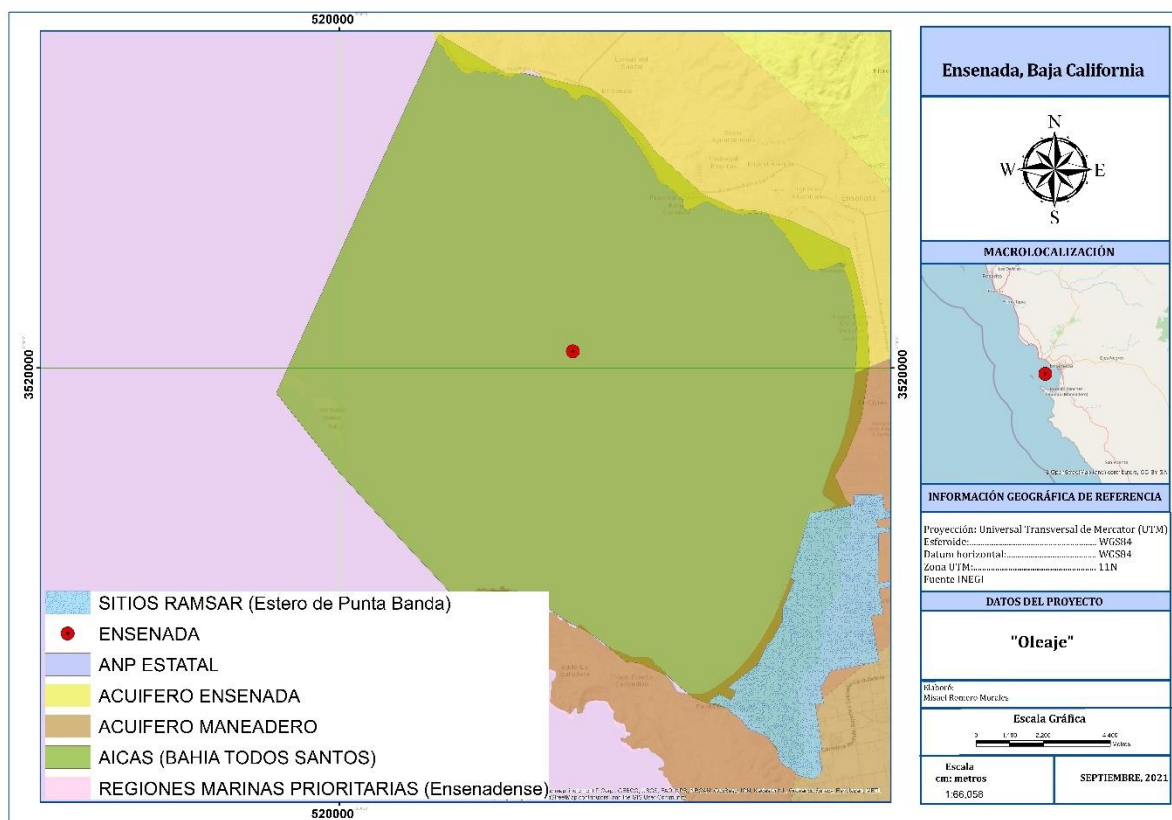


Figura 19 Mapa de las áreas de importancia para la conservación biológica cercanas al sitio de potencial instalación de plantas de energía por oleaje en el Pacífico.

Las familias que se distribuyen en esas zonas son: Eschrichtiidae, Balaenopteridae, Physeteridae, Kogiidae, Ziphiidae, Delphinidae, Otariidae y Phocidae.

Tabla 5. Zonas de potencial instalación, familias presentes, estresores presentes y estresor principal con efectos para oleaje.

Zonas de potencial Instalación	Familias presentes	Estresores presentes	Estresor principal y efectos
Ensenada, Baja California	Eschrichtiidae, Balaenopteridae, Physeteridae, Kogiidae, Ziphiidae, Delphinidae, Otariidae y Phocidae.	Luz, campo electromagnético, químicos, cables, embarcaciones, cimientos y turbinas. Ocasionalmente cambios en la distribución de sedimentos, atrapamiento en cables	Turbina, que cambia la distribución de sedimentos, atrapamiento por cables y desorientación por campos electromagnéticos

Gradiente Salino

La generación de electricidad por electrodiálisis inversa (RED por sus siglas en inglés) es el proceso por el cual, al separar en aniones y cationes la molécula de la sal (cloruro de sodio NaCl) contenida en el agua marina, se cargan electrodos y se genera un potencial eléctrico.

El gradiente salino puede darse en tres sitios naturalmente: en un estuario, en una laguna costera o como producto de desecho de una desalinizadora. Todos los estuarios y lugares de gradientes salinos son sitios de alta biodiversidad por la variabilidad de características. En donde se da el intercambio de salinidad hay muchos microorganismos, nutrientes y sedimentos. Lo ideal es no extraer el agua en donde está el gradiente salino (estuario o desembocadura de río), sino propiciar ese gradiente salino de forma artificial. El gradiente de salinidad se genera en la naturaleza cuando los ríos con salinidad cercana a cero desembocan al mar cuya salinidad es de alrededor de 35 g/l.

En el Caribe Mexicano, La Dra. Cecilia Enríquez (UNAM-Sisal, Yucatán) está investigando la potencial instalación de una planta de obtención de energía por el gradiente salino en Ría Lagartos, Yucatán. Es un sistema lagunar costero somero y con exceso de evaporación sobre precipitación, lo cual promueve que la salinidad del agua al interior de la laguna alcance valores mayores a los marinos, es decir en promedio 57 g/l que pueden llegar hasta 150 g/l.

Los prototipos se han colocado en sitios artificiales terrestres, con agua dulce y salada traídas de diferentes lugares. Esto se ha hecho así con el fin de no intervenir en el ecosistema natural.

Esta investigación es una perspectiva diferente porque se busca encontrar tecnología que se adapte al sitio. En todos los países en donde esta tecnología se implementó, lo han hecho en desembocaduras de río. Es una energía con muchas ventajas y limpia, sin embargo, es una tecnología costosa a la que le hace falta desarrollo.

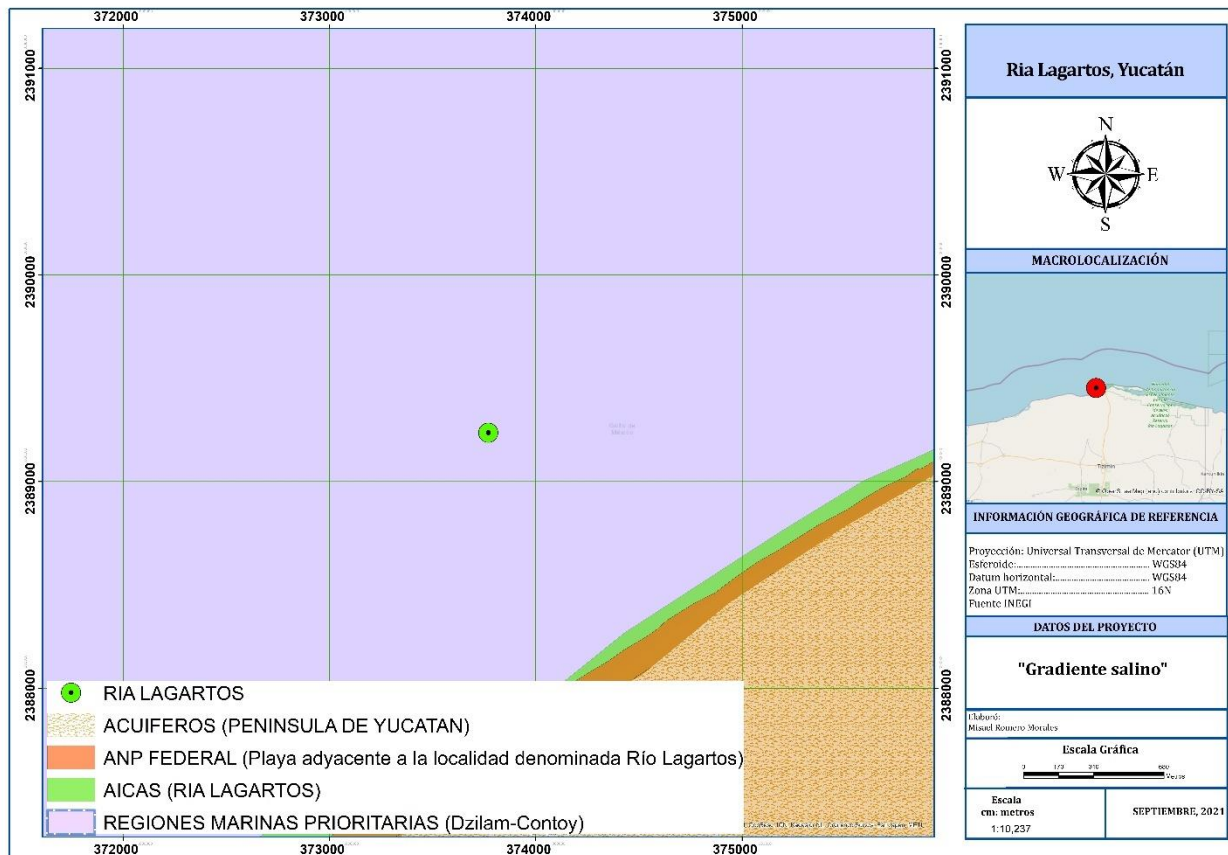


Figura 20 Mapa de las áreas de importancia para la conservación biológica cercanas al sitio de potencial instalación de plantas de energía por gradiente salino en Ría Lagartos, Yucatán.

Cercano a la zona de estudio se encuentra el acuífero de la península de Yucatán, la ANP Federal Ría Lagartos, la AICA Ría Lagartos y la región marina prioritaria (Dzilam-Contoy) (Figura 20).

La familia Trichechidae con la especie *Trichechus manatus* y Delphinidae con *T. truncatus* se distribuyen en las cercanías y pueden ser afectadas por instalación de PERM de gradiente salino (Tabla 6).

Tabla 6. Zonas de potencial instalación, familias presentes, estresores presentes y estresor principal con efectos para gradiente salino.

Zonas de potencial Instalación	Familias presentes	Estresores presentes	Estresor principal y efectos
Ría Lagartos, Yucatán	Trichechidae y Delphinidae	Alteración de hábitat, ruido, químicos.	Tráfico marítimo y colisión en manatís

Geotermia

La actividad geotérmica está asociada con la subducción de placas tectónicas; como consecuencia hay grietas de las cuales emerge magma que reacciona con el agua de mar produciendo ventilas hidrotermales. Existe tecnología que convierte el agua caliente en electricidad de manera económica y es inofensivo para el medio ambiente porque no es necesario perforar. La tecnología consiste en crear un intercambiador de calor que toma el agua caliente de la superficie y la condensa con ayuda del agua fría de las profundidades (Hiriart et al., 2010a; Hiriart et al., 2010b).

A lo largo de la Península de Baja California hay pozos de agua con temperaturas altas, debido a la actividad volcánica y tectónica de la zona. Se estima que en toda la península se podrían generar más de 50 MW aprovechando las anomalías geotérmicas con tecnología binaria y pozos de poca profundidad (Hiriart, 2009).

En Los Cabos Baja California Sur se llegaron a medir en pozos playeros aguas con temperaturas de 84°C y en la Joya, Baja California se ha encontrado hasta 96°C. En el Golfo de California hay ventilas submarinas cerca de Puerto Peñasco y cerca a Puerto de Guaymas con hasta 300°C de temperatura, con lo que podría generarse hasta 20 MW (Hiriart, 2009).

Se entrevistó al Dr. Loic Peiffer (investigador en CICESE-Ensenada, Baja California), quien propone los sitios: La Joya, Punta Banda y El Sargento (en conjunto con el Dr. Armando Trasviña), porque hay temperaturas de hasta 52°C.

Hay diversos sitios de la zona intermareal de las costas que rodean la península de Baja California y poseen anomalías termales, Carbajal-Martínez et al., (2021) encontraron en la Joya en el Océano Pacífico, temperaturas superiores a 52°C en la superficie y superiores a 93°C a 20 cm de profundidad. En el Golfo de California, en San Felipe, hay temperaturas que rondan los 50°C, en Punta Estrella de 31-35 °C, en El

Coloradito 33-63°C, Puertecitos 50°C, Bahía Concepción 58°C, San Siquismunde 46-72 °C y en Los Cabos de 42 -72 °C (2021).

Cerca de la zona de estudio se encuentran: Acuíferos: Bahía Concepción, Rosarito, San Felipe-Punta Estrella, el ANP Federal Cabo San Lucas, la AICA: Bahía Todos Santos, y las Regiones Marinas Prioritarias Ensenadense, Complejo Insular de Baja California Sur, Bahía Concepción, Alto Golfo y Los Cabos (Figura 21 y 22).

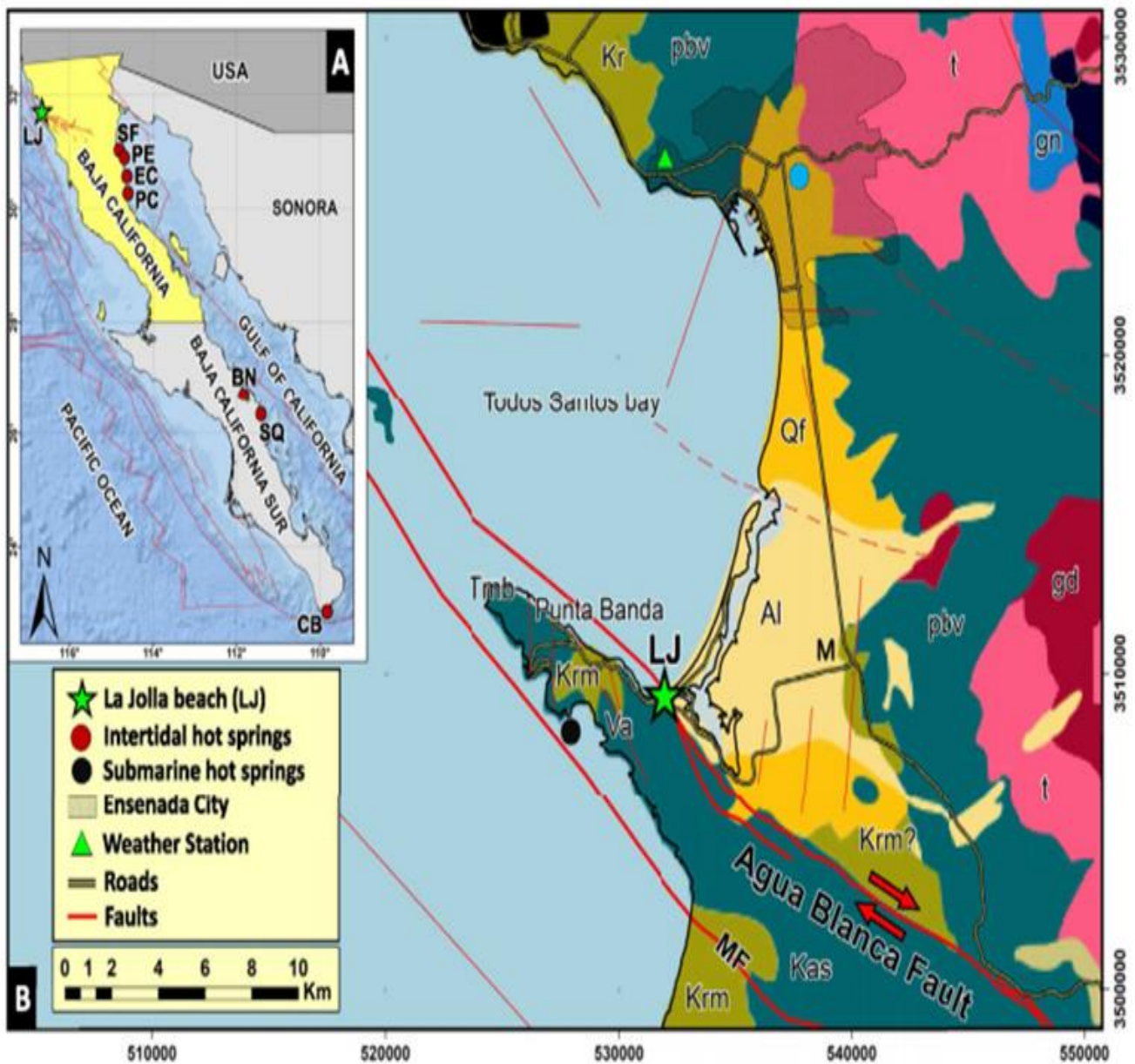


Figura 21 Locaciones de recursos geotérmicos intermareales a lo largo de la Península de Baja California México. San Felipe, Punta Estrella, El Coloradito, Puertecitos, Bahía Concepción, San Siquismunde, Los Cabos, La Joya (Carbajal-Martínez et al., 2021)

Las familias de mamíferos marinos que se encuentran en esta región son Eschrichtiidae, Balaenopteridae, Physeteridae, Kogiidae, Ziphiidae, Delphinidae, Phocoenidae, Otariidae y Phocidae (Tabla 7).

Zonas de potencial Instalación	Familias presentes	Estresores presentes	Estresor principal y efectos
La Joya, San Felipe, Punta Estrella, El Coloradito, Puertecitos, Bahía Concepción San Siquismunde y Los Cabos	Eschrichtiidae, Balaenopteridae, Physeteridae, Kogiidae, Ziphiidae, Delphinidae, Phocoenidae, Otariidae y Phocidae.	Ruido	Ruido por extracción de aguas someras que puede afectar a pinnípedos

OTEC (Energía de Gradientes Térmicos)

Para la obtención de energía por gradientes térmicos, en el suroeste del Golfo de California, el Dr. Armando Trasviña (investigador en CICESE- Unidad La Paz, Baja California Sur) está investigando el Canal de Los Frailes, para instalar PERM de OTEC. En ese sitio, la plataforma continental es muy inclinada, ya que los 1000 m de profundidad están cerca de la costa a menos de 1 km y es viable extraer agua de esa profundidad para tener diferencias de temperatura superiores a los 15 °C. Se pueden obtener 125 MW de energía.

Cerca de la zona se encuentra el Acuífero de Cabo Pulmo, la ANP Federal Cabo Pulmo, las regiones marinas prioritarias Boca del Golfo y Los Cabos (Figura 23). Las familias de mamíferos marinos presentes son Balaenidae, Eschrichtiidae, Balaenopteridae, Physeteridae, Kogiidae, Ziphiidae, Delphinidae, Otariidae (Tabla 8).

