



Programa de Investigación de Mamíferos Marinos

Universidad Autónoma de Baja California Sur



Impacto del Proyecto Saguaro Energía GNL a los cetáceos del Golfo de California

Dr. Jorge Urbán Ramírez

Dra. Lorena Viloría Gómora

Dra. Pamela Martínez Loustalot

Enero 2025

Contenido

Resumen ejecutivo	3
Introducción.....	5
Metodología.....	6
Importancia del GOC	6
Biodiversidad del Golfo en general	6
Biodiversidad de cetáceos	7
Amenazas de colisiones y ruido a las ballenas en el GOC	9
Distribución de cetáceos en el GOC y su traslape con la ruta de navegación propuesta por TGNLS	15
Ruido.....	21
Análisis de medidas de mitigación: la MIA, Resolución de la DGIRA en 2006, y el Programa Protección y Conservación de la Biodiversidad (PPCB 2023).....	27
Manifestación de Impacto Ambiental.....	27
Observaciones al Programa Protección y Conservación de la Biodiversidad (PPCB) (2023).	30
Conclusiones y recomendaciones.....	34
Referencias.....	36
Apéndice 1: Valor económico de avistamiento de ballenas en el GOC	42
Apéndice 2: Diversidad, distribución de grandes ballenas y odontocetos en el GOC y el uso de hábitat.	43
<i>Rorcual común</i>	43
<i>Rorcual tropical</i>	45
<i>Ballena azul</i>	46
<i>Calderón de aletas cortas</i>	50
<i>Ballena jorobada</i>	51
Apéndice 3:	56

Resumen ejecutivo

Este documento tiene el objetivo de identificar las amenazas a las cuales ballenas y otros grandes mamíferos marinos del Golfo de California (GOC) se enfrentarían si el proyecto “Terminal GNL de Sonora” (TGNLS), de Mexico Pacific Limited, LLC, también llamado Saguaro Energía GNL, se realiza en Puerto Libertad, Sonora.

En este análisis, se comparó la distribución de las especies de cetáceos en el GOC con la zona de influencia del proyecto y las rutas de barcos propuestas por el promovente. Además, se hizo una revisión bibliográfica sobre el impacto del tráfico marino en los cetáceos (colisiones y ruido), en particular la revisión se enfocó en los buques transportadores de gas natural licuado (GNL) que se proponen utilizar en el proyecto. Por último, se analizó la documentación presentada por el promovente sobre el proyecto para determinar si los estudios y programas previstos para el proyecto son adecuados para garantizar la protección de los mamíferos marinos en el GOC.

Nuestro análisis resulta en dos conclusiones principales. Primero, el tránsito de los buques de GNL por el GOC amenaza con convertirse en la principal causa de muerte de grandes ballenas por colisiones. Segundo, el ruido en la fase de construcción de la gasera, así como el ruido de la operación y atraque de los barcos, provocará perturbaciones acústicas y conductual serias. Tanto las colisiones como el ruido del proyecto impactarían a las 30 especies de cetáceos que se distribuyen en la zona, afectando principalmente a las residentes, migratorias y más abundantes como es el rorcual común, rorcual tropical, ballena azul, ballena jorobada, cachalote, orca, delfín de riso y calderón aletas cortas. Las afectaciones a estas especies ocurrirán en toda la ruta de los buques y en particular en la zona de las Grandes Islas. La población residente del rorcual común, considerada como indicadora de la salud del GOC, será la más afectada con el desarrollo de este proyecto.

Cualquier alteración a los patrones de distribución y disminución de la abundancia de las especies objeto del turismo, afectaría negativamente a la economía de las comunidades costeras del GOC: de acuerdo con los datos de SEMARNAT, la derrama económica generada en los últimos 10 años para la ballena jorobada es de \$1,126,943,640.00 (MXN) y para ballena azul \$18,417,921.00 (MXN) (SEMARNAT-DGVS 2024).

Concluimos que el análisis del impacto del proyecto y las medidas de mitigación propuestas en la documentación del proyecto (la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) del 2006 y el Programa de Protección y Conservación de la Biodiversidad (PPCB) publicado en el 2023), son insuficientes para garantizar la protección de mamíferos marinos en el GOC. En contraste con la dimensión de los impactos que conllevaría el proyecto, la MIA presentada por el TGNLS en el 2006 no propone ningún “conjunto de actividades destinadas a disminuir las consecuencias por la ocurrencia de un accidente” (definición de mitigación según la MIA). Lo único que menciona es seguir un principio precautorio como la disminución de la velocidad de los buques cuando transiten por zonas críticas, sin embargo, no indican que velocidad sería esta. Además, la MIA sólo reconoce la región de las Grandes Islas y el Área

Prioritaria Marina Guaymas como zonas críticas, excluyendo los posibles impactos por el tránsito de buques en el resto del golfo.

El Programa de Protección y Conservación de la Biodiversidad (PPCB) muestra deficiencias similares a las de la MIA. Por ejemplo, no aborda adecuadamente el radio de dispersión acústica del ruido que el proyecto emitirá, únicamente toma en cuenta el área de las Grandes Islas y las medidas de protección que propone se basan en información errónea. Mientras tanto, estudios biológicos muestran que las regiones afectadas excluidas en el PPCB, es decir la zona al norte de Puerto Libertad, la región centro del GOC, y el corredor Loreto - Los Cabos, también son de gran importancia para el bienestar de la vida marina y para los cetáceos, tanto residentes como migratorios, en el GOC.

De acuerdo a lo anterior, recomendamos lo siguiente:

- Que no se construya la planta de licuefacción y así evitar la navegación de grandes buques a través de la región de las Grandes Islas;
- Si aun así se decide comenzar con la construcción del proyecto, que se generen los modelos de dispersión acústica con la maquinaria y barcos que se utilizarán durante la construcción, transporte, y atraque del gas, para conocer exactamente el daño que esto generará;
- Asimismo, que se elaboren modelos del potencial impacto de colisiones de las embarcaciones con cetáceos a través de todas las rutas propuestas por el GOC;
- Que se rehaga el análisis de los riesgos y programas de mitigación y monitoreo en la MIA y en el PPCB, actualizando la información presentada en estos documentos y corrigiendo las deficiencias señaladas en el presente informe, para que se cumplan las condicionantes que hizo la DGIRA en el oficio C. S. G. P. A./DGIRA.DDT.2277.06;
- Al volver a desarrollar las medidas de mitigación del proyecto, que se incluyan medidas concretas y efectivas para proteger a mamíferos marinos, como por ejemplo el establecimiento de una velocidad máxima para el tránsito de buques metaneros por el GOC.
- Es necesario que el promovente considere que zonas de alta diversidad, abundancia y regiones críticas para las ballenas (zonas de reproducción, crianza y alimentación), son incompatibles con este tipo de proyecto, por lo que en caso de replantear la ubicación tanto de la gasera como de la ruta de navegación deberán de considerarse los aspectos antes mencionados.

Introducción

Este documento tiene el objetivo de identificar las amenazas a las cuales ballenas y otros grandes mamíferos marinos del Golfo de California (GOC) se enfrentarían en caso de que el proyecto “Terminal GNL de Sonora” (TGNLS, o también llamado Saguario Energía) de Mexico Pacific Limited, LLC se realice en Puerto Libertad, Sonora.

El GOC es considerado un lugar excepcional para el desarrollo de la vida marina y un refugio a nivel mundial para la biodiversidad, albergando cerca de 6,000 especies y subespecies macroscópicas de animales marinos (Brusca *et al.* 2005). Los cetáceos del GOC también son diversos, en la zona se tiene registro de 36 especies que representan 31 % de las especies en el mundo (Urbán *et al.* 2005). Por todo lo anterior, el área del GOC engloba 13 áreas marinas protegidas, 17 humedales de importancia internacional de Ramsar y desde el 2005 forma parte de la Lista del Patrimonio Mundial de la UNESCO (UNESCO, 2005).