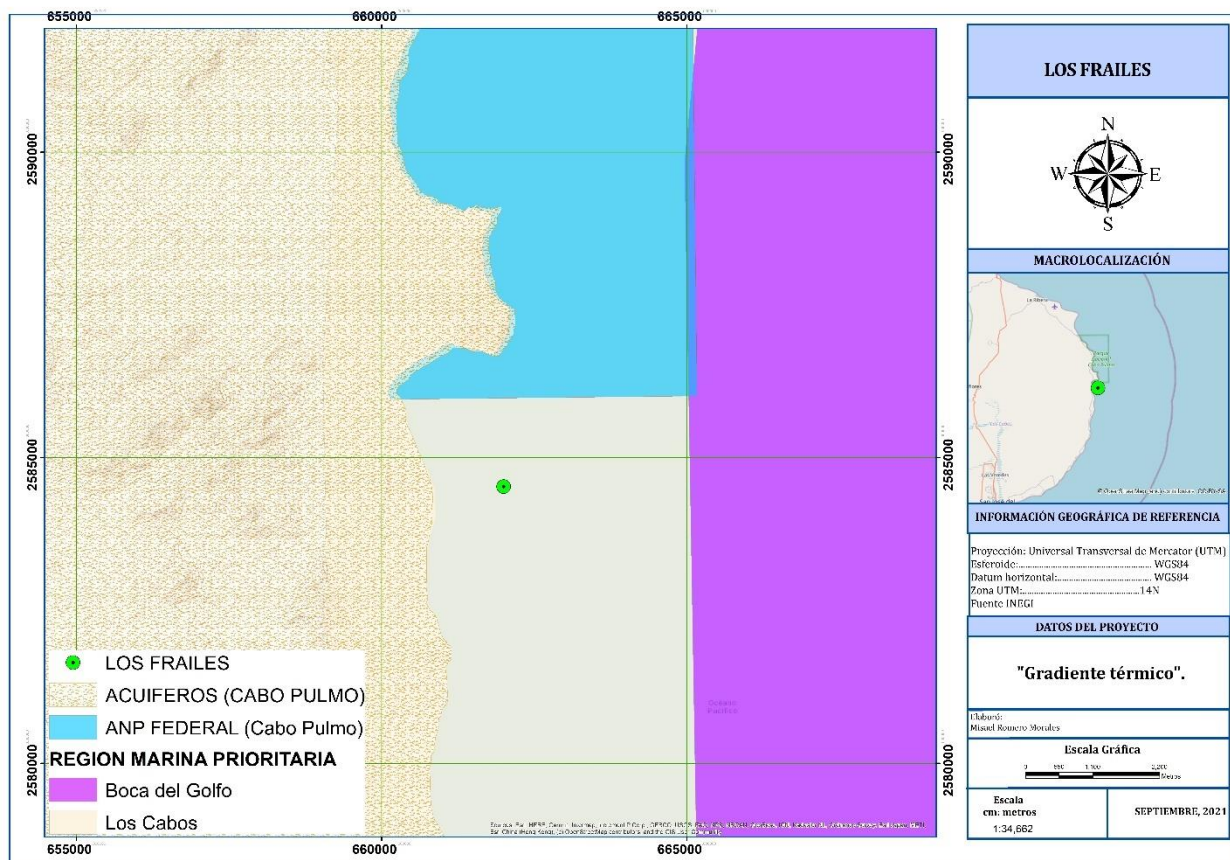


Figura 23 Mapa de las áreas de importancia para la conservación biológica cercanas al sitio de potencial instalación de plantas de energía por gradiente térmico en Canal de Los Frailes.

Tabla 8. Zonas de potencial instalación, familias presentes, estresores presentes y estresor principal con efectos para OTEC

Zonas de potencial Instalación	Familias presentes	Estresores presentes	Estresor principal y efectos
Canal de los Frailes	Balaenidae, Eschrichtiidae, Balaenopteridae, Physeteridae, Kogiidae, Ziphiidae, Delphinidae, Otariidae.	Ruido, campos electromagnéticos, succión	Ruido por extracción de aguas y riesgo de succión a presas batipelágicas

Capítulo 4. Discusión

Para comprender el efecto por instalación de Plantas de Energías Renovables marinas en los mamíferos marinos se requiere reconocer puntualmente a las familias y especies distribuidas en los sitios propuestos para instalación de PERM (Apéndices 2 y 3). La presencia de PERM puede interferir en la dinámica natural de los mamíferos marinos si no se toman en cuenta los rasgos inherentes a las especies, como su conducta, su ecología y su alimentación (Apéndice 2).

Existe literatura que presenta evidencias al respecto, en la base de datos Tethys hay más investigaciones para los estresores por colisión y por ruido que para otros estresores (110 y 291 respectivamente). También hay más investigaciones relacionadas con energía eólica que con otros tipos de energía, y no se profundiza en Geotermia, ni en OTEC ni en Gradiente Salino.

4.1 Corrientes Marinas

Las zonas de potencial instalación de acuerdo a entrevistas son Isla de Cozumel (Caribe mexicano), Bahía de la Paz y Canal de San José (Golfo de California).

Los estresores presentes en las PERM por corrientes marinas son la luz de las instalaciones, los químicos presentes en las pinturas y recubrimientos, cables y líneas de amarre, cambios en la columna de agua y sedimentos debido al movimiento de la turbina, campos electromagnéticos por los cables de transmisión eléctrica, efecto barrera por la presencia física dinámica de turbinas y embarcaciones, y por último ruido por el movimiento de la turbina dentro del agua.

En seis publicaciones de esta revisión sistemática se mencionan los efectos potenciales en PERM por corrientes marinas (Copping et al., 2014; Copping et al., 2015; Wilson et al., 2017; Vinagre et al., 2019; Spargling et al., 2020; Brown-Saracino, 2020), y mencionan dispositivos de las marcas comerciales Idom-Oceantec Marmok-A-5, Ola Roller (AW-Energy), Central Wave Power de Mutriku, Peniche, BiMep, Sea Gen, Mey Gen y turbinas de 1.5 MW.

En esta revisión se encontró que el estresor principal son los dispositivos físicos dinámicos (turbinas) en los que hay riesgo de colisión y cambian la dinámica de los sedimentos. También hay riesgo de colisión por las embarcaciones (Lima et al., 2015) y todos los dispositivos generan un ruido.

En Physeteridae (cachalote) y Kogiidae (cachalote pigmeo y cachalote enano) hay evidencia de que pueden morder los cables porque los confunden con presas (Heezen 1957; Wood et al., 2008; Kropp, 2013).

Se ha encontrado que sonares de 2-10 kHz de frecuencia están relacionados con el varamiento de Zifios (Ziphiidae) (Barlow et al., 2006). El ruido altera al organismo que se encuentra en las profundidades, él sube a la superficie y por la descompresión puede sufrir la enfermedad de Bends (Cox et al., 2006).

En la zona también hay presencia de Orcas, que de acuerdo a los resultados de Copping et al. (2015), son capaces de evadir la colisión y el riesgo de mortalidad es bajo, aunque hacen falta estudios de efecto en tejido.

El delfín de Clymene y el delfín común de rostro corto son especies que se alimentan de peces de la capa de dispersión profunda o *Deep scattering layer* porque son especies que migran hacia la superficie durante la noche (Jefferson et al., 2015). No hay estudios que mencionen el efecto que ocasionan las luces en su alimentación.

También hay presencia de manatí en la zona, el cual presenta riesgo de colisión con las turbinas porque son animales de movimientos lentos y aletargados (Lima et al., 2015). De acuerdo a Rommel et al. (2007) y Lightsey et al. (2007) el 24.9% de la mortalidad de manatíes y dugongos está relacionada a colisión con embarcaciones de más de 12 m de largo y con hélices de más de 43 cm.

En las localidades de Bahía de la Paz y Canal de San José hay presencia de otras especies, del grupo Mysticeti se encuentran las familias Eschrichtiidae y Balaenopteridae, con las especies: ballena gris, la ballena minke, ballena sei, ballena de aleta, y la ballena jorobada. En este grupo, los campos electromagnéticos pueden tener un efecto particular en la migración porque la alteran modificando la dirección de nado (Walker et al., 1992; Hoffmann et al., 2000; Gill et al., 2005; Tricas et al., 2011; Slater et al., 2010; McGrath et al., 2013).

En la ballena azul no se sabe el rol de la acústica en el apareamiento, pero tienen los sonidos de frecuencias más bajas en la naturaleza, la instalación de pilotes puede ser un problema. También se sabe que el

enmascaramiento auditivo y el ruido ocasiona que incrementen sus vocalizaciones y no existe evidencia de los efectos o costos energéticos que provoca (Di Lorio et al., 2010).

Las vocalizaciones de la ballena de aleta son a bajas frecuencias de 20 Hz (Jefferson et al., 2015), la instalación de pilotes que produce ruidos de bajas frecuencias puede tener un efecto en su comportamiento durante la época reproductiva.

El ruido es un factor importante para la ballena jorobada, porque la vocalización aumenta 0.9 dB por cada aumento de 1dB en ruido de fondo a un metro de distancia (Dunlop et al., 2014).

4.2 Oleaje

Los estresores presentes en este tipo de PERM son la luz, el campo electromagnético, contaminación química, cables, embarcaciones, cimientos y turbinas. Ocasionan cambios en la distribución de sedimentos (Vinagre et al., 2019; Copping et al., 2015), atrapamiento en cables (Kropp et al., 2013; Copping et al., 2018). Aunque también se menciona que no hay evidencia significativa de un efecto por colisión en ballenas barbadas, se proponen más estudios, principalmente en ballena gris (Kropp et al., 2013) (Tabla 6).

En la familia Ziphiidae el efecto de los ruidos de bajas frecuencias y su relación con enmascaramiento auditivo, abandono de hábitat, reducción en eficiencia de búsqueda de alimento o apareamiento, varamientos y daño auditivo está demostrado (Barlow et al., 2006; Cox et al., 2006). La lesión auditiva no es un indicador suficiente del impacto (Weilgart et al., 2007).

Los campos electromagnéticos en PERM de oleaje afectan con desorientación a Ballena Jorobada (*M. novaengliae*) y promueven la colisión en Orca (*O. orca*) (Copping et al., 2015).

Long et al. (2017) analizó datos a largo plazo (11 años) de la densidad poblacional antes, después y durante instalación de PERM eólica, mareas y oleaje. Detectó que hay poca evidencia de que la presencia de PERM ocasione cambios en densidad poblacional, no hay evidencia significativa de cambios en densidad específicos por instalaciones, pero hacen falta estudios específicos porque si es que hay cambios, puede deberse principalmente a embarcaciones (Kropp et al., 2013).

También se encontró que con respecto al ruido generado por las turbinas de energía del oleaje no hay un efecto estadísticamente significativo porque el generador de energía del oleaje produce un ruido menor al ruido ambiental (Tougaard et al., 2015).

4.3 Gradiente salino:

En la revisión no hay publicaciones relacionadas al efecto por gradiente salino, en general es una tecnología reciente que no cuenta con muchos estudios.

Seyfried et al. (2019) tienen una evaluación que utiliza investigaciones de proyectos piloto en donde encontraron que la instalación, operación y desmantelamiento de plantas de tecnología de gradiente de salinidad tiene efectos como alteración del hábitat y organismos con ruido, modificación del suelo y liberación de contaminantes, principalmente durante la etapa de construcción. Para mamíferos marinos se menciona que el ruido no es significativo ya que en un programa de monitoreo en Verdant Power Roosevelt Island con un proyecto de energía por mareas el impacto acústico operacional no causó daño auditivo, aunque si conductas de evasión. Ellos consideran que el efecto sería similar en plantas de tecnología de gradiente salino.

El tráfico marítimo también es un estresor que aumenta con la presencia de estructuras antropogénicas marinas, hay evidencia de que los manatíes presentan riesgo de colisión con embarcaciones porque son capaces de evadir la embarcación hasta que se encuentra a 10 m de distancia (Lima et al., 2015).

4.4 Geotermia

Las zonas de potencial geotérmico en México se encuentran rodeando la península de Baja California, en el Océano Pacífico y en el Golfo de California: La Joya, Los Cabos, San Felipe, Punta Estrella, El Coloradito, Puertecitos, Bahía Concepción y San Siquismunde (Carbajal-Martínez et al., 2021)

El efecto por este tipo de PERM es principalmente en las aguas someras porque se sabe que el potencial energético debido a aguas termales se ha encontrado desde los 20 cm de profundidad.

4.5 Energía de gradiente térmico (OTEC)

En la presente revisión no se encontraron publicaciones relacionadas a este tipo de PERM, sin embargo, al revisar otras bases de datos se encontró que Devault y Péné-Annette (2017) mencionan que las principales amenazas de un dispositivo OTEC son el impacto del efluente tibio poco oxigenado, el ruido y los campos electromagnéticos. También mencionan que la biota batipelágica (de 1000 a 4000 m de profundidad) tiene riesgo de ser succionada porque en una planta en Hawaii se succionó el plancton batipelágico. De las familias presentes en las zonas hay dos que son migratorias y en la revisión se encontró el efecto de los campos electromagnéticos en las especies migratorias. El cambio de sedimentos no afecta directamente a las especies, pero puede tener repercusiones en su ecosistema y la distribución de sus presas.

Los efectos de la planta OTEC en general son similares a otras estructuras antropogénicas; sin embargo, particularmente hay un mayor efecto en las especies de aguas profundas debido al riesgo de succión. Los Zifios en general tienen hábitos alimenticios en aguas profundas y no se conoce el efecto que la succión de biota batipelágica puede tener en su alimentación.

En las localidades de energía de gradiente térmico coincide la presencia de especies migratorias que pueden ser afectadas por el campo electromagnético y el ruido, las de la familia Eschrichtiidae: y Balaenopteridae. Las especies que también tienen efecto porque se sienten atraídas por campos electromagnéticos son miembros de la familia Delphinidae.

4.6 Medidas de Mitigación:

En los artículos revisados de la base de datos Tethys hay diferentes medidas de mitigación específicas dependiendo del estresor.

Para determinar un riesgo y su medida de mitigación se debe describir el proyecto y sus potenciales interacciones ambientales. Se debe definir el riesgo, determinar si es probable o plausible para un proyecto en particular, examinar los datos existentes para demostrar si el riesgo es aceptable, recopilar datos adicionales, aplicar la mitigación existente y/o probar nuevas medidas de mitigación (Copping et al., 2020).

Para conocer el estado actual de las poblaciones en los sitios y detectar umbrales de cambio, es necesario realizar estrategias de monitoreo y modelos experimentales específicos. Deben ser algo esencial de todos los proyectos de energía renovable. En los procedimientos de autorización se deben detectar posibles impactos tempranos para brindar la posibilidad de mitigación durante todas las fases desde antes de la instalación hasta la operación. Con el complejo aspecto espacial y temporal en mente, es aún más importante tener una base confiable común de métodos, procedimientos y estandarizaciones de monitoreo (Hammar, 2014).

Es importante monitorear y predecir los impactos de la generación de energía marina, a nivel poblacional. Determinar el método de monitoreo depende de la tecnología utilizada y las características del dispositivo, los estresores que genera, así como los receptores como especies clave, grupos de organismos o hábitats. Los receptores se pueden dividir en las especies de interés, poblaciones o hábitats (Bonar et al., 2015). En algunos casos se utilizan herramientas como listados de especies para la planificación, gestión, monitoreo y toma de decisiones de conservación (Rodrigues et al., 2006; IUCN, 2020).

Los métodos aplicados para monitoreo de mamíferos marinos son: prospecciones visuales realizadas desde barcos, aviones o tierra, combinación de reconocimiento aéreo y el uso de material de video o fotografía digital de alta resolución para estimar la cantidad de individuos, métodos acústicos activos y pasivos, el uso del marcado por radar y telemetría (Bender et al., 2017). Se recomiendan monitoreos a largo plazo (Donovan et al., 2017).

También se requiere de monitoreo de impacto antropogénico a grandes distancias para integrar los efectos (Risch et al., 2012; Thomsen et al., 2011; Parks et al., 2011), y tomar en cuenta el impacto acumulativo (Erbe et al., 2010).

Se deben construir y utilizar bases de datos, ya que son útiles para realizar modelos o proyecciones computacionales y funcionan para realizar evaluaciones ambientales e informar a los reguladores de los posibles impactos durante el desarrollo (Hastie et al., 2018; Horne et al., 2021).

La tecnología y la innovación ha demostrado ser útiles, cada vez hay más investigaciones que utilizan redes neuronales e inteligencia artificial para elaborar modelos y monitoreos. Sin embargo, en Tethys solo se encontró un par de investigaciones en proceso que utilizan metodologías de aprendizaje de máquina (Neshat et al., 2015; Shiu et al., 2020).

Es útil tener un registro de varamientos y mejorar la atención forense (Byard et al., 2012). Al realizar el análisis histológico detallado de los organismos varados para evaluar las lesiones (Campbell-Malone et al., 2008) se pueden crear y codificar criterios específicos para concluir la causa probable de muerte y tomar medidas al respecto (Moore et al., 2013; Copping et al., 2015).

Luz

Para el estresor luz lo más importante es modificar el tipo de iluminación para que sea lo menos invasiva posible (Defingou et al., 2019; WWF France, 2019).

La medida de mitigación es disminuir la cantidad de luz, con menos luces, de menor intensidad, luces rojas o luces estroboscópicas (WWF France, 2019).

Químicos

En ninguno de los trabajos revisados se proponen medidas de mitigación, sin embargo, existe literatura que está buscando resolver el problema.

Abioye et al. (2019) realizaron una amplia revisión bibliográfica de materiales para evitar la bio-incrustación, proponen la investigación y uso de nanomateriales aplicados con técnicas de deposición electrolítica, que aún no son una opción viable por los elevados costos. Esta investigación no se enfoca en PERM, pero busca solucionar un problema que es persistente en cualquier instalación antropogénica dentro de la columna de agua en el océano.

Cables y líneas de amarre

En las propuestas de medidas de mitigación, hay tres publicaciones que mencionan que no existe evidencia significativa de efectos a corto plazo por enmarañamiento, por lo que recomiendan realizar estudios a largo plazo (Kropp et al., 2013; Copping et al., 2020; Garavelli et al., 2020).

Para cables y líneas de amarre se menciona que se pueden colocar cables menos propensos a enrollarse o enterrarlos bajo el lecho marino, contemplar zonas que no sean rutas migratorias, blindar cables, evitar topografía accidentada y colocar disuasores acústicos (NNMREC, 2013; Harnois et al., 2015; Garavelli, 2019).

Campos electromagnéticos

De acuerdo a la literatura se deben tomar precauciones ya que las especies pueden tener riesgo de colisión por la irradiación del campo electromagnético (Copping et al., 2015).

Como medidas de mitigación para disminuir los efectos por campos electromagnéticos se propone sustituir los cables de cobre por cables de fibra óptica, así como disminuir el cableado en las rutas migratorias (Tricas *et al.*, 2011; WWF France, 2019). El enterramiento de cables también se contempla como una medida de mitigación para este efecto (WWF France, 2019); sin embargo, tampoco se encuentra un beneficio significativo en otras publicaciones (Copping et al., 2020).

Cambios en columna de agua y sedimentos

Con base en datos proporcionados por monitoreos acústicos (Lammers et al., 2008) se ha determinado que los mamíferos marinos encuentran su alimento en lugares biológicamente productivos (Sciara et al., 2016).

Se propone realizar la caracterización ecológica del hábitat, detectar umbrales de cambio y determinar áreas de alimentación (Copping et al., 2020b; Leopold, 2019). Sin embargo, para algunos estudios los efectos en cambios de la columna de agua y sedimentos no son significativos (Copping et al., 2020a; Vinagre et al., 2019; Copping et al., 2014).

Las investigaciones más recientes proponen también estimar la densidad en poblaciones (Copping, 2020; Best et al., 2019; Wilson et al., 2020). Se busca que los riesgos se traduzcan a las poblaciones en función de las pérdidas de individuos y que se tome en cuenta la población al tomar decisiones (Ruser et al., 2016). También que se determine la sensibilidad de la especie en el tiempo, por ejemplo, contemplando los meses donde hay etapas reproductivas o de migración. Una medida que solo se encontró en un artículo es no utilizar especies vulnerables o en riesgo, cambiar las prioridades de financiación, utilizando especies más comunes (Williams et al., 2014).

Las estructuras alteran el hábitat. Nuuttila et al. (2018) mencionan la creación de arrecifes artificiales, restauración de los arrecifes naturales y la creación de praderas de pastos marinos para que los mamíferos marinos puedan alimentarse.

Efecto barrera

El efecto barrera es el más estudiado, se encontró que como medida de mitigación se proponen estrategias para prevenir el riesgo por colisión en dispositivos dinámicos (embarcaciones y turbinas) y para dispositivos estáticos (cimentaciones).

Por la presencia de PERM hay un aumento en el tráfico marítimo, se menciona la alternativa de modificar las rutas de navegación regulando el uso del espacio marítimo presionando a los involucrados para efectuar las medidas con coerción. Silber et al. (2012) colocaron GPS en embarcaciones de voluntarios donde se pidió una velocidad máxima de 10 nudos, pero no fue efectivo.

El protocolo del Santuario Marino Nacional del Stellwagen Bank, en donde hay presencia de ballena franca, ballena jorobada, ballena de aleta, delfines y marsopas, dicta la velocidad máxima de 10 nudos para barcos, alarma acústica pasiva dentro del barco, instalar turbinas eólicas en el área de distribución de la ballena franca para modificar las rutas de navegación de los barcos y así tengan que rodear el santuario (Petruny et al., 2014). Laist et al. (2001) proponen 14 nudos como máximo.