Las ballenas son indicadores del, y contribuyen al, bienestar ecológico del GOC, ya que estas tienen un papel importante en el ciclo del carbono y en la fertilización de los océanos. Al vivir y morir en el océano, actúan como sumideros de carbono. Durante su vida absorben grandes cantidades de carbono en sus cuerpos. Al morir, se hunden al fondo del mar, llevando consigo carbono (Pearson *et al.*, 2023). Por otra parte, el excremento de ballenas libera nutrientes como el nitrógeno y el hierro y actúa como fertilizante en aguas superficiales. Estos nutrientes estimulan el crecimiento del fitoplancton, que a través de la fotosíntesis captura una gran cantidad de dióxido de carbono (CO₂) atmosférico (Smetacek y Nicol, 2005).

Además de su importancia ecológica, las ballenas también son de importancia socio-económica. La actividad turística del Avistamiento de Ballenas es una actividad con una importante derrama económica y de generación de empleos. México está dentro de los primeros 10 destinos a nivel mundial para ver ballenas, el primero en Latinoamérica y el segundo en el continente americano (Hoyt e Iñiguez, 2008). Dentro del Golfo de California los principales sitios se ubican en el Estado de Baja California Sur, Sinaloa, Nayarit y Jalisco. Las especies objetivo en el GOC son la ballena jorobada y la ballena azul ambas migratorias.¹ De acuerdo con los datos que los prestadores de servicios turísticos envían a SEMARNAT (SEMARNAT-DGVS 2024), la derrama económica generada en los últimos 10 años para ballena jorobada es de \$1,126,943,640.00 (MXN) y para ballena azul \$18,417,921.00 (MXN) (Tabla 1A, Apéndice 1). El avistamiento también generó unos 9,359 empleos durante este periodo (SEMARNAT-DGVS 2024). Cualquier alteración a los patrones de distribución y disminución de la abundancia de las especies objeto del turismo, afectaría negativamente a

¹ Para este análisis no se considera a la ballena gris pues los sitios principales de observación de esta especie están en la costa Oeste de la península y de acuerdo a la ruta de la MIA 2006, los buques GNL no pasarían por dicha zona.

la economía de las comunidades costeras que cada temporada invernal se dedican exclusivamente a esta actividad.

Metodología

Este informe se realizó a través de la compilación de la información generada por el Programa de Investigación de Mamíferos Marinos (PRIMMA) de la Universidad Autónoma de Baja California Sur, cual lleva estudiando a las ballenas, delfines y sus amenazas en el GOC desde hace más de 35 años. Con los datos del PRIMMA se elaboraron mapas de distribución de las especies de cetáceos en el GOC y se traslaparon con las rutas de navegación propuestas en la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) 2006, la cual fue realizada para una planta de regasificación de gas natural licuado, no para los presentes planes de TGNLS que abarcan construir una planta de licuefacción.² Nuestros mapas visibilizan las zonas de riesgo de colisión. Además, se hizo una revisión bibliográfica sobre el impacto que tiene el tráfico marino en los cetáceos (colisiones y ruido), en particular los barcos tipo GNL, que son los que se proponen utilizar en el proyecto.

Importancia del GOC

Biodiversidad del Golfo en general

El GOC se ubica entre los 20° y 32° de latitud Norte, y entre los -105° y los -115° de longitud Oeste. Es una cuenca alargada y estrecha de *ca.* 1400 km de largo y 150 km de ancho, con alta productividad (Álvarez-Borrego y Gaxiola-Castro 1988). Está limitado por los estados mexicanos de Sonora, Sinaloa y Nayarit al este, la península de Baja California al oeste y el delta del río Colorado al norte (México-Estados Unidos). Los vientos inducen una circulación superficial de gran escala, y debido al patrón de estos vientos se forman sólo dos temporadas: la cálida influenciada por los giros ciclónicos (junio-noviembre) y la templada donde predominan los giros anticiclónicos (noviembre-mayo) (Lavín *et al.* 1997; Marinone 2003).

El GOC es reconocido como un punto crítico de biodiversidad marina (Roberts *et al.* 2002). Se han descrito casi 6,000 especies marinas macroscópicas (4,854 invertebrados y 1,115 vertebrados, incluidos 801 teleósteos y 87 elasmobranquios), de las cuales alrededor del 16% son endémicas al GOC (Brusca *et al.* 2005), lo cual lo convierte en uno de los 10 principales ecosistemas del mundo para especies endémicas (Roberts *et al.* 2002). Dentro de esta diversidad biológica se encuentran especies en peligro de extinción o bajo algún régimen de protección especial según la Norma Mexicana NOM-059.

² La MIA del 2006 describe una planta de regasificación de GNL y no licuefacción de GNL. Así mismo el proyecto de la MIA del 2006 describe un proyecto mucho más pequeño que lo propuesto hoy. Por lo tanto, los impactos de la planta de licuefacción propuesta serían distintos y mayores a la planta de regasificación.

Para proteger y conservar la riqueza de ecosistemas y especies marinas del GOC se han decretado 13 áreas marinas protegidas con una superficie de 2,637,887 Ha. Asimismo, 17 áreas Ramsar se encuentran bajo diferentes decretos de conservación como: Zonas Ecológicas de México, Unidades de Manejo para el Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre, Sitios Prioritarios Marinos para la Conservación de la Biodiversidad, Sitios Prioritarios Epicontinentales de la Biodiversidad, Regiones Marinas Prioritarias de México y ANP's. Las Islas del GOC fueron declaradas Bien Patrimonio Mundial por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO desde el 2005).

Los mamíferos marinos que se distribuyen de GOC pertenecen a los órdenes Cetacea (29 especies de 21 géneros y siete familias), Carnívora (cinco especies de cinco diferentes géneros y tres familias) y Quiróptera (una especie). En resumen, el GOC es una de las regiones de mayor riqueza de mamíferos marinos del mundo (Urbán *et al.* 2005).

Biodiversidad de cetáceos

El GOC es particularmente importante para las ballenas barbadas: de las 15 especies reconocidas en el mundo 8 de ellas están registradas en el GOC (véase Tabla 1). Entre estas se encuentra el rorcual común (*Balaenoptera physalus*) (Bérubé *et al.* 2002; Urbán *et al.* 2005) que de acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) se ubica en la categoría de Vulnerable, y el rorcual tropical (*B. edeni*) con categoría de Preocupación Menor (Breese y Tershy 1987; Dizon *et al.* 1996). Ambas especies tienen poblaciones residentes, es decir poblaciones que viven todo el año dentro del GOC y realizan todo su ciclo de vida ahí, por lo que cualquier alteración al ambiente puede ser fatal para dichas poblaciones (UICN 2024). También están presentes poblaciones de tres especies de ballenas migratorias, la ballena azul (*B. musculus*) en categoría de En Peligro y la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) en categoría de Preocupación Menor (UICN 2024). Ambas especies migratorias permanecen en el GOC de noviembre a mayo. La ballena gris (*Eschrichtius robustus*), que también es una especie migratoria en categoría de Preocupación Menor, se puede encontrar en la costa de la región de Los Cabos en inviernos fríos (Temperatura Superficial del Mar menor a 22 grados) y en todos los inviernos en las lagunas de la costa occidental de la península de Baja California de enero a marzo (UICN 2024). Además, se observan dos especies infrecuentes: la ballena de sei (*B. borealis*) en categoría de En Peligro y la ballena Minke (*B. acutorostrata*) en categoría de Preocupación Menor (UICN 2024). Otra especie presente pero rara, es la ballena franca del norte (*Eubalaena japonica*) en categoría de En Peligro (UICN 2024). Es precisamente la protección que el GOC ofrece lo que ha proveído refugio a especies de grandes ballenas de presiones antropogénicas y ambientales.

En cuanto a las especies de odontocetos, de las 79 especies reconocidas en todo el mundo, se han registrado 22 en el GOC, de las cuales nueve son comunes (véase Tabla 1), es decir se distribuyen en todo el GOC durante todo el año. Estas son el cachalote (*Physeter macrocephalus*), cachalote pigmeo (*Kogia breviceps*), cachalote enano (*K. sima*), delfín de Risso (*Grampus griseus*), calderón aletas cortas (*Globicephala macrorhynchus*), delfín tonina (*Tursiops truncatus*), delfín común rostro corto (*Delphinus delphis delphis*) y delfín

común rostro largo (*D. delphis bairdii*) y orcas (*Orcinus orca*). Otras especies también están presentes todo el año, pero son poco comunes como el zifido pigmeo (*Mesoplodon peruvianus*), zifido de Blainville (*Mesoplodon densirostris*), zifio de Cuvier (*Ziphius cavirostris*), zifido de Longman (*Indopacetus pacificus*), orca pigmea (*Feresa attenuata*). Especies que están presentes principalmente en verano incluyen la orca falsa (*Pseudorca crassidens*), delfín manchado pantropical (*Stenella attenuata*), delfín tornillo (*Stenella longirostris*), delfín de dientes rugosos (*Steno bredanensis*). Finalmente, hay una especie que está presente sólo en el invierno al sur del GOC, el delfín de costados blancos (*Lagenorhynchus obliquidens*).

Los impactos provocados por este proyecto, tanto en su fase de construcción y operación de la planta como el tránsito de las embarcaciones a través del GOC, representa un riesgo para las 30 especies antes mencionadas. El rorcual común, el rorcual tropical, la ballena azul, la ballena jorobada, el cachalote, el calderón aletas cortas y la orca son las especies que presentan el mayor riesgo de colisiones con los buques GNL. Derivado de esta preocupación, enfocamos nuestro análisis en estas siete especies. En el Apéndice 2 incluimos toda la información biológica y de distribución de estas siete especies.

Tabla 1. Cetáceos frecuentemente observados en el Golfo de California

Especie	Designación UICN	Residente o Migratorio
Ballenas Barbadas		
Rorcuales comunes (<i>Balaenoptera physalus</i>)	Vulnerable	Población residente
Rorcuales tropicales (<i>Balaenoptera edeni</i>)	Preocupación menor	Población residente
Ballena azul (<i>Balaenoptera musculus</i>)	En peligro	Migratoria
Ballena jorobada (<i>Megaptera novaeangliae</i>)	Preocupación menor	Migratoria
Odontocetos		
Cachalote (<i>Physeter macrocephalus</i>)	Vulnerable	Residente
Cachalote pigmeo (<i>Kogia breviceps</i>)	Preocupación menor	Residente
Cachalote enano (<i>Kogia sima</i>)	Preocupación menor	Residente
Orcas (<i>Orcinus orca</i>)	Datos insuficientes	Residente
Calderón de aletas cortas (<i>Globicephala macrorhynchus</i>)	Preocupación menor	Residente
Delfín de riso (<i>Grampus griseus</i>)	Preocupación menor	Residente
Delfín tonina (<i>Tursiops truncatus</i>)	Preocupación menor	Residente

Delfín común rostro corto (<i>Delphinus delphis delphis</i>)	Preocupación menor	Residente
Delfín común rostro largo (<i>Delphinus delphis bairdii</i>)	NA	Residente

Amenazas de colisiones y ruido a las ballenas en el GOC

Las amenazas actuales para las ballenas en el GOC son las mismas que ocurren en todo el mundo, es decir las colisiones con embarcaciones, enredamientos (Laist *et al.* 2001), ruido antropogénico (Erbe *et al.* 2018) y las problemáticas causadas por el deterioro de su hábitat y cambio climático, como es la disminución del alimento, la contaminación del mar, enfermedades, entre otras (Guerrero *et al.* 2006, IWC 2024).

La diferencia con otras regiones del mundo es que bajo las condiciones actuales del GOC, la intensidad de estas amenazas todavía se puede considerar baja, es decir, las evidencias que se tiene para el GOC son que los eventos de colisión que ocurren son con embarcaciones pequeñas, tipo panga, y se sabe que estas no son letales (Jiménez 2019). En contraste, los riesgos de colisiones letales son, por ahora, relativamente mayores en otras partes del mundo donde hay más buques grandes. Por ejemplo, en la costa este de Estados Unidos y Canadá, en 15 años se contabilizaron 70 ballenas muertas, es decir un promedio por año de 4.4 (DE \pm 3.6), y de las 70 sólo a 43 se les determinó la causa de muerte, donde el 33% fue por colisiones (Sharp *et al.* 2019). Son estas presiones relativamente bajas que hacen del GOC un refugio excepcional para la vida marina en una escala global, por lo que desde el 2005 las islas y áreas protegidas son parte de la Lista del Patrimonio Mundial de la UNESCO.

El proyecto TGNLS significaría un cambio drástico en el paisaje y dinámica del GOC. El TGNLS propone construir una planta almacenadora y procesadora de Gas Natural Licuado en Puerto Libertad, Sonora y su transportación por el GOC. Esto implica la colocación de pilotes para la construcción del muelle, lo que provocará de manera temporal, pero no menos importante, niveles de ruido que pueden ocasionar desde cambios de comportamiento hasta lesiones auditivas en los cetáceos, y esta es una zona que es particularmente importante para la alimentación del rorcual común, rorcual tropical y ballena azul. Otro cambio significativo es la entrada al GOC de buques GNL que miden al menos 300 m de eslora, y su tránsito a través de casi todo lo largo del GOC, hasta Puerto Libertad. Esto representa una amenaza letal para todas las ballenas en el área, tanto para las especies residentes como para las especies migratorias.

Mientras todas estas amenazas son serias en sí, y más allá en sus efectos acumulativos, aquí enfocamos nuestro análisis en las amenazas de colisiones y ruido, y cómo estas aumentarían en el GOC como resultado del Proyecto.

Colisiones

Una colisión con una embarcación es un golpe de una embarcación con un animal marino, especialmente cetáceos (NOAA 2023). La mayoría de los informes de colisiones involucran a grandes ballenas, pero todas las especies pueden verse afectadas (Schoeman *et al.* 2020). Estas colisiones ocurren en áreas donde las especies se concentran para alimentarse o reproducirse, o transitar estacionalmente (Laist *et al.* 2001), como lo que ocurre en el GOC, en particular la región de las Grandes Islas y costas frente a Puerto Libertad.

El incremento de la intensidad de esta amenaza es una relación directa entre el número de ballenas y número de embarcaciones, es decir entre más ballenas en una zona y más tráfico marino, las probabilidades de colisión también aumentan, afectando a las poblaciones de cetáceos (IWC 2022). Los tipos de buques implicados en las colisiones pueden ser grandes petroleros, buques de la armada, cargueros, cruceros, embarcaciones de avistamiento de cetáceos y yates, etc., (Laist *et al.* 2001; Jensen *et al.*, 2004; Panigada *et al.* 2006; Van Waerebeek *et al.* 2007).

El resultado de las colisiones de ballenas con embarcaciones puede ser letal o bien pueden ocasionar lesiones graves, incluidas fracturas de huesos, hemorragias o laceraciones por la hélice (Campbell-Malone *et al.* 2008). El registro de los eventos, así el tipo de lesión que causan las colisiones no es sencillo, ya que puede ocurrir en mar abierto, no siempre se pueden ver, no todas las ballenas muertas se detectan (particularmente en aguas costeras) y la causa de la muerte de los cadáveres que se recuperan no siempre se puede determinar debido a la descomposición (Henry *et al.* 2012). A pesar de la carencia de datos, actualmente se reconoce que las colisiones son una de las amenazas más graves para grandes ballenas, por lo que el poder predecir sitios y especies con mayor riesgo a una colisión es fundamental para la conservación de las poblaciones y en algunos casos de la especie.