Por el estatus de conservación de la ballena franca, resulta necesario regular y designar el hábitat migratorio crítico basándose en la información más actual, continuar realizando estudios, fomentar la educación ambiental, definir la diferencia entre los niveles de protección requeridos para áreas de hábitat de migración y residencia estacional, soluciones a corto y largo plazo específicas para migración y áreas de hábitat de residencia estacional, e implementar protección en hábitat para ballenas preñadas y lactantes (Mullen et al., 2013).

Es necesario reducir la velocidad de embarcaciones, porque aumenta el tiempo para la respuesta evasiva del animal (Vanderlaan et al., 2007; Wang et al., 2007; Wilson et al., 2007; Tsukrov et al., 2009). Las ballenas detectan las embarcaciones a 250 m de distancia, la detección a menos de los 100 m de distancia implica mayor riesgo de colisión (Kite-Powell et al., 2007).

Para prevenir la colisión se recomienda colocar estímulos de advertencia en dispositivos para evitar que los animales se acerquen (Wilson et al., 2007). Los manatíes se alejan cuando hay ruidos de motor intensos (Lima et al., 2015).

Para prevenir la colisión con turbinas en orcas (*O. orca*) hay un modelo que menciona que, si hay un sonar de 100 m de alcance, ellas pueden nadar hasta 30 m de distancia del sonar a una profundidad de 5 m y posteriormente regresar con mayor velocidad (Xu et al., 2012). También hay un modelo de interacción acústico-estructural que calcula la salida acústica: sonido acumulativo de una serie de turbinas mareomotrices y su dependencia de la batimetría utilizando un código de ecuación parabólica. Los niveles de presión sonora modelados y medidos brindan información sobre las posibles distancias/tiempos de advertencia para los animales (Marmo et al., 2017). Nowacek et al. (2004) proponen más estudios para determinar un sonido que provoque respuesta de evasión. Se encontró que el “sonido de barco” no produce reacción, el “sonido social” causa reacción leve, “sonido de alerta” causa reacción alta de salir a la superficie; sin embargo, esto aumenta el riesgo de colisión.

También se propone mejorar la descripción de las turbinas, mejorar estimaciones de presencia de pinnípedos y que esté relacionando con densidad y actividad de buceo, para mejorar la estimación de probabilidad de colisión (Davies et al., 2011), además de establecer foros con expertos (Hutchison et al., 2016).

Utilizar sonar pasivo para monitorear ayuda a reducir costos porque no hay evidencia de mortalidad por turbinas (Riddoch, 2009).

Se propone profundizar en estudios tisulares (Byard et al., 2012) y generar modelos tridimensionales de los movimientos de los animales en cada localidad donde se instalará una PERM (Longshaw et al., 2014; Lieber et al., 2017; Malinka et al., 2018; Palmer et al., 2019).

Ruido

En el caso del estresor ruido, las medidas de mitigación se concentran en trabajar en frecuencias apropiadas para evitar interferencia con la vida marina (Copping et al., 2020). Cuando ya se conocen los rangos de audición de los organismos, se evita interferir en ellos y se miden los niveles de enmascaramiento y ruido oceánico a nivel individual y poblacional (Clark et al., 2009; Peng et al., 2015).

No hay datos del umbral auditivo de mamíferos marinos para todas las especies, por lo tanto, se utilizan métodos de extrapolación con otras especies, se recomiendan más estudios porque su precisión es cuestionable (Finneran et al., 2015). Se recomienda realizar estudios de umbral auditivo específicos y/o mejorar los criterios de extrapolación (Kastelein et al., 2014; Tougaard et al., 2015a; Tougaard et al.,

2015b), además de elaborar los audiogramas y la audición binaural (audición de dos oídos) (Erbe et al., 2016; Hastie et al., 2018).

Una vez teniendo los umbrales auditivos de las especies marinas, se compara con el espectro del ruido producido por las turbinas y la cimentación, para evaluar el riesgo (Kastelein et al., 2012; Bassett et al., 2013).

Los disuasores auditivos se utilizan para evitar que los organismos (pinnípedos o cetáceos) ingresen a áreas de riesgo (Kalestein et al., 2015a y Kalestein et al., 2015b).

En el caso de ballena gris (*E. robustus*) hay una investigación que monitoreó 243 individuos durante 51 días y encontraron un disuasivo acústico de baja frecuencia que puede ser útil a partir de 3 km (Lagerquist et al., 2012). También se detectó que disuasores acústicos con vocalizaciones de orca provocan que naden en dirección contraria (Cumplings et al., 1971).

Los organismos aprenden a diferenciar los disuasores auditivos de jaulas de cultivo de salmón, porque se ha determinado que los sonidos repetitivos a largo plazo, menores a 165 dB, provocan aclimatación (Johnston et al., 1998; Richardson et al., 1997; Akamatsu et al., 1996). El disuasor auditivo Ace Aquatec es más eficaz que Lofitech para evasión en *P. vitulina*. Los disuasores auditivos Ace Aquatec y Lofitech provocan respuesta de evasión, entre más altos los decibeles, la respuesta es más evidente para *P. phocoena* (Kastelein et al., 2015a y Kastelein et al., 2015b). Los animales de la especie *H. grypus* aprenden que el sonido es un indicador de alimento cuando se instalan disuadores acústicos en jaulas para peces (Stansbury et al., 2015)

En *P. phocoena* se encontró que el ruido para disuadir focas de acercarse a jaulas de salmón (10 kHz y 15 kHz) se considera contaminación acústica diurna y nocturna (Johnston y Woodley, 1998).

Para *E. jubatus* el sonido de fuente alto (210 dB) y sonido de tono puro a 165 dB repele a los lobos marinos, pero en esas proyecciones sonoras repetidas se aclimatan. (Akamatsu et al., 1996)

Modificar los procesos de instalación o la estructura física del dispositivo PERM son propuestas para reducir el impacto. Por ejemplo, se recomienda colocar todas las partes móviles de la PERM (excepto las aspas de las turbinas) sobre el agua en una plataforma autoelevadora (Kropp et al., 2013).

Würsig, et al. (2000) mencionan modificaciones durante el hincado de pilotes. El procedimiento tiene duración de dos días, consiste en la instalación de una cortina de burbujas (manguera de goma perforada) alrededor del proceso. Se notó una disminución de 3-5 dB de ruido por hincado de pilotes con la presencia de cortina de burbujas. Los delfines jorobados (*Sousa chinensis*) no mostraron aparente respuesta con y sin cortina de burbujas, pero hubo percepción porque nadaron más rápido durante el hincado de pilotes. Peng et al. (2021) proponen un modelo que puede predecir la cantidad de ruido que escapará de acuerdo al diseño de la cortina de burbujas durante el hincado de pilotes fuera de la costa.

La cortina de burbujas provoca que el sonido se disperse y la presión sonora máxima se retrasa varios milisegundos. Esto es por el efecto de reflexión de la cortina de burbujas en la onda de sonido, que puede bloquear su propagación y disminuir el valor máximo de la presión de sonido. Se demostró con simulación numérica de una cortina de burbujas de 1 m de espesor a 10 m de la fuente de sonido, el nivel máximo de presión sonora del punto de medición a 20 m de la fuente de sonido y descubrieron que se atenúa el ruido aproximadamente 8 dB en el dominio del tiempo y aproximadamente 7 dB en el dominio de la frecuencia (1-1000Hz) (Gao et al., 2021).

Para los generadores de energía del oleaje no se ha demostrado un efecto estadísticamente significativo del ruido, porque produce un ruido menor al ruido ambiental (Tougaard et al., 2015) pero recomiendan colocar todas las partes móviles (excepto las aspas de turbinas) sobre el agua en una plataforma autoelevadora.

Para aeronaves la medida de mitigación es no acercarse a menos de 500 m de altitud en avión ni a menos de 1500 m en helicóptero (Born et al., 1999), así como disminuir el alcance de audibilidad y establecer una zona segura de 500 m (Cotter et al., 2019; Kyhn et al., 2019; Lossent et al., 2017)

En embarcaciones, se encontró que las que transitan a menor velocidad producen menos ruido, pues reducir la velocidad a menos de 11 nudos reduce el 22% de los efectos por ruido (Joy et al., 2019). Esto se recomienda principalmente en áreas significativas ecológicas (Putland et al., 2017).

Los estudios a profundidad pueden responder efectos que aún se desconocen, como el costo potencial de compensación vocal (podría haber un costo energético), porque el ruido incrementa niveles de estrés que degradan la comunicación entre individuos (Holt et al., 2009; Tyack et al., 2008)

La revisión constante de los sonidos antropogénicos y efectos que pueden ocasionar es útil para prevenir impacto acumulativo (Stansbury et al., 2015); por ejemplo, se recomienda excluir la ecosonda del análisis de impacto ambiental (Deng et al., 2014), porque se ha demostrado que es un estresor. Se deben tomar en cuenta reportes preliminares, y establecer zonas seguras basadas en lecturas acústicas (Nowacek et al., 2013)

También se deben utilizar datos demográficos a largo plazo en áreas con alta presión humana, visualizando las áreas en cantidades de sonido expuesto por área y desarrollar métodos de análisis de impactos más finos (Thomsen et al., 2011).

Capítulo 5. Conclusiones

Los efectos adversos provocados por las Plantas de Energías Renovables Marinas (PERM) en mamíferos marinos alrededor del mundo y las medidas de mitigación sugeridas, representan información útil y aplicable a grupos de mamíferos marinos que se encuentran en México. Los estresores se catalogan en: luz, químicos, cables y líneas de amarre, campos electromagnéticos, cambios en la columna de agua y sedimentos, efecto barrera y ruido. En todas las PERM hay luz, químicos en las pinturas y cables para transmitir energía eléctrica; la luz puede alterar la dinámica de alimentación de mamíferos marinos de los odontocetos y pinnípedos y los químicos pueden ser tóxicos para la salud de los organismos.

Los cables y líneas de amarre holgados, tienen como consecuencia el enmarañamiento e implica un costo energético, estrés y lesiones. Si los cables son de cobre, emiten radiación electromagnética, que altera la migración de las ballenas barbadas y cuando se transforma en calor, atrae a los odontocetos.

Las turbinas de PERM de corrientes marinas y oleaje, así como la succión de agua en PERM de OTEC provocan cambios en la columna de agua y sedimentos que puede cambiar la disponibilidad de presas o las áreas de descanso de los mamíferos marinos.

La presencia física del dispositivo (instalaciones y cimientos) o dinámica (embarcaciones marítimas y turbinas) genera un efecto barrera que representa riesgo de colisión y pérdida de hábitat.

Las embarcaciones, instalación de pilotes, turbinas y dispositivos para alejar a los mamíferos marinos provocan ruidos y sus efectos van desde cambios de conducta, alteración de estrategias reproductivas, cambios de distribución de hábitat, enmascaramiento auditivo, cambios fisiológicos hasta varamientos.

Las ballenas barbadas utilizan las bajas frecuencias para comunicarse, los odontocetos utilizan de medianas a altas frecuencias y cualquier sonido antropogénico en ese rango provoca enmascaramiento auditivo. Para los Zifios, el ruido de 2-10 kHz los altera y provoca que salgan a la superficie de forma precipitada, ocasionando la enfermedad de Bends, que se relaciona con varamientos.

Al formular un proyecto para PERM se recomienda incluir las potenciales interacciones ambientales que contribuyen a determinar el riesgo que se divide en probable o plausible y las medidas de mitigación. Para evaluar el ruido se comparan los datos del umbral auditivo de las especies con el espectro de ruido producido por las turbinas y cimentación; se recomienda traducir los riesgos a poblaciones, más que a individuos.

Para las especies y familias se recomiendan agilizar estrategias de monitoreo previas para conocer el estado actual de las poblaciones en los sitios y detectar umbrales de cambio. Es importante determinar áreas de alimentación para desarrollar arrecifes artificiales.

Desarrollar monitoreos y experimentos para la conservación puede resultar invasivo, especialmente para las especies vulnerables, es mejor financiar y desarrollar la investigación para especies más comunes, para evitar continuar afectando a las especies vulnerables.

Se recomienda determinar las fechas vulnerables de las especies presentes en donde se desarrollará la PERM, para evitar la instalación durante temporadas y sitios de importancia, tales como rutas migratorias y zonas de reproducción.

En las instalaciones se propone colocar luces de menor intensidad rojas o estroboscópicas y utilizar recubrimientos no tóxicos, por ejemplo, nanomateriales aplicados con técnicas de deposición electrolítica, también que los cables no sean propensos a enrollarse y que sean de fibra óptica. Para prevenir que los organismos entren en áreas donde sean vulnerables existen los dispositivos acústicos de advertencia.

Durante la operación puede haber un aumento de tráfico marítimo, por lo que es útil modificar las rutas de navegación en temporadas migratorias y/o de reproducción y regular la velocidad a máximo 10 nudos, para evitar colisiones.

Los sitios de potencial instalación en México de PERM por corrientes marinas son en el Caribe (Isla de Cozumel) porque hay corrientes persistentes con dirección N y velocidades promedio de 1 m/s. El aprovechamiento del recurso energético se encuentra a una profundidad de 66 m con velocidades máximas registradas de (0.8-1 m/s) y una persistencia del 45% del tiempo, además de una potencia anual acumulada de 2.66 MW. En el Golfo de California (Bahía de la Paz y Canal de San José) hay corrientes con rapidez de 0.5 m/s. En gradiente salino se propone Ría Lagartos, Yucatán, porque el promedio de salinidad es desde 57 g/l hasta 150 g/l. En geotermia se proponen sitios a lo largo de la Península de Baja California porque hay pozos en donde se podrían aprovechar más de 50 MW por las anomalías geotérmicas, hay temperaturas de hasta 52°C. Para energía del oleaje se tiene contemplada la Bahía de Todos Santos en Baja California, porque hay profundidades de 50 a 70 m y la potencia extraíble varía entre los 10 y 20 kW/m. Para OTEC se ha contemplado el Canal de los Frailes en el Golfo de California, ya que los 1000 m de profundidad están cerca de la costa a menos de 1 km, y es viable extraer agua de esa profundidad, en donde hay diferencias de temperatura superiores a los 15 °C, por lo que se pueden obtener 125 MW de energía.

Literatura citada

- Abad, C. M. 2013. Las energías renovables marinas y la riqueza potencial de los océanos. ¿Un mar de dudas o un mar de oportunidades? *Revista Española de Derecho*, 66(1), 361-362.
- Abioye, O. P., Loto, C. A., Fayomi, O. S. I. 2019. Evaluation of anti-biofouling progresses in marine application. *Journal of Bio-and Tribo-Corrosion*, 5(1), 22.
- Akamatsu, T., Nakamura, K., Nitto, H., Watabe, M. 1996. Effects of underwater sounds on escape behavior of Steller sea lions. *Fisheries science*, 62(4), 503-510.
- Alcock, P. 2012. Request for advice about the displacement of marine mammals around operational offshore windfarms. Report by Scottish Government. Report for Scottish Government, Report for Marine Scotland Science.
- Arellano-Peralta, V. A., Medrano-González, L. 2015. Ecology, conservation and human history of marine mammals in the Gulf of California and Pacific coast of Baja California, Mexico. *Ocean and Coastal Management*, 104, 90-105.
- Arredondo Godínez, L. A., 2020. Guía para la evaluación de sitios con potencial energético de corrientes marinas: caso Cozumel, Quintana Roo, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología. pp. 66
- Au, W. W. L., Hastings, M. C. 2008. *Principles of Marine Bioacoustics*. Academic Press, San Diego.
- Bailey, H., Brookes, K. L., Thompson, P. M. 2014. Assessing environmental impacts of offshore wind farms: lessons learned and recommendations for the future. *Aquatic Biosystems*, 10(1), 8.
- Band, B.; Sparling, C.; Thompson, D.; Onoufriou, J.; San Martin, E.; West, N. 2016. Refining Estimates of Collision Risk for Harbour Seals and Tidal Turbines. Report by ABP Marine Environmental Research Ltd (ABPmer). Report for Scottish Government.
- Barcenilla, C.C., Pardo, M.A., Heckel, G., Gendron, D. 2021. Distribución espacio-temporal del rorcual azul en función de las características oceanográficas en la costa occidental de la península de Baja California. En *Memorias del XXI Congreso Nacional de Oceanografía y la III Reunión Internacional de Ciencias Marinas*. Asociación de Oceanólogos de México, A.C. Ensenada, Baja California, México, del 20 al 24 de septiembre del 2021. Pp. 47
- Barlow, J.; Gisiner, R. 2006. Mitigating, Monitoring and Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Beaked Whales. *Journal of Cetacean Research and Management*, 7(3), 239-249.
- Barrett, S.; Hughes, P.; Samimy, R. (2012). Environmental Effects of Sediment Transport Alteration and Impacts on Protected Species: Edgartown Tidal Energy Project. Report by Harris Miller Miller & Hanson Inc (HMMH). Report for US Department of Energy (DOE).

- Bassett, C. 2013. Ambient noise in an urbanized tidal channel Tesis de Doctorado Universidad de Washington, Doctorado en Ingeniería.
- Bateson, M. 2007. Environmental Noise and Decision Making Possible Implications of Increases in Anthropogenic Noise for Information Processing in Marine Mammals. *International Journal of Comparative Psychology*, 20(2), 169-178.
- Bedriñana-Romano, L., Huckle-Gaete, R., Viddi, F.A. 2021 Defining priority areas for blue whale conservation and investigating overlap with vessel traffic in Chilean Patagonia, using a fast-fitting movement model. *Sci Rep*, 11, 2709. doi: 10.1038/s41598-021-82220-5
- Bender, A., Francisco, F. G., Sundberg, J. 2017. A review of methods and models for environmental monitoring of marine renewable energy. En: European Wave and Tidal Energy Conference, 7 de agosto al 1 de septiembre. Cork, Irlanda
- Benjamins, S., Harnois, V., Smith, H.C.M., Johanning, L., Greenhill, L., Carter, C. and Wilson, B. 2014. Understanding the potential for marine megafauna entanglement risk from renewable marine energy developments. Scottish Natural Heritage Commissioned Report No. 791. Scotland.
- Berdegue, J. 1956. La foca fina, el elefante marino y la ballena gris en Baja California, y el problema de su conservación. Vol. 14. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. México
- Berta, A., Sumich, J. L., Kovacs, K. M. 2015. Marine mammals: evolutionary biology (3ra ed.). Academic Press, Estados Unidos.
- Best, B.; Halpin, P. 2019. Minimizing wildlife impacts for offshore wind energy development: Winning tradeoffs for seabirds in space and cetaceans in time. *PLOS ONE*, 14(5), e0215722. doi: 10.1371/journal.pone.0215722
- Bexton, S.; Thompson, D.; Brownlow, A.; Barley, J.; Milne, R.; Bidewell, C. 2012. Unusual Mortality of Pinnipeds in the United Kingdom Associated with Helical (Corkscrew) Injuries of Anthropogenic Origin. *Aquatic Mammals*, 38(3), 229-240. doi: 10.1578/AM.38.3.2012.229
- Bjørge, A. 2002. How persistent are marine mammal habitats in an ocean of variability?. En: P.G.H. Evans y J.A. Rouga (eds). *Marine Mammals: Biology and Conservation* Kluwer Academic Plenum Publishers, New York pp. 589-608
- Boehlert, G. W., Gill, A. B. 2010. Environmental and ecological effects of ocean renewable energy development: a current synthesis. *Oceanography*, 23(2), 68-81.
- Bonar, P. A., Bryden, I. G., Borthwick, A. G. 2015. Social and ecological impacts of marine energy development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 47, 486-495.
- Booth, C.; King, S.; Lacey, C. 2013. Argyll Array Windfarm Basking Shark Draft Chapter for Environmental Statement (Report No. SMRUL-WSP-2013-001). Report by SMRU Consulting.

- Booth, C.; Sparling, C.; Wood, J.; Tollitt, D.; Scott-Heyward, L.; Rexstad, E.; Hultgren, Y.; Johnsson, M.; Knutzen, E. 2015. Advancing a Key Consenting Risk for Tidal Energy: The Risk of Marine Mammal Collision for In-Stream Tidal Energy Devices, En: 3rd Marine Energy Technology Symposium (METS), Washington DC.
- Born, E.; Riget, F.; Dietz, R.; Andriashek, D. 1999. Escape Responses of Hauled out Ringed Seals (*Phoca hispida*) to Aircraft Disturbance. *Polar Biology*, 21(3), 171-178. doi: 10.1007/s003000050349
- Brogioli, D. 2009. Extracting renewable energy from a salinity difference using a capacitor. *Physical Review Letters*, 103(5), 058501.
- Brown-Saracino, J. 2015. State of Understanding: Risk of Blade Strike from Current Energy Converters. En: DOE Marine and Hydrokinetic Workshop for State and Federal Regulators, Washington DC.
- Burek, K. A., Gulland, F. M., O'Hara, T. M. 2008. Effects of climate change on Arctic marine mammal health. *Ecological Applications*, 18(SP2), S126-S134.
- Byard, R.; Machado, A.; Woolford, L.; Boardman, W. 2013. Symmetry: The Key to Diagnosing Propeller Strike Injuries in Sea Mammals. *Forensic Science, Medicine, and Pathology*, 9, 103-105. Doi: 10.1007/s12024-012-9335-0
- Byard, R.; Winskog, C.; Machado, A.; Boardman, W. 2012. The Assessment of Lethal Propeller Strike Injuries in Sea Mammals. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 19(3), 158-161. doi: 10.1016/j.jflm.2011.12.017
- Campbell-Malone, R.; Barco, S.; Daoust, P.; Knowlton, A.; McLellan, W.; Rotstein, D.; Moore, M. 2008. Gross and Histologic Evidence of Sharp and Blunt Trauma in North Atlantic Right Whales (*Eubalaena glacialis*) Killed by Vessels. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 39(1), 37-55. DOI: 10.1638/2006-0057.1
- Carbajal-Martínez, D., Peiffer, L., Hinojosa-Corona, A., Trasviña-Castro, A., Arregui-Ojeda, S. M., Carranza-Chávez, F. J., Casallas-Moreno, K. L. 2021. UAV-based thermal imaging and heat output estimation of a coastal geothermal resource: La Jolla beach, Baja California, Mexico. *Renewable Energy*, 168, 1364-1376.
- Carlson, T.; Deng, Z.; Myers, J.; Matzner, S.; Copping, A. 2012. Marine Animal Alert System Task 2.1.5.3 - Development of Monitoring Technologies Final Report (Report No. PNNL-20812). Report by Pacific Northwest National Laboratory (PNNL). Report for US Department of Energy (DOE).
- Carlson, T.; Grear, M.; Copping, A.; Halvorsen, M.; Jepsen, R.; Metzinger, K. 2014. Assessment of Strike of Adult Killer Whales by an OpenHydro Tidal Turbine Blade (Report No. PNNL-22041). Report by Pacific Northwest National Laboratory (PNNL). Report for US Department of Energy (DOE).
- Carlson, T.; Jepsen, R.; Copping, A. 2013. Potential Effects of the Interaction Between Marine Mammals and Tidal Turbines - An Engineering and Biomechanical Analysis, En: 10th European Wave and Tidal Energy Conference (EWTEC), Aalborg, Denmark.

- CEMIE Océano. 2020. Proyecto CEMIE-OCÉANO. Consultado el 14 de mayo del 2020, de <https://cemieoceano.mx/>
- Centre for Marine and Coastal Studies 2003. A Baseline Assessment of Electromagnetic Fields Generated by Offshore Windfarm Cables. Report by Centre for Marine and Coastal Studies Ltd (CMACS).
- Chadwick, B.A., Bahr, H.M. y Albrecht, S.L. 1998. Social Science Research Methods. Prentice Hall, New York. pp. 454
- Cifuentes Lemus, J. L., Frías Mondragón, M., Torres García, P. 1990. El océano y sus recursos: X. Pesquerías. Fondo de Cultura Económica, Ciudad de México
- Clark, C.; Ellison, W.; Southall, B.; Hatch, L.; Van Parijs, S.; Frankel, A.; Ponirakis, D. 2009. Acoustic Masking In Marine Ecosystems: Intuitions, Analysis, And Implication. Marine Ecology Progress Series, 395, 201-222. doi: 10.3354/meps08402
- Código Penal Federal (CPF). 1931. Última reforma publicada Diario Oficial de la Federación el 01-07-2020. Consultado el 30 de junio de 2020, de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/cpf.htm>.
- Copping, A. 2020. Marine Renewable Energy: Environmental effects and monitoring strategies. En: OES-Environmental (Eds.) 2020 State of the Science Report. Pacific Northwest National Lab. Richland. pp. 19-27
- Copping, A. E., Freeman, M. C., Overhus D.M. 2020. Risk retirement for environmental effects of marine renewable energy. Pacific Northwest National Laboratory, pp.36.
- Copping, A., Grear, M., and Sanders, G. 2018a. Risk of whale encounters with offshore renewable energy mooring lines and electrical cables. En: Environmental Interactions of Marine Renewables Conference, Kirkwall, Orkney, Scotland. p, 14.
- Copping, A.; Battey, H.; Brown-Saracino, J.; Massaua, M.; Smith, C. 2014. An International Assessment of the Environmental Effects of Marine Energy Development. Ocean and Coastal Management, 99, 3-13. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2014.04.002
- Copping, A.; Freeman, M.; Gorton, A.; Hemery, L. 2020. Risk Retirement—Decreasing Uncertainty and Informing Consenting Processes for Marine Renewable Energy Development. Journal of Marine Science and Engineering, 8(3), 21. doi: 10.3390/jmse8030172
- Copping, A.; Freeman, M.; Overhus, D. 2020. Risk Retirement for Environmental Effects of Marine Renewable Energy (Report No. PNNL-29996). Report by Pacific Northwest National Laboratory (PNNL).
- Copping, A.; Grear, M. 2018b. Applying a simple model for estimating the likelihood of collision of marine mammals with tidal turbines. International Marine Energy Journal, 1(1), 27-33. DOI: 10.36688/imej

- Copping, A.; Grear, M. 2018c. Humpback Whale Encounter with Offshore Wind Mooring Lines and Inter-Array Cables (Report No. PNNL-27988). Report by Pacific Northwest National Laboratory (PNNL). Report for Bureau of Ocean Energy Management (BOEM).
- Copping, A.; Grear, M.; Jepsen, R.; Chartrand, C.; Gorton, A. 2017. Understanding the Potential Risk to Marine Mammals from Collision with Tidal Turbines. *International Journal of Marine Energy*, 19, 110-123. doi: 10.1016/j.ijome.2017.07.004
- Copping, A.; Grear, M.; Sanders, G. 2018. Risk of whale encounters with offshore renewable energy mooring lines and electrical cables En: *Environmental Interactions of Marine Renewables 2018*, Kirkwall, Orkney, Scotland, UK.
- Copping, A.; Hanna, L.; Van Cleve, B.; Blake, K.; Anderson, R. 2015. Environmental Risk Evaluation System - An Approach to Ranking Risk of Ocean Energy Development on Coastal and Estuarine Environments. *Estuaries and Coasts*, 38(1), 287-302. doi: 10.1007/s12237-014-9816-3
- Copping, A.; Hemery, L.; Overhus, D.; Garavelli, L.; Freeman, M.; Whiting, J.; Gorton, A.; Farr, H.; Rose, D.; Tugade, L. 2020. Potential Environmental Effects of Marine Renewable Energy Development—The State of the Science. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(11), 18. doi: 10.3390/jmse8110879
- Copping, A.; Jepsen, R.; Grear, M.; Gorton, A.; Chartrand, C. 2015. Understanding the Risk to Marine Mammals from Collision with a Tidal Turbine, En: *3rd Marine Energy Technology Symposium (METS)*, Washington DC
- Copping, A.E. and Hemery, L.G., editors. 2020. OES-Environmental 2020 State of the Science Report: Environmental Effects of Marine Renewable Energy Development Around the World. Report for Ocean Energy Systems (OES).
- Cotter, E.; Murphy, P.; Bassett, C.; Williamson, B.; Polagye, B. 2019. Acoustic characterization of sensors used for marine environmental monitoring. *Marine Pollution Bulletin*, 144, 205-215. doi: 10.1016/j.marpolbul.2019.04.079
- Cox, T.; Ragen, T.; Read, A.; Vos, E.; Baird, R.; Balcomb, K.; Barlow, J.; Caldwell, J.; Cranford, T.; Crum, L.; D'Amico, A.; Spain, G.; Fernandez, A.; Finneran, J.; Gentry, R.; Gerth, W.; Gulland, F.; Hildebrand, J.; Houser, D.; Hullar, T.; Jepson, P.; Ketten, C.; MacLeod, C.; Miller, P.; Moore, S.; Mountain, D.; Palka, D.; Ponganis, P.; Rommel, S.; Rowles, T.; Taylor, B.; Tyack, P.; Wartzok, D.; Gisiner, R.; Mead, J.; Benner, L. 2006. Understanding the Impacts of Anthropogenic Sound on Beaked Whales. *Journal of Cetacean Research and Management*, 7(3), 177-187.
- Cummings, W. C., Thompson, P. O. 1971. Gray whales, *Eschrichtius robustus*, avoid the underwater sounds of killer whales, *Orcinus orca*. *Fishery Bulletin*, 69(3), 525-530.
- Dadswell, M. J., Rulifson, R. A. 1994. Macrotidal estuaries: a region of collision between migratory marine animals and tidal power development. *Biological Journal of the Linnean Society*, 51(1-2), 93-113.

- Davies, I.; Thompson, F. 2011. Assessment of Collision Risk for Seals and Tidal Stream Turbines (Report No. ICES CM 2011/S:11). Report by Marine Scotland Science.
- Davis, A. E. 2010. Potential Impacts of Ocean Energy Development on Marine Mammals in Oregon. Report by Oregon State University. Consultado el 29 de Julio del 2020 de https://ir.library.oregonstate.edu/concern/technical_reports/jh343z21h?locale=en
- Defingou, M.; Bils, F.; Horschler, B.; Liesenjohann, T.; Nehls, G. 2019. PHAROS4MPAs: A Review of Solutions to Avoid and Mitigate Environmental Impacts of Offshore Windfarms. Report by BioConsult SH. Report for WWF France.
- Degraer, S.; Brabant, R.; Rumes, B.; Vigin, L. 2019. Environmental Impacts of Offshore Wind Farms in the Belgian Part of the North Sea: Marking a Decade of Monitoring, Research and Innovation. Report by Royal Belgian Institute of Natural Sciences (RBINS).
- Deng, Z.; Southall, B.; Carlson, T.; Xu, J.; Martinez, J.; Weiland, M.; Ingraham, J. 2014. 200 kHz Commercial Sonar Systems Generate Lower Frequency Side Lobes Audible to Some Marine Mammals. Plos One, 9(4), e95315. doi: 10.1371/journal.pone.0095315
- Department of Enterprise, Trade and Investment 2009. Strategic Environmental Assessment (SEA) of Offshore Wind and Marine Renewable Energy in Northern Ireland (Report No. Environmental Report Volume 1: Main Report).
- Di Lorio, L.; Clark, C. 2010. Exposure to Seismic Survey Alters Blue Whale Acoustic Communication. Biology letters, 6(1), 51-54. doi: 10.1098/rsbl.2009.0651
- Diario Oficial de la Federación, (30 de diciembre del 2010), Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-especies nativas de México, de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5578808&fecha=14/11/2019 en Octubre del 2021.
- Diederichs, A.; Hennig, V.; Nehls, G. 2008. Investigations of the Bird Collision Risk and the Responses of Harbour Porpoises in the Offshore Wind Farms Horns Rev, North Sea, and Nysted, Baltic Sea, in Denmark - Part II: Harbour porpoises (Report No. FKZ 0329963 + FKZ 0329963A). Report by BioConsult SH. Report for German Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety (BMUB).
- Diederichs, A.; Hennig, V.; Nehls, G. 2008. Investigations of the Bird Collision Risk and the Responses of Harbour Porpoises in the Offshore Wind Farms Horns Rev, North Sea, and Nysted, Baltic Sea, in Denmark - Part II: Harbour porpoises (Report No. FKZ 0329963 + FKZ 0329963A). Report by BioConsult SH. Report for German Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety (BMUB).
- Dijkstra, H. A. 2008. Dynamical oceanography. Springer Science and Business Media. Berlín

- DONG Energy 2013. Burbo Bank Extension Offshore Wind Farm Volume 2: ES Biological Environment (Report No. 5.1.2). Report by ABP Marine Environmental Research Ltd (ABPmer).
- Dong, J., Gao, J., Tao, L., y Zheng, P. 2017. Research status of wave energy conversion (WEC) device of raft structure. In AIP Conference Proceedings (Vol. 1890, No. 1, p. 030005). AIP Publishing LLC.
- Donovan, C.; Harris, C.; Milazzo, L.; Harwood, J.; Marshall, L.; Williams, R. 2017. A Simulation Approach to Assessing Environmental Risk of Sound Exposure to Marine Mammals. *Ecology and Evolution*, 7(7), 2101–2111. doi: 10.1002/ece3.2699
- Drew, B., Plummer, A. R., Sahinkaya, M. N. 2009. A review of wave energy converter technology. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy*, 223(8), 887–902. doi: [10.1243/09576509JPE782](https://doi.org/10.1243/09576509JPE782)
- Dunlop, R.; Cato, D.; Noad, M. 2014. Evidence of a Lombard Response in Migrating Humpback Whales (*Megaptera novaeangliae*). *The Journal of the Acoustical Society of America*, 136, 430-437. doi: 10.1121/1.4883598
- Ehler, C., Douvère, F. 2009. Marine Spatial Planning: a step-by-step approach toward ecosystem-based management. Intergovernmental Oceanographic Commission and Man and the Biosphere Programme. IOC Manual and Guides No. 53, ICAM Dossier No. 6. Paris
- Ellison, W.; Southall, B.; Clark, C.; Frankel, A. 2012. A New Context-Based Approach to Assess Marine Mammal Behavioral Responses to Anthropogenic Sounds. *Conservation Biology*, 26(1), 21-28. DOI: 10.1111/j.1523-1739.2011.01803.x
- Erbe, C. (2002). Underwater Noise of Whale Watching Boats and Potential Effects on Killer Whales (*Orcinus orca*), Based on an Acoustic Impact Model. *Marine Mammal Science*, 18(2), 394-418. DOI: 10.1111/j.1748-7692.2002.tb01045.x
- Erbe, C. 2010. The Marine Soundscape and the Effects of Noise on Aquatic Mammals. *Canadian Acoustics*, 38(3), 20-21.
- Erbe, C.; Reichmuth, C.; Cunningham, K.; Lucke, K.; Dooling, R. 2016. Communication Masking in Marine Mammals: A Review and Research Strategy. *Marine Pollution Bulletin*, 103(1-2), 15-38. doi: 10.1016/j.marpolbul.2015.12.007
- ETIP Ocean 2020. Ocean energy and the environment: Research and strategic actions. Report by ETIP Ocean (The European Technology and Innovation Platform for Ocean Energy).
- Fernández, A., Edwards, J. F., Rodriguez, F., De Los Monteros, A. E., Herraiz, P., Castro, P., ... & Arbelo, M. 2005. "Gas and fat embolic syndrome" involving a mass stranding of beaked whales (family Ziphiidae) exposed to anthropogenic sonar signals. *Veterinary pathology*, 42(4), 446-457.
- Finneran, J. 2012. Auditory Effects of Underwater Noise in Odontocetes *Advances in Experimental Medicine and Biology: The Effects of Noise on Aquatic Life*, Springer, New York. pp. 197-202

- Finneran, J. 2015. Noise-Induced Hearing Loss in Marine Mammals: A Review of Temporary Threshold Shift Studies from 1996 to 2015. *Journal of the Acoustical Society of America*, 138(3), 1702-1726. doi: 10.1121/1.4927418
- Finneran, J.; Carder, D.; Ridgway, S. 2002. Low-frequency acoustic pressure, velocity, and intensity thresholds in a bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) and white whale (*Delphinapterus leucas*). *The Journal of the Acoustical Society of America*, 111(1), 447-456. doi: 10.1121/1.1423925
- Finneran, J.; Dear, R.; Carder, D.; Ridgway, S. 2003. Auditory and Behavioral Responses of California Sea Lions (*Zalophus californianus*) to Single Underwater Impulses from an Arc-Gap Transducer. *Journal of the Acoustical Society of America*, 114(3), 1667-1677. doi: 10.1121/1.1598194
- Finneran, J.; Schlundt, C.; Dear, R.; Carder, D.; Ridgway, S. 2002. Temporary Shift in Masked Hearing Thresholds in Odontocetes After Exposure to Single Underwater Impulses from a Seismic Watergun. *Journal of the Acoustical Society of America*, 111(6), 2929-2940. doi: 10.1121/1.1479150
- Foote, A.; Osborne, R.; Hoelzel, R. 2004. Whale-call response to masking boat noise. *Nature*, 428, 910. doi: 10.1038/428910a
- FORCE 2014. Environmental Effects Monitoring Report 2011-2013. Report by Fundy Ocean Research Center for Energy (FORCE).
- Fox, C. J., Benjamins, S., Masden, E. A., Miller, R. 2018. Challenges and opportunities in monitoring the impacts of tidal-stream energy devices on marine vertebrates. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 81, 1926-1938.
- Gao, Y., Ma, J., Ding, Y. 2021. Numerical simulation on the noise reduction of underwater pile-driving using a bubble curtain. *Journal of Physics: Conference Series*, 1865 (3)
- Garavelli, L. 2020. Encounters of Marine Animals with Marine Renewable Energy Device Mooring Systems and Subsea Cables. En A.E. Copping and L.G. Hemery (Eds.), *OES-Environmental 2020 State of the Science Report: Environmental Effects of Marine Renewable Energy Development Around the World*. Report for Ocean Energy Systems (OES). pp. 147-153. doi: 10.2172/1633184.
- García Nava, H., Jaramillo Torres, M., Gorr Pozzi, E., 2021. La potencia del oleaje en el pacífico mexicano y su uso para la producción de energía eléctrica en Baja California. En 1er Congreso Internacional CEMIE-Océano, Proyecto CEMIE-Océano del Fondo Sectorial SENER-CONACYT y el CEMIE-Océano, A.C., Virtual del 24 al 26 de Agosto, pp. 119
- García-Huante, A. 2017. Determinación del potencial energético del océano Pacífico México: Gradiente Térmico. Tesis de Maestría en Ingeniería. Instituto de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México, México