La mayoría de las evaluaciones de colisiones con barcos se centran en la estimación del riesgo mediante el grado de superposición espacio-temporal en el hábitat de las ballenas y el tráfico marino (Redfern *et al.* 2020). Sin embargo, algunos aspectos conductuales de cada especie deben ser tomados en cuenta para la modelación, ya que ciertas conductas pueden determinar el grado de vulnerabilidad de cada especie. Todas las ballenas son vulnerables a una colisión siempre que están cerca de la superficie para respirar, pero algunas especies son más vulnerables que otras. Por ejemplo, los misticetos aumentan su capacidad de flotabilidad durante la etapa final del ascenso de una inmersión, lo que reduce su capacidad para cambiar bruscamente su trayectoria en superficie (Williams *et al.* 2000; Nowacek *et al.* 2001), o en caso de los cachalotes, después de hacer una inmersión larga, pasan periodos prolongados (30 minutos aproximadamente) en superficie recuperándose de esta inmersión, en ese estado es poco probable que puedan evadir una embarcación (Kraus *et al.* 2005). El rorcual común es una especie menos conocida para los marineros y es más difícil de rastrear, entre otras razones, por la rapidez de su nado, la duración de su inmersión y la tendencia a sumergirse sin presentar su aleta caudal (Ford 2014).

También, se sabe que la ballena azul, la jorobada y el rorcual común presentan patrones de buceo relacionados con el ciclo día/noche: las tres especies de ballenas pasan más tiempo en la superficie durante la noche que durante el día (Calambokidis *et al.* 2019). La profundidad de buceo también cambia según la hora del día, esto es, durante el día la profundidad de buceo de estas tres especies oscila entre los 30 -80 m, y durante la noche cambian a 11.5 a 13.6 m de profundidad (Keen *et al.* 2019; Calambokidis *et al.* 2019). Estos cambios de conducta aumentan la probabilidad de colisión durante la noche, ya que pasan más tiempo en superficie y sus buceos poco profundos coloca a las ballenas en zonas de impacto con la quilla de los barcos o de golpes con la hélice (Keen *et al.* 2019; Calambokidis *et al.* 2019).

Además de los patrones de buceo, la vulnerabilidad ante las colisiones está influenciada por cuándo y cómo reacciona una ballena ante un barco que se acerca. En algunos casos las ballenas no presentan conductas evasivas ante embarcaciones (McKenna *et al.* 2015). Exactamente no se sabe porque evaden o no a las embarcaciones, pero en esta discusión se debe tomar en cuenta la experiencia de las ballenas ante las embarcaciones (Keen *et al.* 2019). En este sentido las ballenas residentes del GOC nunca han estado frente a embarcaciones tipo GNL, por lo que este es un elemento por considerar durante los primeros años de operación del proyecto. Algunas especies migratorias están expuestas al ruido y tráfico marino de sus áreas provenientes y de su ruta migratoria, pero igual que las residentes no están acostumbradas a llegar a una zona de elevado tráfico y ruido marino – es decir, el GOC dejaría de ser una zona adecuada para la reproducción y/o alimentación, según sea la especie.

Además de lo antes mencionado en los modelos de vulnerabilidad de colisión por especie se debe incluir, no sólo la densidad y la hora del día, sino también la conducta: alimentación, tránsito, reproducción y descanso, ya que estos comportamientos pueden reducir la atención a los sonidos ambientales (Dolman *et al.* 2006). Además, se debe tomar en cuenta la temporada, y hasta la clase de edad (Currie *et al.* 2023). En el caso de las crías, por ejemplo, se aumenta el riesgo porque pasan más tiempo en la superficie para respirar que los adultos, salen a la superficie a menudo sin la madre, son menos visibles que los adultos y son relativamente ingenuos en las interacciones con los buques (Laist *et al.* 2001).

Contexto de colisiones actuales en el GOC

Para el GOC actualmente no se ha desarrollado ningún modelo de predicción de la tasa de colisiones con barcos. Por eso, no se sabe a ciencia cierta cuántos cetáceos son afectados anualmente, ni el cómo mueren los animales después de una colisión. Sin embargo, para otras regiones sí se han hecho varios modelos que pueden servir como ejemplo aplicable a lo que podría ocurrir en el GOC, ya que el comportamiento y la vulnerabilidad de las ballenas ante las embarcaciones es similar en cualquier parte del mundo. Ejemplos de estos modelos son los desarrollados para la región de Columbia Británica, Canadá (Keen *et al.* 2023), donde indican que para 2030, los encuentros entre ballenas, en particular jorobada y rorcual común, y cualquier tipo de embarcación se podrían triplicar, pero el incremento más extremo sucedería con los barcos grandes (con eslora > 180 m). Es de resaltar que estos modelos predicen que la mayor fuente de riesgo de mortalidad es con embarcaciones tipo GNL, es decir los mismos que se propone naveguen en el GOC, lo que resulta alarmante para todos

los cetáceos. Para las especies residentes se enfrentarían a una amenaza nueva y letal. Para el caso de las migratorias el GOC dejaría de ser un área adecuada para la reproducción y además se les sumaría el estrés al que ya se enfrentan en toda su ruta migratoria. Para la ballena azul en particular, el proyecto afectaría una zona importante de alimentación.

En este momento para el GOC no existe un registro completo de colisiones de ballenas con grandes embarcaciones. Las colisiones pueden producirse durante la noche o en condiciones meteorológicas adversas. Los vientos y las corrientes tienen que ser favorables para que un cadáver encalle y se haga notar en una playa accesible. Los animales muertos a causa de una colisión suelen ir a la deriva y finalmente se hunden en el fondo, y en los animales varados, la causa de la muerte no siempre es fácilmente identificable (Ritter y Panigada, 2019). Por lo tanto, en caso de un evento de colisión letal de estas especies tiene pocas probabilidades de ser detectado. Sin embargo, aun cuando actualmente no tenemos registros para el GOC de colisiones entre ballenas y barcos mayores a 30 m de eslora, sin duda todas las ballenas son vulnerables a una colisión.

La información que se tiene para el GOC deriva de un estudio del 2019 desarrollado por el PRIMMA, donde se identifican, para cuatro especies de cetáceos (rorcual común, rorcual tropical, orcas y calderón aletas cortas), eventos de colisiones en el GOC³ a partir del análisis de fotografías tomadas de las especies del 2004-2017, en las que se identificaron que algunos individuos presentaban cicatrices de lesiones. Estas cicatrices fueron clasificadas según su tipo, profundidad y morfología. El resultado del estudio indica que, de las cuatro especies estudiadas, las colisiones fueron más frecuentes en los rorcuales comunes y por el tipo, profundidad y morfología de cicatriz que presentaron los individuos, se sugiere que fueron con embarcaciones tipo panga. Este resultado está relacionado con el hecho de que la mayor cantidad de embarcaciones que transitan actualmente en el GOC está dedicada a la pesca ribereña. Por ejemplo, entre Sonora y Sinaloa suman al menos 15,000 embarcaciones menores (CONAPESCA 2017). Estudios de modelación sobre afectación de colisiones y barcos tipo GNL indican que son letales (Keen *et al.* 2023), y sería complicado contar con el registro ya que al morir varias especies de ballenas afectadas se hunden.