- Garduño R. E., García, H. A., Rodríguez, C. Y., Barcenas, J., Mendieta, M., Cerezo, E., Tobal, J., Romero, V., Silva, R. 2017. Conversión de Energía Térmica Oceánica (OTEC). Estado del Arte (U. A. de C. CEMIE-OCEANO, ed.). CEMIE-OCEANO: Campeche. doi: 10.26359/EPOMEX.CEMIE012017
- Gill, A.; Gloyne-Philips, I.; Neal, K.; Kimber, J. 2005. COWRIE 1.5 The Potential Effects of Electromagnetic Fields Generated by Sub-Sea Power Cables Associated with Offshore Wind Farm Developments on Electrically and Magnetically Sensitive Marine Organisms - A Review (Report No. COWRIE-EM FIELD 2-06-2004). Report by Centre for Marine and Coastal Studies Ltd (CMACS). Report for Collaborative Offshore Wind Research into the Environment (COWRIE).
- Gorr-Pozzi, E. N., García-Nava, H., Jaramillo-Torres, M.G., Verduzco Zapata, M., Larrañaga-Fu M.J., 2021. Aprovechamiento de la energía de las olas como recurso renovable en Baja California. En 1er Congreso Internacional CEMIE-Océano, Proyecto CEMIE-Océano del Fondo Sectorial SENER-CONACYT y el CEMIE-Océano, A.C., Virtual del 24 al 26 de Agosto, pp. 100
- Götz, T.; Janik, V. 2010. Aversiveness of Sounds in Phocid Seals: Psycho-Physiological Factors, Learning Processes and Motivation. *Journal of Experimental Biology*, 213, 1536-1548. doi: 10.1242/jeb.035535
- Granger, J., Walkowicz, L., Fitak, R., Johnsen, S. 2020. Gray whales strand more often on days with increased levels of atmospheric radio-frequency noise. *Current Biology*, 30, R155–R156.
- Gray, H. y Van Waerebeek, K. 2011. Postural instability and akinesia in a pantropical spotted dolphin, *Stenella attenuata*, in proximity to operating airguns of a geophysical seismic vessel. *Journal for Nature Conservation* 19, 363-367.
- Greear, M.; Copping, A.; Sanders, G.; Guiltinan, S. 2018. Humpback Whales and Floating Offshore Wind Farm Animation. Consultado el 30 de agosto del 2021, de: <https://www.youtube.com/watch?v=G8bKpuSNUZ0&t=2s>
- Green, D.; DeFerrari, H.; McFadden, D.; Pearse, J.; Popper, A.; Richardson, W.; Ridgway, S.; Tyack, P. 1994. Low-Frequency Sound and Marine Mammals: Current Knowledge and Research Needs. National Academy Press. Washington DC.
- H.T. Harvey & Associates 2020. Existing Conditions and Potential Environmental Effects. En: M. Severy, Z. Alva, G. Chapman, M. Cheli, T. Garcia, C. Ortega, N. Salas, A. Younes, J. Zoellick, A. Jacobson (Eds.) California North Coast Offshore Wind Studies. Humboldt, CA: Schatz Energy Research Center.
- Haelters, J.; Duliére, V.; Vigin, L.; Degraer, S. 2015. Towards a Numerical Model to Simulate the Observed Displacement of Harbour Porpoises *Phocoena phocoena* Due to Pile Driving in Belgian Waters. *Hydrobiologia*, 756(1), 105-116. doi: 10.1007/s10750-014-2138-4
- Hammar, L. 2014. Will ocean energy harm marine ecosystems? En: Björn Sandén (Ed.), Systems perspectives on renewable power. Chalmers University of Technology. Göteborg. pp.84-94

- Hammerschlag, N., Meÿer, M., Seakamela, S. M., Kirkman, S., Fallows, C., Creel, S. 2017. Physiological stress responses to natural variation in predation risk: evidence from white sharks and seals. *Ecology*, 98(12), 3199-3210.
- Harnois, V.; Smith, H.; Benjamins, S.; Johanning, L. 2015. Assessment of Entanglement Risk to Marine Megafauna due to Offshore Renewable Energy Mooring Systems. *International Journal of Marine Energy*, 11, 27-49. doi: 10.1016/j.ijome.2015.04.001
- Hastie, G. 2013. Tracking Marine Mammals Around Marine Renewable Energy Devices Using Active Sonar (Report No. SMRUL-DEC-2012-002.v2). Report by SMRU Consulting. Report for UK Department of Energy and Climate Change (DECC).
- Hastie, G.; Evers, C.; Gillespie, D.; Irving, P.; Onoufriou, J.; Sparling, C. 2018. Marine Mammals and Tidal Energy: Report to Scottish Government. Report by Sea Mammal Research Unit (SMRU). Report for Scottish Government.
- Hatch, L.; Clark, C.; Merrick, R.; Van Parijs, S.; Ponirakis, D.; Schwehr, K.; Thompson, M.; Wiley, D. 2008. Characterizing the Relative Contributions of Large Vessels to Total Ocean Noise Fields: A Case Study Using the Gerry E. Studds Stellwagen Bank National Marine Sanctuary. *Environmental Management*, 42, 735-752. doi: 10.1007/s00267-008-9169-4
- Havens, P., Morgan, C., MacDonald, D. A. 2010. Environmental planning and management for OTEC pilot projects. MTS/IEEE Seattle, OCEANS 2010. doi:10.1109/OCEANS.2010.5664049
- Heckel Dziendzielewski, G., 2001. Influencia del ecoturismo en el comportamiento de la ballena gris (*Eschrichtius robustus*) en la Bahía de Todos Santos, Baja California y aguas adyacentes: Propuesta de un plan de manejo. Tesis de Doctorado den Ciencias. Universidad Autónoma de Baja California. pp. 55
- Heckel, G., Ruiz Mar, M. G., Schramm, Y., Gorter, U. 2018. Atlas de Distribución y Abundancia de Mamíferos Marinos en México. Universidad Autónoma de Campeche. p. 186
- Heezen, B. 1957. Whales entangled in deep sea cables. *Deep Sea Research*, 4, 105-114. doi: 10.1016/0146-6313(56)90040-5
- Hiriart Le Bert, G. 2009. Potencial energético del alto Golfo de California. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 61(1), 143-146.
- Hiriart, G., Prol-Ledesma, R. M., Alcocer, S., y Espíndola, S. 2010b. Submarine geothermics: Hydrothermal vents and electricity generation. En *Proceedings World Geothermal Congress* 25 al 29 de Abril, pp.1-6.
- Hiriart, G., y Hernandez, I. 2010a. Electricity Generation from Hydrothermal Vents. *GRC Transactions*, 34, 1033-1038.

- Hoffmann, E.; Astrup, J.; Larsen, F.; Munch-Petersen, S.; Støttrup, J. 2000. Effects of Marine Windfarms on the Distribution of Fish, Shellfish and Marine Mammals in the Horns Rev Area (Report No. DFU-rapport 117-02). Report by Danish Institute for Fisheries Research.
- Holt, M.; Noren, D.; Veirs, V.; Emmons, C.; Veirs, S. 2009. Speaking up: Killer whales (*Orcinus orca*) increase their call amplitude in response to vessel noise. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 125, EL27-EL32. doi: 10.1121/1.3040028
- Horne, N., Culloch, R. M., Schmitt, P., Lieber, L., Wilson, B., Dale, A. C., Kregting, L. T. 2021. Collision risk modelling for tidal energy devices: A flexible simulation-based approach. *Journal of Environmental Management*, 278, 032027
- Horwath, S.; Hassrick, J.; Grismala, R.; Diller, E. 2020. Comparison of Environmental Effects from Different Offshore Wind Turbine Foundations (Report No. OCS Study BOEM 2020-041). Report by ICF International. Report for US Department of the Interior (DOI), . Report for Bureau of Ocean Energy Management (BOEM).
- Hutchison, I.; Copping, A. 2016. A Coordinated Action Plan for Addressing Collision Risk for Marine Mammals and Tidal Turbines, Edinburgh, Scotland.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2011. Renewable energy sources and climate change mitigation. Ottmar Edenhofer, Ramón Pichs-Madruga, Youba Sokona, Kristin Seyboth, Patrick Matschoss, Susanne Kadner, Timm Zwickel, Patrick Eickemeier, Gerrit Hansen, Steffen Schloemer, Christoph von Stechow (Eds.) Cambridge University Pres. Cambridge
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2014. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment. Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C., Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2019a. Summary for policymakers. En: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.). In press. pp. 30
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2019b. Chapter 5: Changing ocean, marine ecosystems, and dependents communities. En: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)). In press.
- IPCC, 2018: Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte,

V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. In Press

IRENA, 2022. Renewable Technology Innovation Indicators: Mapping progress in costs, patents and standards, International Renewable Energy Agency, Aby Dhabi. Pp.123

IUCN, 2020. Red List: Historia y Antecedentes. Consultado 30 de Junio de 2020, de <https://www.iucnredlist.org/>

Janik, V.; Götz, T. 2011. Repeated Elicitation of the Acoustic Startle Reflex Leads to Sensitisation in Subsequent Avoidance Behaviour and Induces Fear Conditioning. BMC Neuroscience, 12(30), 1-13. doi: 10.1186/1471-2202-12-30

Jensen, A.; Silber, G. 2004. Large Whale Ship Strike Database (Report No. NMFS-OPR-25). Report by National Marine Fisheries Service (NMFS). Report for US Department of Commerce (DOC).

Jensen, F.; Bejder, L.; Wahlberg, M.; Soto, N.; Johnson, M.; Madsen, P. 2009. Vessel Noise Effects On Delphinid Communication. Marine Ecology Progress Series, 395, 161-175. doi: 10.3354/meps08204

Jha, S. 2016. Tidal Turbine Collision Detection Requirements Report (Report No. PN000110-SRT-001). Report by Natural Environment Research Council (NERC). Report for ORE Catapult.

Jha, S. 2016. Tidal Turbine Collision Detection: A review of the state-of-the-art sensors and imaging systems for detecting mammal collisions (Report No. PN000110-SRT-002). Report by ORE Catapult. Report for Natural Environment Research Council (NERC), . Report for Scottish Natural Heritage.

Jianguo Dong, Jingwei Gao, Peng Zheng, Yuanchao Zhang. 2018. Numerical simulation and structural optimization based on an elliptical and cylindrical raft wave energy conversion device. Journal of Renewable and Sustainable Energy, 10 (6), 064702.

Johnson, M.; Tyack, P. 2003. A Digital Acoustic Recording Tag for Measuring the Response of Wild Marine Mammals to Sound. IEEE Journal of Oceanic Engineering, 28(1), 3-12. doi: 10.1109/JOE.2002.808212

Johnston, D. 2002. The Effect of Acoustic Harassment Devices on Harbour Porpoises (*Phocoena phocoena*) in the Bay of Fundy, Canada. Biological Conservation, 108(1), 113-118. doi: 10.1016/S0006-3207(02)00099-X

Johnston, D.; Woodley, T. 1998. A Survey of Acoustic Harassment Device (AHD) Use in the Bay of Fundy, NB, Canada. Aquatic Mammals, 24(1), 51-61.

- Jones E.P., Anderson L.G. 2008. Is the global conveyor belt threatened by arctic ocean fresh water outflow?. En: Dickson R.R., Meincke J., Rhines P. (Eds.), Arctic–Subarctic Ocean Fluxes. Springer, Dordrechtpp. 385-404
- Joslin, J. 2019. Imaging sonar review for marine environmental monitoring around tidal turbines. Report by University of Washington. Report for Offshore Energy Research Association of Nova Scotia (OERA).
- Joy, R.; Tollit, D.; Wood, J.; MacGillivray, A.; Li, Z.; Trounce, K.; Robinson, O. 2019. Potential Benefits of Vessel Slowdowns on Endangered Southern Resident Killer Whales. *Frontiers in Marine Science*, 6, 344. doi: 10.3389/fmars.2019.00344
- Joy, R.; Wood, J.; Sparling, C.; Tollit, D.; Copping, A.; McConnell, B. 2018. Empirical measures of harbor seal behavior and avoidance of an operational tidal turbine. *Marine Pollution Bulletin*, 136, 92-106. doi: 10.1016/j.marpolbul.2018.08.052
- Kastelein, R.; Helder-Hoek, L.; Gransier, R.; Terhune, J.; Jennings, N.; de Jong, C. 2015. Hearing Thresholds of Harbor Seals (*Phoca vitulina*) for Playbacks of Seal Scarer Signals, and Effects of the Signals on Behavior. *Hydrobiologia*, 756(1), 75-88. doi: 10.1007/s10750-014-2152-6
- Kastelein, R.; Hoek, L.; Gransier, R.; Jennings, N. 2013. Hearing thresholds of two harbor seals (*Phoca vitulina*) for playbacks of multiple pile driving strike sounds (Report No. 2013-02). Report for IMARES - Wageningen UR.
- Kastelein, R.; Hoek, L.; Gransier, R.; Rambags, M.; Claeys, N. 2014. Effect of Level, Duration, and Inter-Pulse Interval of 1-2 kHz Sonar Signal Exposures on Harbor Porpoise Hearing. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 136, 412-422. doi: 10.1121/1.4883596]
- Kastelein, R.; Hoek, L.; Wensveen, P.; Terhune, J.; de Jong, C. 2009. The Effect of Signal Duration on the Underwater Hearing Thresholds of Two Harbor Seals (*Phoca vitulina*) for Single Tonal Signals Between 0.2 and 40 kHz. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 127(2), 1135–1145. doi: 10.1121/1.3283019
- Kastelein, R.; Jennings, N. 2019. Effects of the Eastern Scheldt Storm Surge Barrier and tidal energy turbines on harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) and harbor seal (*Phoca vitulina*) movements. Report by SEAMARCO. Report for Wageningen University and Research Centre.
- Kastelein, R.; van der Heul, J.; Verboom, W.; Triesscheijn, R.; Jennings, N. 2005. The Influence of Underwater Data Transmission Sounds on the Displacement Behaviour of Captive Harbour Seals (*Phoca vitulina*). *Marine Environmental Research*, 61, 19-39. doi: 10.1016/j.marenvres.2005.04.001
- Kastelein, R.; Wensveen, P.; Hoek, L.; Terhune, J. 2009. Underwater Hearing Sensitivity of Harbor Seals (*Phoca vitulina*) for Narrow Noise Bands Between 0.2 and 80 kHz. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 126(1), 476–483. doi: 10.1121/1.3132522

- Kastelein, R.; Wensveen, P.; Hoek, L.; Verboom, W.; Terhune, J. 2008. Underwater Detection of Tonal Signals Between 0.125 and 100 kHz by Harbor Seals (*Phoca vitulina*). *The Journal of the Acoustical Society of America*, 125(2), 1222-1229. doi: 10.1121/1.3050283
- Kite-Powell, H.; Knowlton, A.; Brown, M. 2007. Modeling the Effect of Vessel Speed on Right Whale Ship Strike Risk (Report No. NA04NMF47202394). Report by New England Aquarium Edgerton Research Laboratory.
- Klimley, A. P., Putman, N. F., Keller, B. A., Noakes, D. 2021. A call to assess the impacts of electromagnetic fields from subsea cables on the movement ecology of marine migrants. *Conservation Science and Practice*, e436. doi: [10.1111/csp2.436](https://doi.org/10.1111/csp2.436)
- Kremers, D., Marulanda, J. L., Hausberger, M., & Lemasson, A. 2014. Behavioural evidence of magnetoreception in dolphins: detection of experimental magnetic fields. *Naturwissenschaften*, 101(11), 907-911.
- Kropp, R. 2013. Biological and Existing Data Analysis to Inform Risk of Collision and Entanglement Hypotheses (Report No. PNNL-22804). Report by Pacific Northwest National Laboratory (PNNL). Report for US Department of Energy (DOE).
- Kubli García, F. 2003. Régimen jurídico de protección interna e internacional de las ballenas. *Boletín Mexicano de Derecho Comparado*. 36(107), 505-530.
- Kuehne, L.; Erbe, C.; Ashe, E.; Bogaard, L.; Collins, M.; Williams, R. 2020. Above and below: Military Aircraft Noise in Air and under Water at Whidbey Island, Washington. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(11), 923. doi: 10.3390/jmse8110923
- Kulinskaya, E., Morgenthaler, S., Staudte, R. G. 2008. *Meta analysis: a guide to calibrating and combining statistical evidence* (Vol. 756). John Wiley and Sons. Londres
- Kyhn, L.; Wisniewska, D.; Beedholm, K.; Tougaard, J.; Simon, M.; Mosbech, A.; Madsen, P. 2019. Basin-wide contributions to the underwater soundscape by multiple seismic surveys with implications for marine mammals in Baffin Bay, Greenland. *ScienceDirect*, 138, 474-490. doi: 10.1016/j.marpolbul.2018.11.038
- Lagerquist, B.; Windsor, M.; Mate, B. 2012. Testing the Effectiveness of an Acoustic Deterrent for Grey Whales Along the Oregon Coast (Report No. DOE/DE-EE0002660). Report by Oregon State University. Report for US Department of Energy (DOE).
- Laist, D.; Knowlton, A.; Mead, J.; Collet, A.; Podesta, M. 2001. Collisions Between Ships and Whales. *Marine Mammal Science*, 17(1), 35-75. doi: 10.1111/j.1748-7692.2001.tb00980.x
- Lammers, M. O., Brainard, R. E., Au, W. W., Mooney, T. A., y Wong, K. B. 2008. An ecological acoustic recorder (EAR) for long-term monitoring of biological and anthropogenic sounds on coral reefs and other marine habitats. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 123(3), 1720-1728.

- Lamy, J. V., Azevedo, I. L. 2018. Do tidal stream energy projects offer more value than offshore wind farms? A case study in the United Kingdom. *Energy Policy*, 113, 28-40.
- Lango, R. F., Castañeda-Chávez, M. Zamora-Castro, J. E., Hernández-Zárate, G., Ramírez -Barragán, M. S.M. 2012. La acuariofilia de especies ornamentales marinas un mercado de retos y oportunidades Ornamental marine fishkeeping a trade of challenges and opportunities. *Latin American Journal of Aquatic Research*. 40(1), 12–21. doi:10.4067/S0718-560X2012000100002
- Leatherwood, S., Reeves R., Foster L. 1983. *Whales and dolphins*. Sierra Club Books, San Francisco. 262 pp.
- Lee, Y., Kim, H. J., Kim, D. K. 2020. Power generation from concentration gradient by reverse electrodialysis in anisotropic nanoporous anodic aluminum oxide membranes. *Energies*, 13(4), 904.
- Leijon, J., Forslund, J., Thomas, K., Boström, C. 2018. Marine current energy converters to power a reverse osmosis desalination plant. *Energies*, 11(11), 2880.
- Leopold, M.; Scholl, M. 2019. Monitoring getijdenturbines Oosterscheldekering (Oosterscheldekering Tidal Turbines Monitoring Annual Report 2018). Report by Wageningen University and Research Centre.
- Lesage, V.; Barrette, C.; Kingsley, M.; Sjure, B. 2006. The effect of vessel noise on the vocal behavior of belugas in the St. Lawrence River estuary, Canada. *Marine Mammal Science*, 15(1), 65-84. doi: 10.1111/j.1748-7692.1999.tb00782.x
- Leunissen, E.; Dawson, S. 2018. Underwater noise levels of pile-driving in a New Zealand harbour, and the potential impacts on endangered Hector's dolphins. *Marine Pollution Bulletin*, 135, 195-204. doi: 10.1016/j.marpolbul.2018.07.024
- Leunissen, E.; Rayment, W.; Dawson, S. 2019. Impact of pile-driving on Hector's dolphin in Lyttelton Harbour, New Zealand. *Marine Pollution Bulletin*, 142, 31-42. doi: 10.1016/j.marpolbul.2019.03.017
- Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables (LGPAS), 2007, última reforma publicada DOF-24-04-2018. Consultado el 30 de junio de 2020 de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPAS_240418.pdf
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), 1988, última reforma publicada DOF-05-06-2018. Consultado el 30 de junio de 2020 de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148_050618.pdf
- Lieber, L.; Nilsen, T.; Zambrano, C.; Kregting, L. 2017. Optimising multiple multibeam sonars to assess marine life interactions with an underwater kite, En: 12th European Wave and Tidal Energy Conference, Cork, Irlanda

- Lightsey, J.; Rommel, S.; Costidis, A.; Pitchford, T. 2006. Methods Used During Gross Necropsy to Determine Watercraft-Related Mortality in the Florida Manatee (*Trichechus manatus latirostris*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 37(3), 262-275. doi: 10.1638/04-095.1
- Lima, S.; Blackwell, B.; DeVault, T.; Fernández-Juricic, E. 2015. Animal Reactions to Oncoming Vehicles: A Conceptual Review. *Biological Reviews*, 90(1), 60-76. doi: 10.1111/brv.12093
- Loneragan, M.; Thompson, D. 2015. MR7.2.2 Collision Risk and Impact Study: Examination of Models for Estimating the Risk of Collisions Between Seals and Tidal Turbines (Report No. MMSS/001/11). Report by Sea Mammal Research Unit (SMRU). Report for Scottish Government.
- Long, C. 2017. Analysis of the possible displacement of bird and marine mammal species related to the installation and operation of marine energy conversion systems. Scottish Natural Heritage Commissioned Report No. 947. Redgorton, Scotland.
- Long, C. 2018. No evidence of long-term displacement of key wildlife species from wave and tidal energy testing, paper presented at 4th Asian Wave and Tidal Energy Conference, Taipei, Taiwan.
- Longshaw, S.; Stansby, P.; Rogers, B. 2014. Whale To Turbine Impact Using The GPU Based SPH-LSM Method, paper presented at 9th International SPHERIC Workshop, Paris, France.
- Lossent, J.; Gervaise, C.; Iorio, L.; Folegot, T.; Clorennec, D.; Lejart, M. 2017. Underwater operational noise level emitted by a tidal current turbine and its potential impact on marine fauna. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 141(5), 3923. doi: 10.1121/1.4988869
- Lucke, K.; Popper, A.; Hawkins, A.; Akamatsu, T.; André, M.; Branstetter, B.; Lammers, M.; Radford, C.; Stansbury, A.; Mooney, T. 2016. Auditory Sensitivity in Aquatic Animals. *Journal of the Acoustical Society of America*, 139(6), 3097-3101. doi: 10.1121/1.4952711
- Lucke, K.; Siebert, U.; Lepper, P.; Blanchet, M. 2009. Temporary Shift in Masked Hearing Thresholds in a Harbor Porpoise (*Phocoena phocoena*) after Exposure to Seismic Airgun Stimuli. *Journal of the Acoustical Society of America*, 125, 4060-4070. doi: 10.1121/1.3117443
- Magagna, D.; Lauri, C.; Butler, M.; Bristow, C. 2014. D4.17 Report on environmental monitoring protocols (Report No. D4.17). Report by European Marine Energy Centre (EMEC). Report for Marine Renewables Infrastructure Network (MARINET).
- Malinka, C.; Gillespie, D.; Macaulay, J.; Joy, R.; Sparling, C. 2018. First in situ Passive Acoustic Monitoring for Marine Mammals during Operation of a Tidal Turbine in Ramsey Sound, Wales. *Marine Ecology Progress Series*, 590, 247-266. doi: 10.3354/meps12467
- Marmo, B. 2017. Operational Noise from Tidal Turbine Arrays and the Assessment of Collision Risk with Marine Mammals. *Journal of the Acoustical Society of America*, 141(5), 3921. doi: 10.1121/1.4988862

- Massey, J. 2007. Proceedings of the Effects of Oil on Wildlife: Research, Rehabilitation, and General Concerns, En: Ninth International Effects of Oil on Wildlife Conference, Monterey, California.
- McGrath, C. 2013. Fairhead Tidal Environmental Impact Assessment Scoping Document. Consultado el 30 de agosto del 2021, de: <https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/Fairhead-Tidal-EIA-Scoping.pdf>
- Medwin, H., Clay, C. S., Stanton, T. K. 1997. Fundamentals of acoustical oceanography. The Journal of the Acoustical Society of America, 105(4), 2065–2066. doi:10.1121/1.426950
- Mendoza, E., Lithgow, D., Flores, P., Felix, A., Simas, T., Silva, R. 2019. A framework to evaluate the environmental impact of OCEAN energy devices. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 112, 440-449.
- Meza, Y.R., Olivos, O.A., Verduzco, Z. M. G., Ortega, O. C., 2021. Variabilidad espacio-temporal de madres con cría de ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) asociada a anomalías ambientales (ENSO) en el Pacífico Central Mexicano. En Memorias del XXI Congreso Nacional de Oceanografía y la III Reunión Internacional de Ciencias Marinas. Asociación de Oceanólogos de México, A.C. Ensenada, Baja California, México, del 20 al 24 de septiembre del 2021. Pp. 25
- Miller, J.; Potty, G.; Raposa, K.; Casagrande, D.; Miller, L.; Crocker, S.; Tyce, R.; Preston, J.; Roderick, B.; Nystuen, J.; Scheifele, P. 2009. Environmental Assessment of Offshore Wind Power Generation near Rhode Island: Acoustic and Electromagnetic Effects on Marine Animals. Journal of the Acoustical Society of America, 126(4), 2272. doi: 10.1121/1.3249301
- Moore, M.; van der Hoop, J.; Barco, S.; Costidis, A.; Gulland, F.; Jepson, P.; Moore, K.; Raverty, S.; McLellan, W. 2013. Criteria and Case Definitions for Serious Injury and Death of Pinnipeds and Cetaceans Caused by Anthropogenic Trauma. Diseases of Aquatic Organisms, 103, 229-264. doi: 10.3354/dao02566
- Moore, S. E. 2008. Marine mammals as ecosystem sentinels. Journal of Mammalogy. 89(3), 534-540.
- Morse, P., Mole, M. A., Bester, M. N., Johnson, R., Scacco, U., Gennari, E. 2019. Cape fur seals (*Arctocephalus pusillus pusillus*) adjust traversing behaviour with lunar conditions in the high white shark (*Carcharodon carcharias*) density waters of Mossel Bay, South Africa. Marine Ecology Progress Series, 622, 219-230.
- Mullen, K.; Peterson, M.; Todd, S. 2013. Has Designating and Protecting Critical Habitat had an Impact on Endangered North Atlantic Right Whale Ship Strike Mortality?. Marine Policy, 42, 293-304. doi: 10.1016/j.marpol.2013.03.021
- Nabe-Nielsen, J.; van Beest, F.; Grimm, V.; Sibly, R.; Teilmann, J.; Thompson, P. 2018. Predicting the impacts of anthropogenic disturbances on marine populations. Conservation Letters, 11(5), e12563. doi: 10.1111/conl.12563

- Negro, V.; del Campo, J.; Frades, J.; Antón, M.; Esteban, M.; López-Gutiérrez, J-S.; Soukissian, T. 2020. Impact of Offshore Wind Farms on Marine Ecosystems, Pelagic Species and Fishing. *Journal of Coastal Research*, 95, 118-122. doi: 10.2112/SI95-023.1
- Normandeau Associates; Exponent; Tricas, T.; Gill, A. 2011. Effects of EMFs from Undersea Power Cables on Elasmobranchs and other Marine Species (Report No. BOEMRE 2011-09). Report by Normandeau Associates Inc. Report for Bureau of Ocean Energy Management (BOEM) and the US Department of the Interior (DOI).
- Northwest National Marine Renewable Energy Center 2013. PMEC-NETS Annual Operations and Monitoring Report 2013. Report by Northwest National Marine Renewable Energy Center (NNMREC).
- Nowacek, D.; Bröker, K.; Donovan, G.; Gailey, G.; Racca, R.; Reeves, R.; Vadenev, A.; Weller, D.; Southall, B. 2013. Responsible Practices for Minimizing and Monitoring Environmental Impacts of Marine Seismic Surveys with an Emphasis on Marine Mammals. *Aquatic Mammals*, 39(4), 356-377. doi: 10.1578/AM.39.4.2013.356
- Nowacek, D.; Johnson, M.; Tyack, P. 2004. North Atlantic Right Whales (*Eubalaena glacialis*) Ignore Ships but Respond to Alerting Stimuli. *Proceedings of the Royal Society B*, 271(1536), 227-231. doi: 10.1098/rspb.2003.2570
- Nowacek, D.; Thorne, L.; Johnston, D.; Tyack, P. 2007. Responses of Cetaceans to Anthropogenic Noise. *Mammal Review*, 37(2), 81-115. doi: 10.1111/j.1365-2907.2007.00104.x
- Nuuttila, H. K., Bertelli, C. M., Mendzil, A., Dearle, N. 2018. Seasonal and diel patterns in cetacean use and foraging at a potential marine renewable energy site. *Marine Pollution Bulletin*. 129(2), 633–644. doi:10.1016/j.marpolbul.2017.10.051
- Nyqvist, D.; Durif, C.; Gullikstad Johnsen, M.; De Jong, K.; Nesse Forland, T.; Doksæter Sivle, L. 2020. Electric and magnetic senses in marine animals, and potential behavioral effects of electromagnetic surveys. *Marine Environmental Research*, 155, 104888. doi: 10.1016/j.marenvres.2020.104888
- Olesiuk, P.; Nichol, L.; Sowden, M.; Ford, J. 2002. Effect of the Sound Generated by an Acoustic Harassment Device on the Relative Abundance and Distribution of Harbor Porpoises (*Phocoena phocoena*) in Retreat Passage, British Columbia. *Marine Mammal Science*, 18(4), 843-862. doi: 10.1111/j.1748-7692.2002.tb01077.x
- Onoufriou, J.; Thompson, D. 2015. MR7.2.1 Collision Risk: A Brief Review of Available Information on Behaviour of Mammals and Birds in High Tidal Energy Areas (Report No. MMSS/001/11). Report by Sea Mammal Research Unit (SMRU). Report for Scottish Government.
- Oregon State University 2019. Final License Application for the PacWave South Project (Report No. 14616).

- ORJIP Ocean Energy 2020. Wave and Tidal Stream Critical Evidence Needs. Report by Aquatera Ltd. Report for The Crown Estate.
- Palmer, L.; Gillespie, D.; Macaulay, J.; Onoufriou, J.; Sparling, C.; Thomson, D.; Hastie, G. 2019. Marine Mammals and Tidal Energy: Annual Report to Scottish Government. Report by SMRU Consulting. Report for Scottish Government.
- Parks, S.; Clark, C. 2007. Short- and long-term changes in right whale calling behavior: The potential effects of noise on acoustic communication. *The Journal of the Acoustical Society*, 122(6), 3725-3731. doi: 10.1121/1.2799904
- Parks, S.; Johnson, M.; Nowacek, D.; Tyack, P. 2011. Individual right whales call louder in increased environmental noise. *Biology Letters*, 7(1), 33-35. doi: 10.1098/rsbl.2010.0451
- Pastakia CMR, Jensen A. 1998. The Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM) for EIA. *Environ Impact Assess.* 18, 461–82.
- Pastakia CMR. 1998. The Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM) — a new tool for environmental impact assessment. En: Jensen K (Ed.), *Environmental impact assessment using the Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM)*. Fredensborg, Olsen y Olsen. pp. 8–18.
- Peltier, H.; Beaufile, A.; Cesarini, C.; Dabin, W.; Dars, C.; Demaret, F.; Dhermain, F.; Doremus, G.; Labach, H.; Canneyt, O.; Spitz, J. 2019. Monitoring of Marine Mammal Strandings Along French Coasts Reveals the Importance of Ship Strikes on Large Cetaceans: A Challenge for the European Marine Strategy Framework Directive. *Frontiers in Marine Science*, 6, 486. doi: 10.3389/fmars.2019.00486
- Peng, C.; Zhao, X.; Liu, G. 2015. Noise in the Sea and Its Impacts on Marine Organisms. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12, 12304-12323. doi: 10.3390/ijerph121012304
- Peng, Y., Tsouvalas, A., Stampoulzoglou, T., Metrikine, A. 2021. Study of the sound escape with the use of an air bubble curtain in offshore pile driving. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(2), 232.
- Petruny, L.; Wright, A.; Smith, C. 2014. Getting it Right for the North Atlantic Right Whale (*Eubalaena glacialis*): A Last Opportunity for Effective Marine Spatial Planning?. *Marine Pollution Bulletin*, 85(1), 24-32. doi: 10.1016/j.marpolbul.2014.06.004
- Pezy JP., Raoux A., Niquil N., Dauvin J.C. 2019. Towards an ecosystem approach to assess the impacts of marine renewable energy. En: Bispo R., Bernardino J., Coelho H., Lino Costa J. (Eds.), *Wind Energy and Wildlife Impacts*. Springer, Cham
- Pine, M. K., Schmitt, P., Culloch, R. M., Lieber, L., Kregting, L. T. 2019. Providing ecological context to anthropogenic subsea noise: assessing listening space reductions of marine mammals from tidal energy devices. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 103, 49-57.

- Polagye, B. y C. Bassett. 2020. Risk to Marine Animals from Underwater Noise Generated by Marine Renewable Energy Devices. En: A.E. Copping y L.G. Hemery (Eds.), OES-Environmental 2020 State of the Science Report: Environmental Effects of Marine Renewable Energy Development Around the World. Report for Ocean Energy Systems (OES). pp. 67-85. doi: 10.2172/1633082.
- Popper, A.; Hawkins, A.; Thomsen, F. 2020. Taking the Animals' Perspective Regarding Anthropogenic Underwater Sound. *Trends in Ecology and Evolution*, 35(9), 787-794. doi: 10.1016/j.tree.2020.05.002
- Putland, R.; Merchant, N.; Farcas, A.; Radford, C. 2017. Vessel noise cuts down communication space for vocalizing fish and marine mammals. *Global Change Biology*, 24(4), 1708-1721. doi: 10.1111/gcb.13996
- Putman, N.; Lohmann, K. 2008. Compatibility of Magnetic Imprinting and Secular Variation. *Current Biology*, 18(14), R596-R597. doi: 10.1016/j.cub.2008.05.008
- Rako-Gospić, N.; Picciulin, M. 2019. Underwater Noise: Sources and Effects on Marine Life In World Seas: an Environmental Evaluation (2da ed.) Volume III: En: Sheppard C., (Ed.) Ecological Issues and Environmental Impacts , pp. 367-389: Elsevier, Reino Unido. doi: [10.1016/B978-0-12-805052-1.00023-1](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805052-1.00023-1)
- Reeve, D., Chadwick, A., Fleming, C. 2012. Coastal engineering: processes, theory and design practice. Spon Press. Londres
- Ren, H.; Halvorsen, M.; Deng, Z.; Carlson, T. 2012. Aquatic Acoustic Metrics Interface Utility for Underwater Sound Monitoring and Analysis. *Sensors*, 12(6), 7438-7450. doi: 10.3390/s120607438
- Rice, A.; Tielens, J.; Estabrook, B.; Muirhead, C.; Rahaman, A.; Guerra, M.; Clark, C. 2014. Variation of ocean acoustic environments along the western North Atlantic coast: A case study in context of the right whale migration route. *Ecological Informatics*, 21, 89-99. doi: 10.1016/j.ecoinf.2014.01.005
- Richardson, W.; Würsig, B. 1997. Influences of Man-Made Noise and Other Human Actions on Cetacean Behaviour. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 29(1-4), 183-209. doi: 10.1080/10236249709379006
- Riddoch, L. 2009. Listening In. *Engineering and Technology*, 4(14), 72-73.
- Risch, D.; Corkeron, P.; Ellison, W.; Van Parijs, S. 2012. Changes in Humpback Whale Song Occurrence in Response to an Acoustic Source 200 km Away. *PLOS ONE*, 7(1), e29741. doi: 10.1371/journal.pone.0029741
- Rodrigues, A. S., Pilgrim, J. D., Lamoreux, J. F., Hoffmann, M., Brooks, T. M. 2006. The value of the IUCN Red List for conservation. *Trends in ecology and evolution*, 21(2), 71-76.

- Rogers, T. (2014). Source Levels of the Underwater Calls of a Male Leopard Seal. *Journal of the Acoustical Society of America*, 136, 1495-1498. DOI: 10.1121/1.4895685
- Rommel, S.; Costidis, A.; Pitchford, T.; Lightsey, J.; Snyder, R.; Haubold, E. 2007. Forensic Methods for Characterizing Watercraft from Watercraft-Induced Wounds on the Florida Manatee (*Trichechus manatus latirostris*). *Florida Fish and Wildlife Conservation Commission*, 23(1), 110-132. doi: 10.1111/j.1748-7692.2006.00095.x
- Rubio-Aparicio, M., Sánchez-Meca, J., Marín-Martínez, F., López-López, J. A. 2018. Recomendaciones para el reporte de revisiones sistemáticas y meta-análisis. *Anales de Psicología*. 34(2), 412-420.
- Ruser, A.; Dähne, M.; van Neer, A.; Lucke, K.; Sundermeyer, J.; Siebert, U.; Houser, D.; Finneran, J.; Everaarts, E.; Meerbeek, J.; Dietz, R.; Sveegaard, S.; Tielmann, J. 2016. Assessing Auditory Evoked Potentials of Wild Harbor Porpoises (*Phocoena phocoena*). *Journal of the Acoustical Society of America*, 140(1), 442-452. doi: 10.1121/1.4955306
- Sánchez-Meca, J., Botella, J. 2010. Revisiones sistemáticas y meta-análisis: Herramientas para la práctica profesional. *Papeles del Psicólogo*. 31(1), 7-17.
- Saunders, S. 2012. Ormonde Offshore Wind Farm 2010 Construction Environmental Monitoring Report (Report No. ORM/HSE/015). Report by RPS group. Report for Vattenfall.
- Schaffeld, T.; Schnitzler, J.; Ruser, A.; Woelfing, B.; Baltzer, J.; Siebert, U. 2020. Effects of multiple exposures to pile driving noise on harbor porpoise hearing during simulated flights—An evaluation tool. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 147(2), 685-697. DOI: 10.1121/10.0000595
- Schusterman, R.; Kastak, D. 1998. Low-Frequency Amphibious Hearing in Pinnipeds: Methods, Measurements, Noise, and Ecology. *Journal of the Acoustical Society of America*, 103(4), 2216-2228. DOI: 10.1121/1.421367
- Sciara, G. N. D., Hoyt, E., Reeves, R., Ardron, J., Marsh, H., Vongraven, D., Barr, B. 2016. Place-based approaches to marine mammal conservation. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 2(26), 85-100.
- Segura, E., Morales, R., Somolinos, J. A. 2018. A strategic analysis of tidal current energy conversion systems in the European Union. *Applied Energy*, 212, 527-551.
- Seyfried, C., Palko, H., Dubbs, L. 2019. Potential local environmental impacts of salinity gradient energy: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 102, 111-120.
- Shiu, Y.; Palmer, K. ; Roch, M. ; Fleishman, E.; Liu, X. ; Nosal, E. ; Helble, T. ; Cholewiak, D.; Gillespie, D.; Klinck, H. 2020. Deep neural networks for automated detection of marine mammal species. *Nature*, 10(1), 607-620. doi: 10.1038/s41598-020-57549-y

- Silber, G.; Adams, J.; Bettridge, S. 2012. Vessel Operator Response to a Voluntary Measure for Reducing Collisions with Whales. *Endangered Species Research*, 17(3), 245-254. doi: 10.3354/esr00434
- Silber, G.; Slutsky, J.; Bettridge, S. 2010. Hydrodynamics of a Ship/Whale Collision. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 391, 10-16. doi: 10.1016/j.jembe.2010.05.013
- Slater, M. 2010. Effects of Electromagnetic Fields on Marine Species: A Literature Review. Report by Oregon Innovation Council.
- Smith, K.; Simpson, N. 2018. Y1 Environmental Monitoring Report (Report No. EnFAIT-EU-0035). Report by Nova Innovation.
- Southall, B.; Bowles, A.; Ellison, W.; Finneran, J.; Gentry, R.; Greene, C. Jr.; Kastak, D.; Ketten, D.; Miller, J.; Nachtigall, P.; Richardson, W.; Thomas, J.; Tyack, P. 2008. Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Initial Scientific Recommendations. *Aquatic Mammals*, 33(4), 273-275. doi: 10.1080/09524622.2008.9753846
- Southall, B.; Schusterman, R.; Kastak, D. 2000. Masking in Three Pinnipeds: Underwater, Low-Frequency Critical Ratios. *Journal of the Acoustical Society of America*, 108(3), 1322-1326. doi: 10.1121/1.1288409
- Southall, B.; Finneran, J.; Reichmuth, C.; Nachtigall, P.; Ketten, D.; Bowles, A.; Ellison, W.; Nowacek, D.; Tyack, P. 2019. Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Updated Scientific Recommendations for Residual Hearing Effects. *Aquatic Mammals*, 45(2), 125-232. doi: 10.1578/AM.45.2.2019.125
- Sparling, C., Lonergan, M., and McConnell, B. 2018. Harbour seals (*Phoca vitulina*) around an operational tidal turbine in Strangford Narrows: No barrier effect but small changes in transit behaviour. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. 28(1), 194-204
- Sparling, C.; Lonergan, M.; Mackey, B.; Booth, C.; Hastie, G.; Gillespie, D.; Macaulay, J. 2014. Marine Mammals and Tidal Turbines: Understanding True Collision Risk En: *Environmental Impact of Marine Renewables 2014*, Stornoway, Scotland, UK.
- Sparling, C.E., A.C. Seitz, E. Masden, and K. Smith. 2020. Collision Risk for Animals around Turbines. En: A.E. Copping and L.G. Hemery (Eds.), *OES-Environmental 2020 State of the Science Report: Environmental Effects of Marine Renewable Energy Development Around the World*. Report for Ocean Energy Systems (OES). pp. 29-65. doi: 10.2172/1632881.
- Stansbury, A.; Götz, T.; Deecke, V.; Janik, V. 2015. Grey Seals use Anthropogenic Signals from Acoustic Tags to Locate Fish: Evidence from a Simulated Foraging Task. *Proceedings of Royal Society B*, 282(1798), 20141595. doi: 10.1098/rspb.2014.1595
- Taylor, S.J. y Bogdan, R. 1990. Introducción a los Métodos Cualitativos de Investigación. Paidós Mexicana. México. 343 pp.