Tráfico marino actual en el GOC

³ Los datos del estudio de Jiménez, el único estudio reciente que analiza las colisiones en el GOC, son de la reunión de información de dos fuentes: 1) Registros en diferentes medios de comunicación como periódicos regionales (sudcaliforniano y Peninsular digital), notas científicas, reportes técnicos de la Procuraduría de Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), de las diferentes capitanías de puerto y de la RABEN; y 2) por medio de revisión del acervo fotográfico de 2004 al 2017 con el que cuenta el PRIMMA (los animales que sobreviven a un evento de enredamiento o colisión generalmente tienen cicatrices de las lesiones en el cuerpo) (Jiménez 2019). Esta técnica se ha utilizado anteriormente para ballena jorobada (Robbins y Mattila, 2004) y rorcual común (Panigada *et al.* 2006).

La intensidad de tránsito en el GOC de los diferentes tipos de embarcaciones y diferentes rutas marítimas se puede observar en la información disponible de la plataforma Marine Traffic (<https://www.marinetraffic.com>) (Fig. 1). La mayor intensidad de tráfico se encuentra en la parte sur del GOC. Este tráfico está asociado a las rutas de la empresa Baja Ferries, que transporta personas y mercancías, estos barcos miden un máximo 198 m de eslora y representan los de mayores dimensiones dentro del GOC. La empresa tiene dos rutas, La Paz - Mazatlán, Sinaloa (6 viajes por semana), y La Paz -Topolobampo en Sonora (14 viajes por semana). Otra ruta de tránsito de embarcaciones mayores es la del Puerto Guaymas, Sonora, el cual atiende a buques grandes, de máximo 200 m de eslora, que transportan mercancías agrícolas, minerales, cementos e hidrocarburos, además es terminal de cruceros turísticos (Dripcapital 2022; Puerto de Guaymas 2024). A pesar del tránsito antes descrito, las rutas de navegación de todos los barcos ocurren en zonas lejanas a los puntos de mayor concentración de ballenas (Fig. 1).

Es importante resaltar que la zona de Puerto Libertad donde se propone la construcción del proyecto TGNLS es una de las zonas del GOC que actualmente tienen el menor tráfico marino y la mayor concentración de ballenas, así como hábitats esenciales para su ciclo de vida.

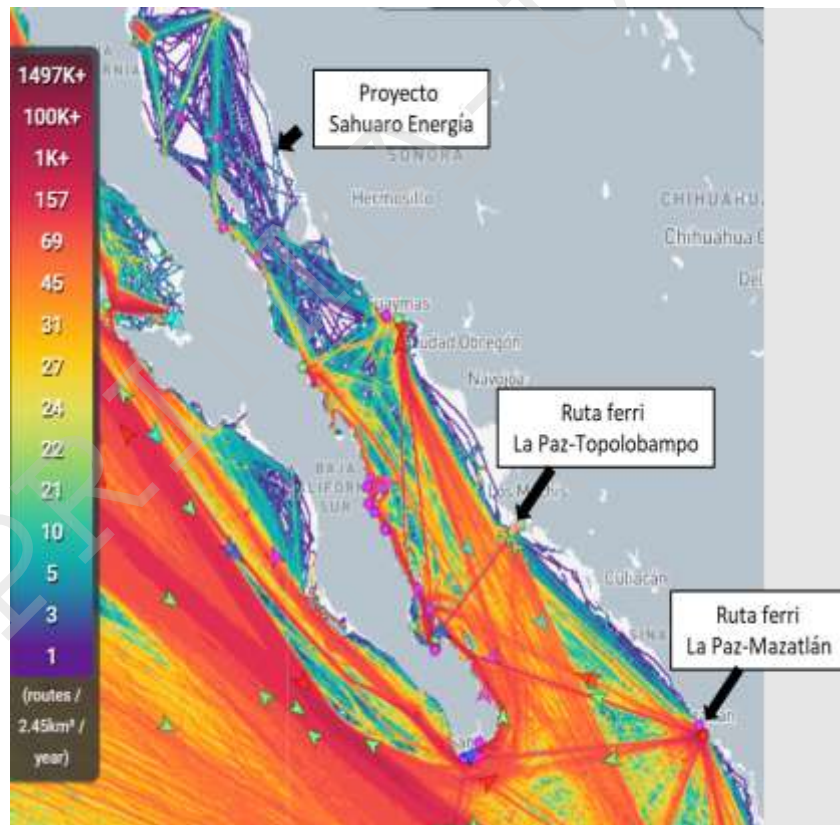


Figura 1. Densidad del tráfico marino durante el 2022 en el GOC. <https://www.marinetraffic.com>

Modelos de predicción de riesgo de colisiones de grandes ballenas con embarcaciones tipo GNL

Los buques GNL, también llamados metaneros, son embarcaciones dedicadas exclusivamente a transportar GNL (LNG por sus siglas en inglés). Si bien se fabrican varios modelos, en general estos barcos miden alrededor de 300 m de eslora, 50 m de manga y tienen aproximadamente 12 m de calado; y pueden alcanzar una velocidad promedio de 19.5 nudos.

Para el GOC actualmente no se ha desarrollado ningún modelo de predicción de la tasa de colisiones con barcos, y en la MIA tampoco se propone como un objetivo a futuro, por lo que consideramos que este modelo debe ser desarrollado por el promovente previo a la posible autorización, construcción y operación del proyecto.

Por lo pronto, se cuenta con modelaciones para otras regiones del mundo, donde se proponen desarrollar terminales de GNL y su transporte, tal como está ocurriendo en el GOC con el TGNLS. Uno de estos estudios es el desarrollado para la Columbia Británica, Canadá (Primera Nación Gitga'at), donde modelan la tasa de colisión entre rorcual común y la ballena jorobada y barcos en general y en particular con barcos tipo GNL. El estudio indica que para 2030, con el aumento en tráfico marino existente y una nueva terminal de exportación de GNL, los encuentros con ballenas se podrían triplicar para la mayoría de los tipos de embarcaciones. El incremento más extremo sucedería con los barcos grandes (con eslora > 180 m), pues las coincidencias entre barcos grandes y ballenas se incrementarían 30 veces (Keen *et al.* 2023). Los autores prevén que, en la zona, en la próxima década, la mortalidad por colisiones con barcos aumentará 2.3 veces para el caso del rorcual común y 3.9 veces para las ballenas jorobadas, es decir, 2 y 18 muertes por año respectivamente. Tales valores representan pérdidas insostenibles que podrían agotar poblaciones de ambas especies en la región estudiada. Es de resaltar que los modelos predicen que la mayor fuente de riesgo de mortalidad para grandes ballenas en 2030, será con barcos tipo GNL. Las opciones de mitigación sugeridas por los autores son que el límite de velocidad para todos los buques grandes sea de 10 nudos, pero que la mejor medida para garantizar la mitigación serían las restricciones estacionales al tráfico de GNL (Keen *et al.* 2023).

Distribución de cetáceos en el GOC y su traslape con la ruta de navegación propuesta por TGNLS

La MIA propone dos rutas para el paso de los metaneros por las Grandes Islas: una es entre isla Tiburón e isla San Esteban y la otra entre isla San Esteban e isla San Lorenzo (Fig. 2, pág. 510 de la MIA).

Aunque la MIA no contiene una modelación predictiva de colisiones provocadas por los barcos tipo GNL, se puede aproximar el riesgo al traslapar los registros de avistamientos de las tres especies con mayor riesgo de colisión (rorcual común, rorcual tropical, y ballena azul) con las rutas de los barcos tipo GNL propuestas en la MIA (Fig. 3).