- Thompson, D. 2012. Annex I: Movements and Diving Behaviour of Juvenile Grey Seals in Areas of High Tidal Energy (Report No. JER3688). Report by Sea Mammal Research Unit (SMRU). Report for Welsh Assembly Government.
- Thompson, D.; Brownlow, A.; Onoufriou, J.; Moss, S. 2015. MR7.2.3 Collision Risk and Impact Study: Field Tests of Turbine Blade-Seal Carcass Collisions (Report No. MMSS/001/11). Report by Sea Mammal Research Unit (SMRU). Report for Scottish Government
- Thompson, D.; Onoufriou, J.; Brownlow, A.; Morris, C. 2016. Data Based Estimates of Collision Risk: An Example Based on Harbour Seal Tracking Data around a Proposed Tidal Turbine Array in the Pentland Firth (Report No. 900). Report for Scottish Natural Heritage.
- Thompson, P.; Brookes, K.; Graham, I.; Barton, T.; Needham, K.; Bradbury, G.; Merchant, N. 2013. Short-Term Disturbance by a Commercial Two-Dimensional Seismic Survey does Not Lead to Long-Term Displacement of Harbour Porpoises. *Proceedings of the Royal Society B*, 280, 8. doi: 10.1098/rspb.2013.2001
- Thomsen, F.; Gill, A.; Kosecka, M.; Andersson, M.; André, M.; Degraer, S.; Folegot, T.; Gabriel, J.; Judd, A.; Neumann, T.; Norro, A.; Risch, D.; Sigray, P.; Wood, D.; Wilson, B. 2015. MaRVEN - Environmental Impacts of Noise, Vibrations and Electromagnetic Emissions from Marine Renewable Energy (Report No. RTD-K3-2012-MRE). Report by Danish Hydraulic Institute (DHI). Report for European Commission.
- Thomsen, F.; McCully, S.; Weiss, L.; Wood, D.; Warr, K.; Barry, J.; Law, R. 2011. Cetacean Stock Assessments in Relation to Exploration and Production Industry Activity and Other Human Pressures: Review and Data Needs. *Aquatic Mammals*, 37, 1-93. doi: 10.1578/am.37.1.2011.1
- Titah-Benbouzid, H., Benbouzid, M. 2014. Ocean wave energy extraction: Up-to-date technologies review and evaluation. En *IEEE, 2014 International Power Electronics and Application Conference and Exposition*, pp. 338-342.
- Todd, V.; Lazar, L.; Williamson, L.; Peters, I.; Hoover, A.; Cox, S.; Todd, I.; Macreadie, P.; McLean, D. 2020. Underwater Visual Records of Marine Megafauna Around Offshore Anthropogenic Structures. *Frontiers in Marine Science*, 7, 230. doi: 10.3389/fmars.2020.00230
- Tollit, D.; Joy, R.; Wood, J.; Redden, A.; Booth, C.; Boucher, T.; Porskamp, P.; Oldreive, M. 2019. Baseline Presence of and Effects of Tidal Turbine Installation and Operations on Harbour Porpoise in Minas Passage, Bay of Fundy, Canada, En: *Marine Renewables Canada 2018*, Halifax, Nova Scotia.
- Torres, A., Esquivel, C., González, G. C. 1995. Diversidad y Conservación de los Mamíferos Marinos. *Revista Mexicana de Mastozoología (Nueva Época)*. 1(1), 22-43.
- Tougaard, J. 2015. Underwater noise from a wave energy converter is unlikely to affect marine mammals. *PIOS ONE*, 10(7), e0132391.

- Tougaard, J., Wright, A. J., Madsen, P. T. 2015. Cetacean noise criteria revisited in the light of proposed exposure limits for harbour porpoises. *Marine pollution bulletin*, 90(1-2), 196-208. [riddoc](#)
- Tougaard, J.; Hermannsen, L.; Madsen, P. 2020. How loud is the underwater noise from operating offshore wind turbines?. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 148(5), 2885-2893. doi: 10.1121/10.0002453
- Tricas, T.; Gill, A. 2011. Effects of EMFs from Underwater Power Cables on Elasmobranchs and Other Marine Species (Report No. BOEMRE 2011-09). Report by Normandeau Associates Inc. Report for Bureau of Ocean Energy Management (BOEM).
- Tsukrov, I.; DeCew, J.; Baldwin, K.; Campbell-Malone, R.; Moore, M. 2009. Mechanics of the Right Whale Mandible: Full Scale Testing and Finite Element Analysis. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 374(2), 93-103. doi: 10.1121/1.1288409
- Twidell, J. W. T. 2015. *Renewable Energy Resources* (3rd ed.). Academic Press. Londres doi:10.4324/9781315766416
- Tyack, P. 2008. Implications for Marine Mammals of Large-Scale Changes in the Marine Acoustic Environment. *Journal of Mammalogy*, 89(3), 549-558. doi: 10.1644/07-MAMM-S-307R.1
- Urrútia, G., y Bonfill, X. 2010. Declaración PRISMA: una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y metaanálisis. *Medicina clínica* 135(11), 507-511.
- Van der Hoop, J.; Corkeron, P.; Henry, A.; Knowlton, A.; Moore, M. 2017. Predicting lethal entanglements as a consequence of drag from fishing gear. *Marine Pollution Bulletin*, 115(1-2), 91-104. doi: 10.1016/j.marpolbul.2016.11.060
- Vanderlaan, A.; Taggart, C. 2007. Vessel Collisions with Whales: The Probability of Lethal Injury Based on Vessel Speed. *Marine Mammal Science*, 23(1), 144-156. doi: 10.1111/j.1748-7692.2006.00098.x
- Verfuss, U.; Dähne, M.; Gallus, A.; Jabbusch, M.; Benke, H. 2013. Determining the Detection Thresholds for Harbor Porpoise Clicks of Autonomous Data Loggers, the Timing Porpoise Detectors. *Journal of the Acoustical Society of America*, 134, 2462-2468. doi: 10.1121/1.4816571
- Vinagre, P.; Cruz E.; Chainho, P.; Ruiz, P.; Felis, I.; Muxika, I.; Bald, J. 2019. Deliverable 2.1 Monitoring plans for Noise, Electromagnetic Fields and Seabed Integrity. Report by WavEC - Offshore Renewables. Report for European Commission.
- Walker, M.; Kirschvink, J.; Ahmed, G.; Dizon, A. 1992. Evidence that Fin Whales Respond to the Geomagnetic Field During Migration. *Journal of Experimental Biology*, 171, 67-78.
- Wang, C.; Lyons, S.; Corbett, J.; Firestone, J. 2007. Using Ship Speed and Mass to Describe Potential Collision Severity with Whales: An Application of the Ship Traffic, Energy and Environment Model (STEEM). Report by University of Delaware.

- Wang, Z.; Akamatsu, T.; Nowacek, D.; Yuan, J.; Zhou, L.; Lei, P.; Li, J.; Duan, P.; Wang, K.; Wang, D. (2019). Soundscape of an Indo-Pacific humpback dolphin (*Sousa chinensis*) hotspot before windfarm construction in the Pearl River Estuary, China: Do dolphin engage in noise avoidance and passive eavesdropping behavior?. *Marine Pollution Bulletin*, 140, 509-522. doi: 10.1016/j.marpolbul.2019.02.013
- Want, A., Crawford, R., Kakkonen, J., Kiddie, G., Miller, S., Harris, R. E., Porter, J. S. 2017. Biodiversity characterisation and hydrodynamic consequences of marine fouling communities on marine renewable energy infrastructure in the Orkney Islands Archipelago, Scotland, UK. *Biofouling*. 33(7), 567-579.
- Weilgart, L. 2007. The Impacts Of Anthropogenic Ocean Noise On Cetaceans And Implications For Management. *Canadian Journal of Zoology*, 85(11), 1091-1116. doi: 10.1139/Z07-101
- Whyte, K.; Russell, D.; Sparling, C.; Binnerts, B.; Hastie, G. 2020. Estimating the effects of pile driving sounds on seals: Pitfalls and possibilities. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 147(6), 3948. doi: 10.1121/10.0001408
- Wiesebron, L. E., Horne, J. K., Hendrix, A. N. 2016a. Characterizing biological impacts at marine renewable energy sites. *International Journal of Marine Energy*. 14, 27-40.
- Wiesebron, L. E., Horne, J. K., Scott, B. E., Williamson, B. J. 2016b. Comparing nekton distributions at two tidal energy sites suggests potential for generic environmental monitoring. *International Journal of Marine Energy*, 16, 235-249.
- Williams, R., Lusseau, D., & Hammond, P. S. 2006. Estimating relative energetic costs of human disturbance to killer whales (*Orcinus orca*). *Biological conservation*, 133(3), 301-311.
- Williams, R.; Ashe, E.; Blight, L.; Jasny, M.; Nowlan, L. 2014. Marine Mammals and Ocean Noise: Future Directions and Information Needs with Respect to Science, Policy and Law in Canada. *Marine Pollution Bulletin*, 86(1-2), 29-38. doi: 10.1016/j.marpolbul.2014.05.056
- Williams, R.; Wright, A.; Ashe, E.; Blight, L.; Bruintjes, R.; Canessa, R.; Clark, C.; Cullis-Suziku, S.; Dakin, D.; Erbe, C.; Hammond, P.; Merchant, N.; O'Hara, P.; Purser, J.; Radford, A.; Simpson, S.; Thomas, L.; Wale, M. 2015. Impacts of Anthropogenic Noise on Marine Life: Publication Patterns, New Discoveries, and Future Directions in Research and Management. *Ocean and Coastal Management*, 115, 17-24. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2015.05.021
- Williamson, B.; Blondel, P.; Armstrong, E.; Bell, P.; Hall, C.; Waggitt, J.; Scott, B. 2016. A Self-Contained Subsea Platform for Acoustic Monitoring of the Environment Around Marine Renewable Energy Devices - Field Deployments at Wave and Tidal Energy Sites in Orkney, Scotland. *Journal of Oceanic Engineering*, 41(1), 67-81. doi: 10.1109/JOE.2015.2410851
- Wilson, B.; Batty, R.; Daunt, F.; Carter, C. 2007. Collision Risks Between Marine Renewable Energy Devices and Mammals, Fish and Diving Birds. Report by Centre for Ecology y Hydrology. Report for Scottish Government.

- Wilson, B.; Benjamins, S.; Elliot, J.; Gordon, J.; Macaulay, J.; Calderan, S.; van Geel, N. 2014. Estimates of Collision Risk of Harbour Porpoises and Marine Renewable Energy Devices at Sites of High Tidal-Stream Energy. Report by Scottish Association for Marine Science (SAMS). Report for Scottish Government.
- Wilson, B.; Gordon, J. 2011. Assessment of Risk to Marine Mammals from Underwater Marine Renewable Devices in Welsh Waters: Phase 1 - Desktop Review of Marine Mammals and Risks from Underwater Marine Renewable Devices in Welsh Waters (Report No. JER3688). Report by Scottish Association for Marine Science (SAMS). Report for Welsh Assembly Government.
- Wilson, B.; Marmo, B.; Lepper, P.; Risch, D.; Benjamins, S.; Hastie, G.; Carter, C. 2017. Good noise, bad noise: A tricky case of balancing risk of physical injury against acoustic disturbance for marine mammals and tidal energy devices. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 141, 3921. doi: 10.1121/1.4988861
- Wilson, L.; Harwood, J.; Booth, C.; Joy, R.; Harris, C. 2020. A decision framework to identify populations that are most vulnerable to the population level effects of disturbance. *Conservation Science and Practice*, 2(2), e149. doi: 10.1111/csp2.149
- Winklhofer, M. 2009. The Physics Of Geomagnetic-Field Transduction In Animals. *IEEE Transactions of Magnetics*, 45(12), 5259-5265. DOI: 10.1109/TMAG.2009.2017940
- Wood, M.; Carter, L. 2008. Whale Entanglements With Submarine Telecommunication Cables. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, 33(4), 445-450. doi: 10.1109/JOE.2008.2001638
- Wright, A. 2015. Sound Science: Maintaining Numerical and Statistical Standards in the Pursuit of Noise Exposure Criteria for Marine Mammals. *Frontiers in Marine Science*, 2, 99. doi: 10.3389/fmars.2015.00099
- Wright, A. J., Soto, N. A., Baldwin, A. L., Bateson, M., Beale, C. M., Clark, C., Martin, V. 2007. Do marine mammals experience stress related to anthropogenic noise?. *International Journal of Comparative Psychology*, 20(2).
- Wright, B. M., Deecke, V. B., Ellis, G. M., Trites, A. W., Ford, J. K. 2021. Behavioral context of echolocation and prey-handling sounds produced by killer whales (*Orcinus orca*) during pursuit and capture of Pacific salmon (*Oncorhynchus* spp.). *Marine Mammal Science*.
- Würsig, B., Richardson, W.J. 2009. Noise, Effects of. En: Perrin, W. F., Würsig, B., y Thewissen, J. G. M. (Eds.) *Encyclopedia of marine mammals*. Academic Press. San Diego. pp. 765-773
- Würsig, B.; Greene, C.; Jefferson, T. 2000. Development of an air bubble curtain to reduce underwater noise of percussive piling. *Marine Environmental Research*, 49(1), 79-93. doi: 10.1016/S0141-1136(99)00050-1
- WWF France 2019. Safeguarding Marine Protected Areas in the Growing Mediterranean Blue Economy: Recommendations for the Offshore Wind Energy Sector. Report by WWF France.

Xu, J.; Deng, Z.; Carlson, T.; Moore, B. 2012. Target Strength of Southern Resident Killer Whales (*Orcinus orca*): Measurement and Modeling. *Marine Technology Society Journal*, 46(2), 74-84. doi: 10.4031/MTSJ.46.2.2

Zavala-Gonzalez, A., Mellink, E. 2000. Historical exploitation of the California sea lion, *Zalophus californianus*, in Mexico. *Marine Fisheries Review*, 62(1), 35-40.

Anexos

Anexo 1

Código del programa Contador de palabras utilizado en esta tesis, ejemplo del código utilizado para contar las palabras de la variable “País”.

```
import pandas as pd

import numpy as np

import matplotlib.pyplot as plt

import seaborn as sns

path = "/content/BASE DE DATOS TESIS.csv"

datos_p = pd.read_csv(path,encoding="latin-1")

def contador(datos,campo):

    datos = datos[campo].dropna()

    lista_con_todas_entradas = []

    lista_paises_repetidos = []

    lista_contar = []

    lista_con_conteo = []

    lista_paises_sin_repetir = []

    diccionario_conteo = {}

    for i in datos:

        lista_con_todas_entradas.append(i)
```

```

for i in lista_con_todas_entradas:

    lista_paises_repetidos.append(i.split(','))

for i in lista_paises_repetidos:

    for pais in i:

        if pais not in lista_paises_sin_repetir:

            lista_paises_sin_repetir.append(pais)

for i in lista_paises_repetidos:

    for k in i:

        lista_contar.append(k)

for pais in lista_paises_sin_repetir:

    contador = 1

    for pais_en_lista in lista_contar:

        if pais_en_lista == pais:

            diccionario_conteo[pais] = contador

            contador +=1

return diccionario_conteo

```

Código del programa Contador de palabras utilizado en esta tesis, ejemplo del código utilizado para contar las palabras de la variable “Tipo de energía renovable marina aprovechada”.

```
import pandas as pd

import numpy as np

import matplotlib.pyplot as plt

import seaborn as sns

path = "/content/BASE DE DATOS TESIS.csv"

datos_p = pd.read_csv(path,encoding="latin-1")

def contador(datos,campo):

    datos = datos[campo].dropna()

    lista_con_todas_entradas = []

    lista_tipodeperm_repetidos = []

    lista_contar = []

    lista_con_conteo = []

    lista_tipodeperm_sin_repetir = []

    diccionario_conteo = {}

    for i in datos:

        lista_con_todas_entradas.append(i)

    for i in lista_con_todas_entradas:

        lista_tipodeperm_repetidos.append(i.split(','))

    for i in lista_tipodeperm_repetidos:
```

```

for tipodeperm in i:

    if tipodeperm not in lista_tipodeperm_sin_repetir:

        lista_tipodeperm_sin_repetir.append(tipodeperm)

for i in lista_tipodeperm_repetidos:

    for k in i:

        lista_contar.append(k)

for tipodeperm in lista_tipodeperm_sin_repetir:

    contador = 1

    for tipodeperm_en_lista in lista_contar:

        if tipodeperm_en_lista == tipodeperm:

            diccionario_conteo[tipodeperm] = contador

            contador +=1

return diccionario_conteo

```

Código del programa Contador de palabras utilizado en esta tesis, ejemplo del código utilizado para contar las palabras de la variable “Grupo de mamífero marino receptor”.

```

import pandas as pd

import numpy as np

import matplotlib.pyplot as plt

```

```
import seaborn as sns
```

```
path = "/content/BASE DE DATOS TESIS.csv"
```

```
datos_p = pd.read_csv(path,encoding="latin-1")
```

```
def contador(datos, campo):
```

```
    datos = datos[campo].dropna()
```

```
    lista_con_todas_entradas = []
```

```
    lista_grupomamiferos_repetidos = []
```

```
    lista_contar = []
```

```
    lista_con_conteo = []
```

```
    lista_grupomamiferos_sin_repetir = []
```

```
    diccionario_conteo = {}
```

```
    for i in datos:
```

```
        lista_con_todas_entradas.append(i)
```

```
    for i in lista_con_todas_entradas:
```

```
        lista_grupomamiferos_repetidos.append(i.split(','))
```

```
    for i in lista_grupomamiferos_repetidos:
```

```
        for grupomamiferos in i:
```

```
            if grupomamiferos not in lista_grupomamiferos_sin_repetir:
```

```
                lista_grupomamiferos_sin_repetir.append(grupomamiferos)
```

```
for i in lista_grupomamiferos_repetidos:

    for k in i:

        lista_contar.append(k)

for grupomamiferos in lista_grupomamiferos_sin_repetir:

    contador = 1

    for grupomamiferos_en_lista in lista_contar:

        if grupomamiferos_en_lista == grupomamiferos:

            diccionario_conteo[grupomamiferos] = contador

            contador +=1

return diccionario_conteo
```

Anexo 2

Tabla 9. Familias y especies de mamíferos marinos presentes en las áreas de potencial instalación de Plantas de Energías Renovables Marinas en México. * Avistamientos o varamientos ocasionales.