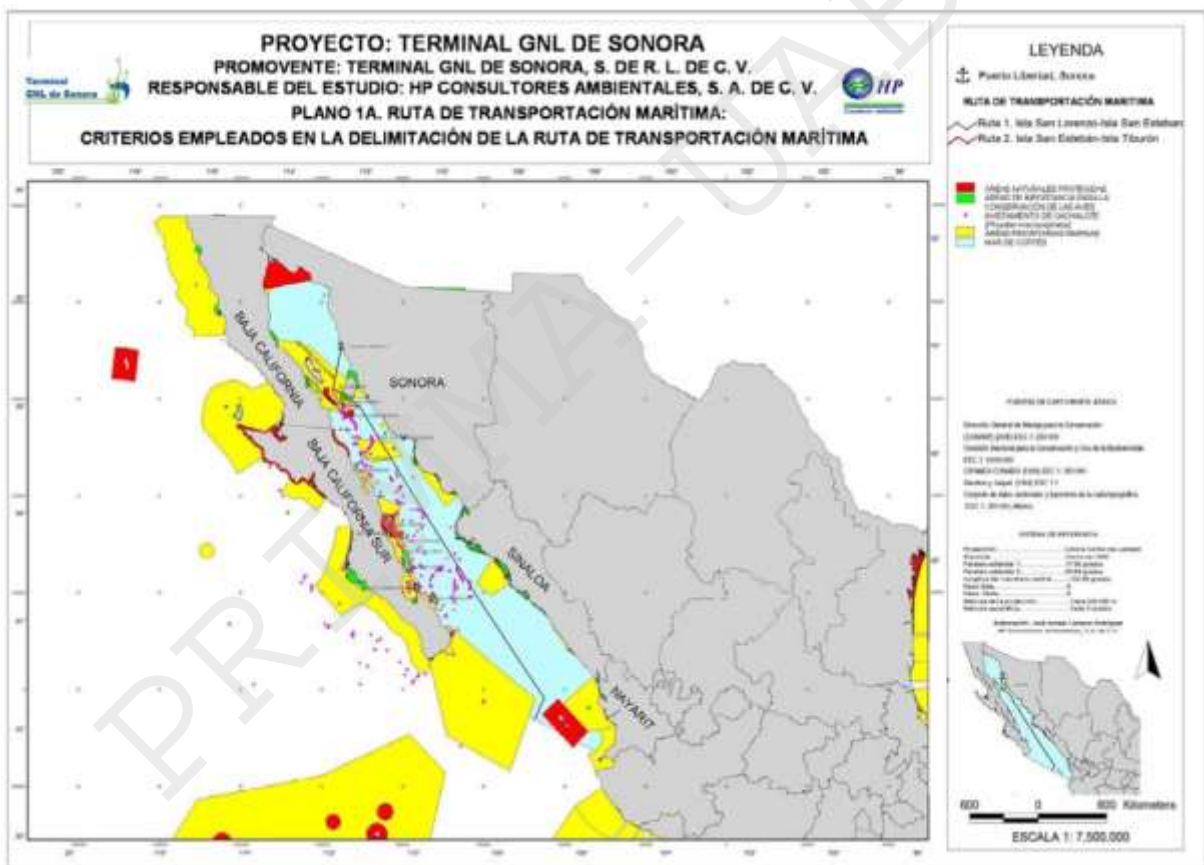


Figura 2. Las dos rutas propuestas para buques GNL en el MIA de 2006 del proyecto TGNLS.

El resultado de este traslape observamos que la zona de las Grandes Islas y costas frente a Puerto Libertad pueden ser sitios de alto riesgo para estas especies si el proyecto avanzara. Es importante mencionar que en particular estas tres especies, que se distribuyen a todo lo largo del GOC, se han registrado en la región frente a Puerto Libertad, y en el caso de las

ballenas azul y rorcual común, la actividad principal que realizan en la zona es la alimentación.

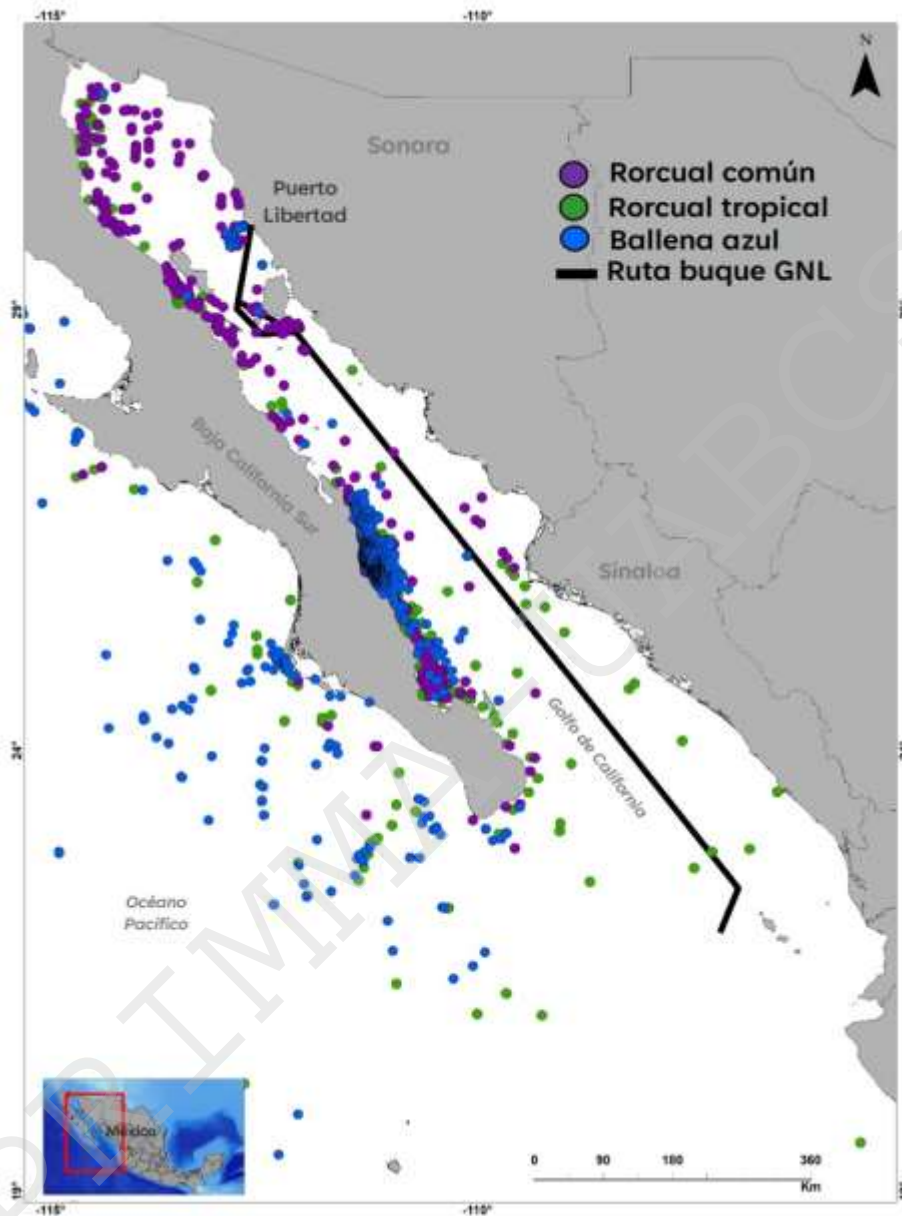


Figura 3. Avistamientos de tres especies de ballenas: rorcual común (*Balaenoptera physalus*), rorcual tropical (*Balaenoptera edeni*) y ballena azul (*Balaenoptera musculus*) y las dos rutas propuestas para buques GNL en la MIA de 2006 del proyecto TGNLS.

Debido a que el rorcual común es una de las especies más vulnerables a colisiones con embarcaciones y que en el GOC existe una población residente, se traslaparon mapas de idoneidad de hábitat para el rorcual común (Jiménez 2019) y las rutas propuestas en la MIA.

El resultado indica que el rorcual común se encuentra todo el año en la región de Puerto libertad y de las Grandes Islas (Fig. 4), lo cual confirma que sería una de las especies más afectadas por el proyecto TGNLS.

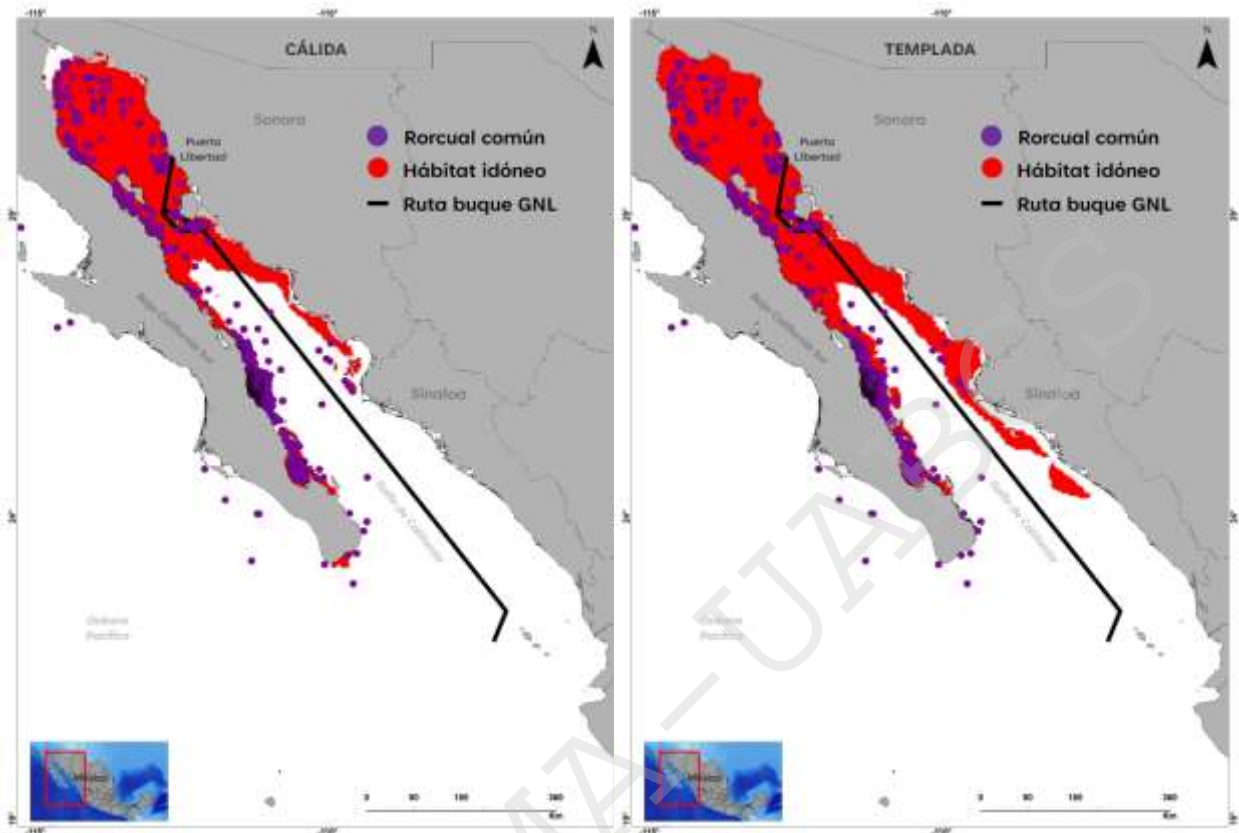


Figura 4. Áreas idóneas de distribución del rorcual común (*Balaenoptera physalus*) en temporada cálida (izquierda) y en temporada templada (derecha). Las líneas negras al centro del golfo representan las dos rutas propuestas para buques GNL en la MIA de 2006 del proyecto TGNLS.

Al traslapar los registros de avistamientos de las especies de odontocetos que se distribuyen en el GOC observamos que, en la zona entre Isla Tiburón, Isla San Esteban e Isla San Lorenzo hay una agregación importante de cachalotes, calderón aletas cortas, orcas, cachalotes enanos y el delfín tonina (Figura 5) por lo que consideramos que cualquiera que fuera la ruta elegida, incluyendo las dos rutas que propone el promovente, causaría efectos a las poblaciones de estas especies.

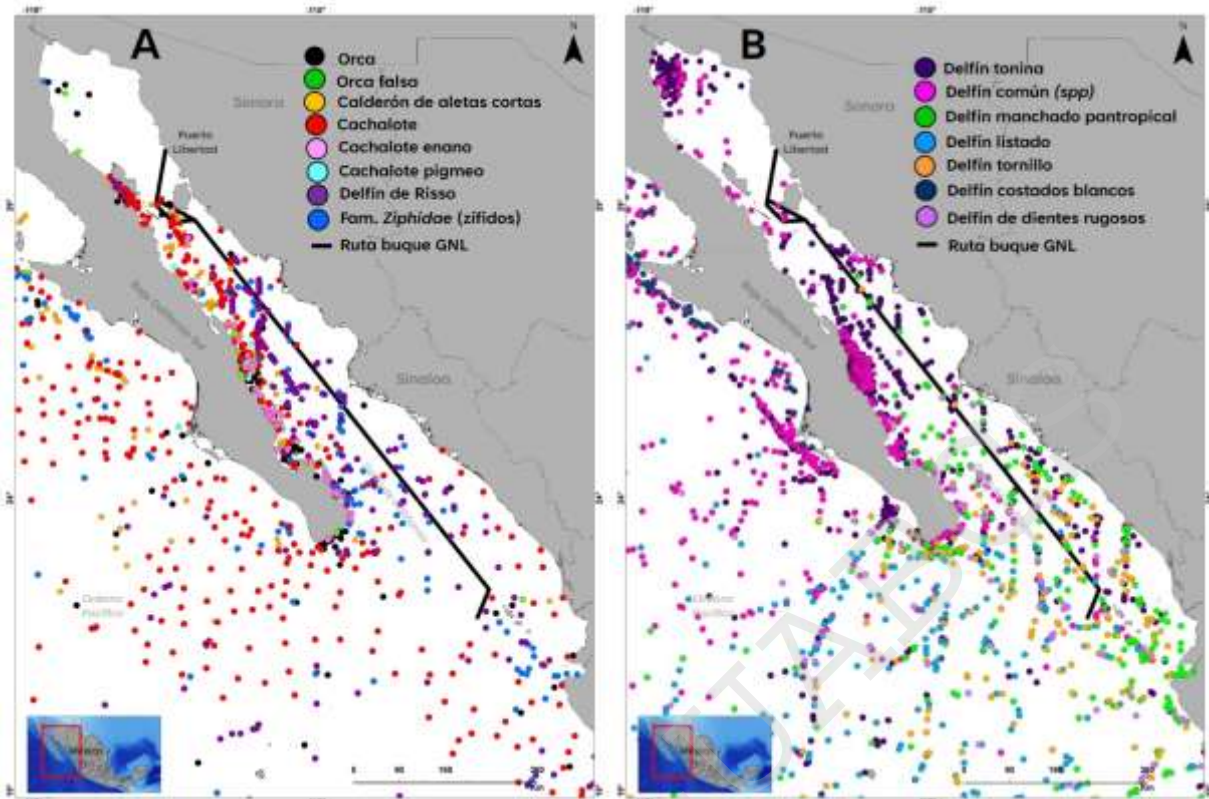


Figura 5. Avistamientos de odontocetos: **A)** orca (*Orcinus orca*), orca falsa (*Pseudorca crassidens*), calderón de aletas cortas (*Globicephala macrorhynchus*), cachalote (*Physeter macrocephalus*), cachalote enano (*Kogia sima*), cachalote pigmeo (*Kogia breviceps*), delfín de Risso (*Grampus griseus*), familia Ziphiidae (zífidos); **B)** delfín tonina (*Tursiops truncatus*), delfín común (*Delphinus spp.*), delfín manchado pantropical (*Stenella attenuata*), delfín listado (*Stenella coeruleoalba*), delfín tornillo (*Stenella longirostris*), delfín costados blancos (*Lagenorhynchus obliquidens*), delfín de dientes rugosos (*Steno bredanensis*), y las dos rutas propuestas de tránsito de los buques GNL.