Familia	Especie	Nombre común	Isla de Cozumel (corrientes marinas)	Ría Lagartos (gradiente salino)	La Joya (geotermia) y Bahía Todos Santos, Baja California(oleaje)	Golfo de California: Canal de Los Frailes (OTEC), Bahía de La Paz y Canal de San José (corrientes)
BALAENIDAE (Gray, 1825)	<i>Eubalaena japonica</i> (Lacépède, 1818)	Ballena franca del Pacífico norte				x*
ESCHRICHTIIDAE (Ellerman y Morrison-Scott, 1951)	<i>Eschrichtius robustus</i> (Lilljeborg, 1861)	Ballena gris			x	
BALAENOPTERIDAE (Gray, 1864)	<i>Balaenoptera acutorostrata</i> (Lacépède, 1804)	Rorcual menor o minke			x	x
BALAENOPTERIDAE (Gray, 1864)	<i>Balaenoptera borealis</i> (Lesson, 1828)	Rorcual sei				x*
BALAENOPTERIDAE (Gray, 1864)	<i>Balaenoptera edeni</i> (Anderson, 1879)	Rorcual tropical o de Bryde	x		x	x
BALAENOPTERIDAE (Gray, 1864)	<i>Balaenoptera musculus</i> (Linnaeus, 1758)	Rorcual azul, ballena azul			x	x
BALAENOPTERIDAE (Gray, 1864)	<i>Balaenoptera physalus</i> (Linnaeus, 1758)	Rorcual común, ballena de aleta			x	x
BALAENOPTERIDAE (Gray, 1864)	<i>Megaptera novaeangliae</i> (Borowski, 1781)	Rorcual jorobado, ballena jorobada			x	x
PHYSETERIDAE (Gray, 1821).	<i>Physeter macrocephalus</i> (Linnaeus, 1758)	Cachalote	x		x	x

KOGIIDAE (Gill, 1871) Miller, 1923.	<i>Kogia breviceps</i> (Blainville, 1838)	Cachalote pigmeo	x		x	x
KOGIIDAE (Gill, 1871) Miller, 1923.	<i>Kogia sima</i> (Owen, 1866)	Cachalote enano	x		x	x
ZIPHIIDAE (Gray, 1865)	<i>Berardius bairdii</i> (Stejneger, 1883)	Zifio de Baird			x*	x*
ZIPHIIDAE (Gray, 1865)	<i>Indopacetus pacificus</i> (Longman, 1926)	Zifio de Longman				x*
ZIPHIIDAE (Gray, 1865)	<i>Mesoplodon carlhubbsi</i> (Moore, 1963)	Zifio de Hubbs			x*	
ZIPHIIDAE (Gray, 1865)	<i>Mesoplodon densirostris</i> (Blainville, 1817)	Zifio de Blainville				x*
ZIPHIIDAE (Gray, 1865)	<i>Mesoplodon peruvianus</i> (Reyes, Mead y Van Waerebeek, 1991)	Zifio pigmeo			x*	x*
ZIPHIIDAE (Gray, 1865)	<i>Ziphius cavirostris</i> (Cuvier, 1823)	Zifio de Cuvier	x		x	x
DELPHINIDAE (Gray, 1821).	<i>D. d. delphis</i> (Linnaeus, 1758)	Delfín común de rostro corto	x		x	x
DELPHINIDAE (Gray, 1821).	<i>D. d. bairdii</i> (Dall, 1873)	Delfín común de rostro largo del Pacífico nororiental			x	x
DELPHINIDAE (Gray, 1821).	<i>Feresa attenuata</i> (Gray, 1874)	Orca pigmea	x		x	x
DELPHINIDAE (Gray, 1821).	<i>Globicephala macrorhynchus</i> (Gray, 1846)	Calderón de aletas cortas	x*		x	x

DELPHINIDAE (Gray, 1821).	<i>Grampus griseus</i> (Cuvier, 1812)	Delfín de Risso	x		x	x
DELPHINIDAE (Gray, 1821).	<i>Lagenodelphis hosei</i> (Fraser, 1956)	Delfín de Fraser	x		x	x
DELPHINIDAE (Gray, 1821).	<i>Lagenorhynchus obliquidens</i> (Gill, 1865)	Delfín de costados blancos del Pacífico			x	x
DELPHINIDAE (Gray, 1821).	<i>Orcinus orca</i> (Linnaeus, 1758)	Orca			x	x
DELPHINIDAE (Gray, 1821).	<i>Peponocephala electra</i> (Gray, 1846)	Calderón pequeño, delfín cabeza de melón-	x*			x*
DELPHINIDAE (Gray, 1821).	<i>Pseudorca crassidens</i> (Owen, 1846)	Orca falsa	x		x	x
DELPHINIDAE (Gray, 1821).	<i>Stenella attenuata</i> (Gray, 1846)	Estenela moteada o delfín manchado pantropical	x			x
DELPHINIDAE (Gray, 1821).	<i>S. a. attenuata</i> (Gray, 1846)	Delfín manchado pantropical oceánico			x	
DELPHINIDAE (Gray, 1821).	<i>Stenella clymene</i> (Gray, 1850)	Delfín Clymene	x			
DELPHINIDAE (Gray, 1821).	<i>Stenella coeruleoalba</i> (Meyen, 1833)	Estenela listada o delfín listado			x	x
DELPHINIDAE (Gray, 1821).	<i>Stenella frontalis</i> (Meyen, 1833)	Estenela moteada del Atlántico o delfín pintado	x			

DELPHINIDAE (Gray, 1821).	<i>Stenella longirostris</i> (Gray, 1828)	Delfín tornillo	x		x	x
DELPHINIDAE (Gray, 1821).	<i>Steno bredanensis</i> (G. Cuvier en Lesson, 1828)	Esteno o delfín de dientes rugosos	x		x	x
DELPHINIDAE (Gray, 1821).	<i>Tursiops truncatus</i> (Montagu, 1821)	- Tursión, tonina, delfín nariz de botella	x	x	x	x
PHOCOENIDAE (Gray, 1825; Bravard, 1885)	<i>Phocoena sinus</i> (Norris y McFarland, 1958)	Vaquita			x	
TRICHECHIDAE (Gill, 1872)	<i>Trichechus manatus</i> (Linnaeus, 1758)	Manatí	x	x		
OTARIIDAE (Gill, 1866)	<i>A. p. townsendi</i> (Merriam, 1897)	Lobo fino de Guadalupe				x*
OTARIIDAE (Gill, 1866)	<i>Zalophus californianus</i> (Lesson, 1828)	Lobo marino de California			x	x
PHOCIDAE (Gray, 1821)	<i>Mirounga angustirostris</i> (Gill, 1866)	Foca elefante del norte			X	x
PHOCIDAE (Gray, 1821)	<i>P. v. richardii</i> (Gray, 1864)	Foca de puerto del Pacífico			X	

Anexo 3: Descripción de especies presentes

Eschrichtiidae:

La ballena gris se caracteriza por realizar migraciones, se mueve de forma lenta, son aéreas y se han avistado saltos. Nadan a velocidad de 5 a 9 km/ h, se sumergen de 3 a 5 minutos. Su reproducción es en invierno y son migratorias (Jefferson et al., 2015).

Balaenopteridae:

La ballena de Minke no asoma su aleta al sumergirse, saltan a la superficie, tienen comportamientos aéreos, nadan alrededor de buques estáticos y al emerger se observa de forma simultánea la aleta dorsal con los orificios respiratorios (*blowhole*), se reproducen en invierno. Se encontró que hacen un tipo de vocalizaciones únicas. Se alimentan de eufáusidos, peces, copépodos (Jefferson et al., 2015).

La Ballena Sei se ha avistado ocasionalmente y se caracterizan por nadar a velocidades de 25 km/h. Cuando nadan lento se puede observar su *blowhole* emergiendo en conjunto con su aleta, se sabe muy poco de sus vocalizaciones pero son similares a las de otros rorcuales. Se encuentran en grupos de 2 a 5 individuos. Se alimentan de preferencia al amanecer, tienen flexibilidad en la alimentación comen copépodos, también comen como otros rorcuales (Jefferson et al., 2015).

La ballena de Bryde, realiza corrales de burbujas para atrapar a sus presas (Jefferson et al., 2015) la turbulencia generada por las turbinas puede interferir con la estrategia de alimentación. La Ballena de Bryde no tiene un soplo visible.

La ballena azul se reproduce en invierno al igual que la ballena gris, son migratorias (Jefferson et al., 2015). Barcenilla et al., (2021) mencionan que la ballena azul necesita alimentarse durante su migración invernal por sus altos requerimientos energéticos por lo que tiene una distribución predecible hacia regiones de afloramiento con alta producción primaria estacional a lo largo de la costa occidental Baja California. Encontraron que en primavera hay mayor número de avistamientos distribuidos a lo largo de toda la península y en otoño hay una tendencia a localizarse hacia el sur de la península. La predicción de su distribución espacio-temporal es posible utilizando modelos en función de las características oceanográficas.

La ballena de aleta tiene altas velocidades de nado, hasta 37 km/h, se asocian con ballenas azules. No tienen lugar de partos, los nacimientos se dan en diferentes áreas. Sus vocalizaciones son a bajas frecuencias de 20 Hz. Es posible que entre ellas se detecten a cientos de kilómetros, y se encontró que en épocas de reproducción hacen vocalizaciones específicas (Jefferson et al., 2015).

La Ballena jorobada tiene migraciones largas de hasta 8000 km. Los machos compiten en el apareamiento por las hembras, haciendo saltos y complejos cantos. Se alimentan de krill y pequeños peces, se adaptan usan burbujas y nubes de burbujas para concentrar su alimento. Son *lunge feeders* y se sabe que realizan técnicas en equipo con otras ballenas para alimentarse (Jefferson et al., 2015).

Emiten sonidos complejos y repetitivos denominados “canciones”, López Arzate (2015) encontró que, en los Cabos, Baja California Sur (región cercana al Canal de Los Frailes) las ballenas jorobadas que realizan migraciones durante el mes de invierno con fines reproductivos, cambian gradualmente las canciones y que también intercambian éstas para aumentar gradual y consecutivamente su diversidad.

También se sabe que las anomalías ambientales repercuten directamente sobre la presencia de madres-crías en las costas del Pacífico Mexicano, ya que su tasa de avistamiento es significativamente mayor en años “La niña” en relación con años “El Niño” (Meza et al., 2021).

Physeteridae:

El cachalote puede morder los cables porque los confunde con presas (Heezen 1957; Wood et al., 2008; Kropp, 2013). No se sabe si realizan migraciones.

Kogiidae:

El cachalote pigmeo y cachalote enano también pueden confundir cables con presas. Solo se detectan con facilidad en lugares extremadamente tranquilos, es difícil verlos vivos en los océanos porque se mueven de forma lenta, cautelosa y sin un soplo visible presas (Heezen 1957; Wood et al., 2008; Kropp, 2013).

Ziphiidae:

El zifio de Baird se caracteriza por ser buceador profundo, de hasta 67 minutos bajo el agua, algunas veces permanecen hasta 14 minutos en la superficie después de bucear y realizan exhalaciones antes de volver a sumergirse largo tiempo. El zifio de Longman es una especie de la cual se conoce muy poco porque se han analizado una docena de especímenes hasta el 2014. Se sabe que se sumergen hasta durante 33 minutos, se alimentan de cefalópodos. Del zifio de Hubbs se sabe que tiene época reproductiva durante los meses de verano y que se alimentan de calamares y peces de aguas profundas El zifio de Blainville se sumerge hasta 1400 m de profundidad más de 54 minutos. Ellos pasan gran parte del tiempo en la columna de agua a una profundidad de menos de 50 m, es una adaptación para compensar la presión. Se alimentan por succión, de calamares y peces. El Zifio pigmeo se cree que se alimentan en la profundidad. El Zifio de Cuvier tiene preferencia por aguas oceánicas pueden ser afectados por ruidos de baja frecuencia como la instalación de pilotes (Jefferson et al., 2015).

Delphinidae:

El delfín común de rostro corto, orca pigmea, calderón de aletas cortas, delfín de Risso, delfín de Fraser, calderón pequeño o delfín cabeza de melón, orca falsa, estenela moteada o delfín manchado pantropical, delfín tornillo, delfín de dientes rugosos y tonina. Se encontró que los miembros del grupo Delphinidae son capaces de detectar embarcaciones que se encuentran a 100 m de distancia (Lima et al., 2015).

El delfín común de rostro corto, se alimenta principalmente de peces y calamares durante la noche. Su alimento son especies de la capa de dispersión profunda o *Deep scattering layer* porque son especies que migran hacia la superficie durante la noche (Jefferson et al., 2015).

El calderón de aletas cortas se reproduce durante otoño e invierno. El fenómeno de El Niño, ocasionó un cambio de distribución porque desapareció la población de un área de alimentación, quizá por la ausencia de calamares en desove y fueron desplazados por el delfín de Risso (Jefferson et al., 2015), es importante tomar en cuenta que la instalación de PERMs no debe realizarse en áreas de alimentación, porque el desplazamiento de la especie es irreversible y en la zona también se distribuye el delfín de Risso. También se encontró que el sonido de las embarcaciones que viajan a 5 nudos reduce el rango de comunicación del calderón en un 50% en aguas poco profundas (Jensen, 2009).

Los delfines de Risso se distribuyen en grupos de 10-100 y se han observado comportamientos agresivos con otras especies de delfines y se pueden sumergir hasta durante 30 minutos (Jefferson et al., 2015).

En la zona también se encuentra el delfín de Fraser que se suele observar en manadas de cientos a miles de delfines, se alimentan en aguas de 600 m de profundidad y también en la superficie. En la zona también se encuentra el delfín cabeza del melón, es una especie que puede verse acompañando al calderón y al delfín de Risso (Jefferson et al., 2015).

En la zona también hay orca falsa, son cetáceos veloces, nada más rápido que cualquier otro organismo, pueden ser agresivas con otros odontocetos pequeños o con otros misticetos. Poseen sociedades estables parecidas a las orcas (Jefferson et al., 2015).

También hay presencia de delfín manchado pantropical, son muy rápidos y tienen comportamientos aéreos porque hacen acrobacias, han aprendido a evadir botes. Su velocidad de nado es de hasta 22 km/h se sumergen hasta 3.4 minutos. Se agrupan de cientos a miles de individuos y el número crece cuando se encuentran en aguas oceánicas (Jefferson et al., 2015).

El delfín tornillo es el más aéreo, le gusta saltar hasta 7 veces antes de caer al agua, se agrupan de 50 a miles de individuos y nadan en zigzag.

El delfín de dientes rugosos es más lento en movimientos que los otros odontocetos del grupo *Delphinus* o *Stenella*, en ocasiones se mueven rápidamente en la superficie simulando surfing, tienen comportamiento aéreo y dan saltos. Se distribuyen en grupos de 10 a 20 individuos, aunque se han reportado grupos de más de 100 (Jefferson et al., 2015).

También la Tonina o delfín nariz de botella se distribuye en la zona, son organismos fáciles de entrenar, se adaptan al cautiverio y se observan algunas veces cientos en aguas oceánicas, esta es una de las especies más estudiadas en las investigaciones incluidas en esta revisión.

Particularmente en el Canal de Cozumel se encuentran el delfín de Clymene y el manatí.

El delfín de Clymene es una especie de delfines aéreos activos, pueden dar hasta 3 o 4 giros antes de caer al agua, sus acrobacias son elaboradas, les gusta jugar en las olas, y se distribuyen en grupos de 200 animales. Al igual que en el delfín común de rostro corto la luz puede influir en su alimentación, porque lo hacen durante la noche de pequeños peces en profundidades moderadas.

También hay delfín pintado o estenela moteada, son animales acrobáticos, se sumergen aparentemente en menos de 10 m, pueden bucear hasta 40-60 m, durante 6 minutos. En las Bahamas se ha observado que capturan los peces ocultos en la arena, mueven con sus rostros la arena del fondo. Se distribuyen en grupos de menos de 50 individuos, en zonas costeras grupos de 5 a 15 individuos. También tienen grupos de estructura fluida como los delfines nariz de botella, se les ve interactuando con ellos también.

Hay presencia de Delfín de costados blancos, se encuentran grupos de cientos a miles de individuos a veces acompañados de otras especies como el delfin de Risso. Son acrobáticos y juguetones, se sumergen hasta 6 minutos. Se alimentan de especies de aguas epipelágicas y mesopelágicas, como linternillas, anchoas, merluza, se alimentan de organismos *deep scattering layer*.

Delfín listado es una especie veloz que se siente atraída por nadar al lado de los barcos y hacer acrobacias. Se encuentran de docenas a 500 individuos. Se sumergen hasta 700 m de profundidad para cazar a sus presas, se alimentan de peces pelágicos y bentopelágicos como linternillas, bacalao y calamares.

La orca pigmea, el delfín de Clymene, el delfín pintado, delfín dientes rugosos, delfín nariz de botella y el delfín de costados blancos tienen hábitos aéreos que facilitan el monitoreo con observaciones en tierra o en embarcaciones. Para la orca se propone estudiar a profundidad los tejidos y el efecto que puede tener a largo plazo en una exposición por colisión. Y para delfín común existe la facilidad de entrenar y adaptar al cautiverio porque es una especie altamente adaptable y diversa.

Phocoenidae:

También hay presencia de Vaquita marina en el Alto Golfo de California, la cual es una especie que se encuentra en peligro de extinción y su conservación es prioritaria. Se sabe que tienden a ser curiosas y se acercan a los barcos a la deriva, pero evaden los motores en marcha. Se alimentan de especies bentónicas y demersales (Jefferson et al., 2015).

Trichechidae:

El manatí solo muestra su trompa y la parte superior de su espalda, lo cual complica su monitoreo y es difícil verlos, por la turbidez de las aguas en donde se distribuyen. La época de reproducción del manatí es en primavera y verano (Jefferson et al., 2015).

Otariidae:

Los machos de Lobo fino de Guadalupe, se establecen en un territorio con 6 hembras. Las crías nacen en Junio a Agosto, los machos defienden su territorio con vocalizaciones y peleas. Una vez q los territorios se establecen ya no hay peleas. Las hembras eligen al macho por el territorio, que cuente con comida, protección, “tidal pools”; protección del sol. Las hembras se distribuyen en distancias de 700 a 4000 km para alimentarse. Orcas y tiburones son depredadores. Se alimentan de calamares, peces y crustáceos incluidas especies de *vertically-migrating* (Jefferson et al., 2015).

En el Lobo marino de california los partos ocurren de mayo a julio, tienen una asociación con las ballenas jorobadas al momento de alimentarse (Jefferson et al., 2015). No se sabe que naden a grandes profundidades, máximo 274 m y 10 minutos, normalmente 80 m y 3 minutos. Son oportunistas, ya que se alimentan de varias presas que estén estacionalmente en las áreas, peces como anchovetas, sardinas y bermellones. Utilizan como lugares de recreación las estructuras humanas de los pescadores o boyas.

La foca elefante también se encuentra en la zona y su época de parto es de diciembre a marzo, no son territoriales, hay más competencia durante la época de apareamiento. Puede sumergirse hasta 120 minutos y 1754 m, se cree q para evadir depredadores superficiales como orcas se alimentan en aguas medianamente profundas. La vocalización es una serie metálica resonante fuerte de sonidos similares a los de un automóvil. Las hembras tienen un gruñido gutural. Hembras y crías tienen vocalizaciones de llamado del uno al otro y en caso de que la cría esté siendo molestada. Después de la reproducción los elefantes marinos nadan hacia sus áreas de alimentación nadando distancias de 18,000 a 21000 km. Al sumergirse hacen patrones *drift diving*, descansan a intervalos mientras ellos bajan lentamente en la columna de agua. Las hembras prefieren alimentarse en aguas más profundas que los machos. Las inmersiones normales durante la alimentación van desde 300 a 800 m, pasan el 90% del tiempo bajo el agua cuando no son épocas reproductivas. Cuando nadan en la superficie o en lugares cercanos a las costas son presas fáciles de tiburones. Se alimentan de 50 tipos de presas, la mayoría calamares, peces, el 70% de sus presas se encuentran en el océano abierto, en aguas medias y zonas bentónicas.

Las focas de puerto no son migratorias, se encuentran en estuarios, bahías, ríos y áreas intersticiales. Son tímidas en tierra, se meten al agua si se les molesta. En el agua son curiosas y asoman el cuello para ver a las personas en botes o en la costa. Los sitios de alimentación se definen por los ciclos de mareas. Realizan vocalizaciones acompañadas por movimientos de las aletas. Les gusta descansar en *haulouts*. No hay evidencia de competencia

por apareamiento en tierra. Las vocalizaciones describen que en el agua los machos tienen sitios donde atraen a las hembras y hay sitios donde las hembras dan a luz, esos sitios son defendidos mediante llamadas bajo el agua.

Son depredadores generalistas se alimentan de cefalópodos, peces, crustáceos, obtenidos en la superficie, medias aguas y hábitats bentónicos.