Otra especie que se afectaría es la ballena jorobada, pues los sitios de agregación más importantes por el número de ballenas, son la costa que va desde Los Cabos hasta la bahía de Loreto en B. C. S., Mazatlán Sinaloa, y la bahía de Banderas Nayarit (Fig. 7a). En su migración de la región de los Cabos a Mazatlán y/o bahía de Banderas Nayarit se sabe por trayectorias de marcas satelitales que atraviesan el GOC (Fig. 7b) (Urbán *et al.*, 2017). La introducción de tráfico de buques metaneros convertiría esta zona de migración en una zona de riesgo para la especie.

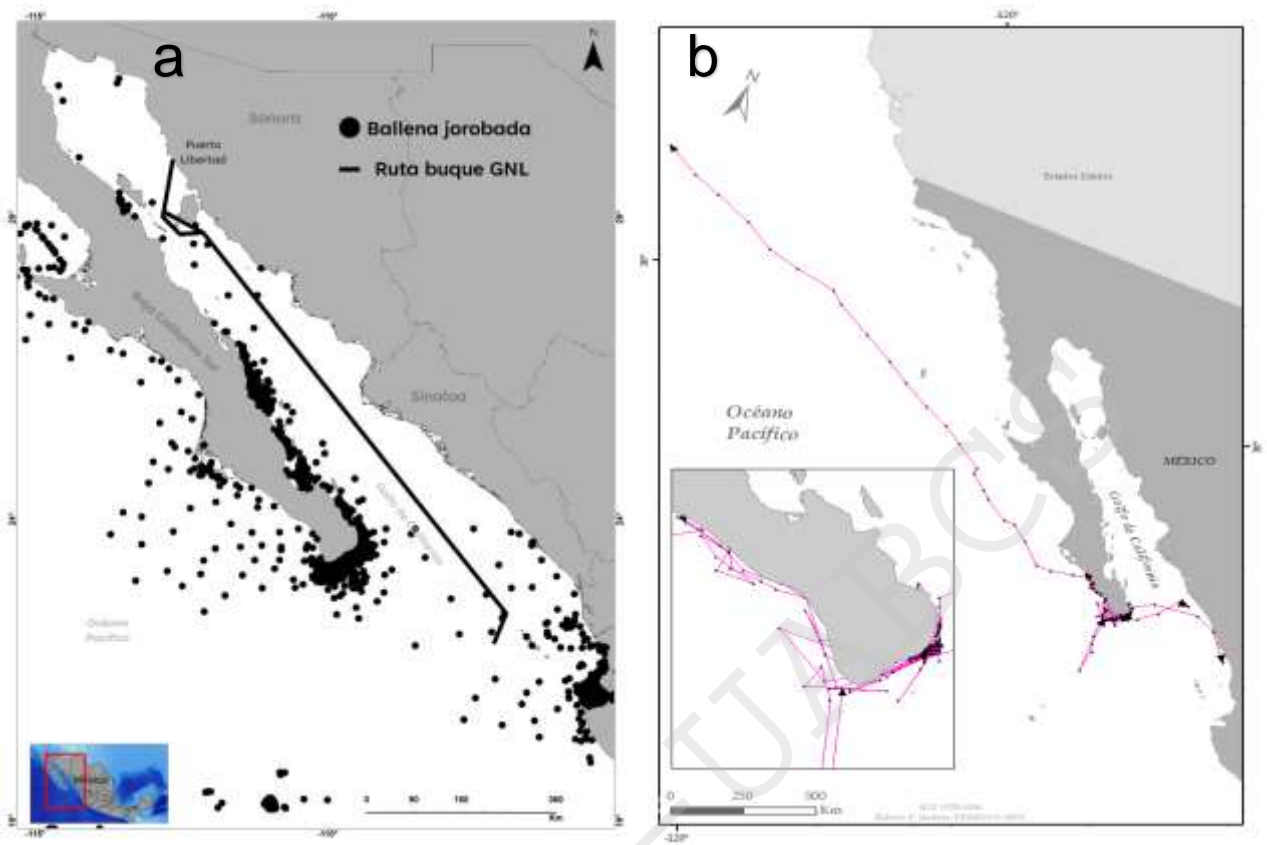


Figura 7. a) Avistamientos de ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) en el GOC. b) La línea rosa es la suma de las trayectorias de marcas satelitales colocadas a 7 madres de ballena jorobada (Urbán *et al.*, 2017).

Además, al traslapar las dos rutas propuestas en la MIA con avistamientos de los cetáceos más abundantes en la zona, como son rorcual común (*Balaenoptera physalus*), rorcual tropical (*B. edeni*), ballena azul (*B. musculus*), cachalote (*Physeter macrocephalus*), calderón de aletas cortas (*Globicephala macrorhynchus*), delfín de Risso (*Grampus griseus*), delfín tonina (*Tursiops truncatus*) y delfín común (*Delphinus spp*), (Fig. 8), **concluimos que ninguna de las dos es una opción para mitigar daño a las poblaciones de grandes ballenas, pues ambas rutas representan amenazas letales de colisión para grandes ballenas y de perturbación acústica para todas las especies.**

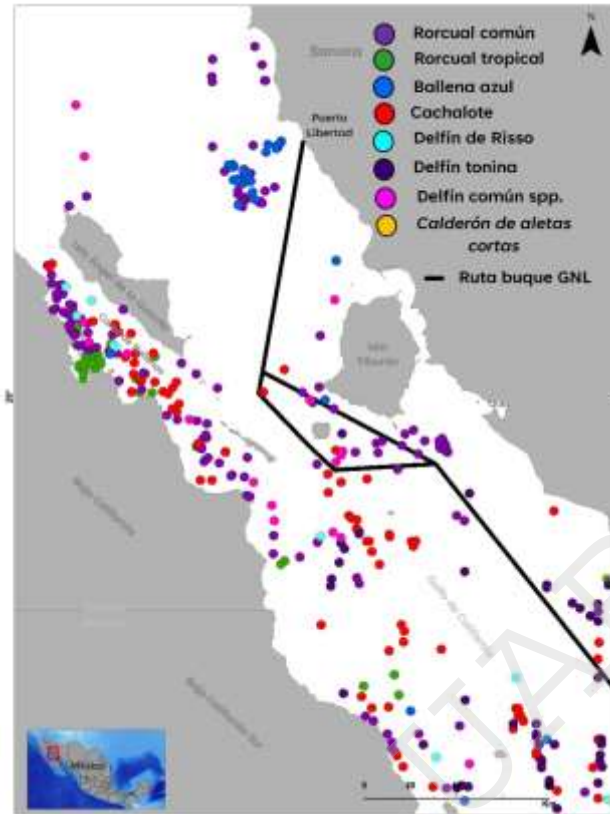


Figura 8. Avistamientos de los cetáceos más abundantes en la zona de las Grandes Islas y las dos rutas propuestas de tránsito de los buques tipo GNL entre las islas.

En resumen, la MIA concluye que medidas de mitigación eficaz para reducir impactos de los buques en los cetáceos es la combinación de evitar las zonas con altas concentraciones de cetáceos y reducir la velocidad (pág. 447). Adicionalmente, por un lado, la MIA discute como los buques metaneros “casi no tienen capacidad de maniobra” lo cual “dificulta cualquier método de acción” para evadir una colisión (pág. 447). El PPCB, por el otro lado, sugiere el uso observadores para identificar ballenas en el área y evadirlas. Lo que no queda claro es como estos observadores, o cualquier otro método de avistamiento de ballenas, serían útiles para evadir ballenas sin una disminución significativa de la velocidad de los buques de manera preventiva, ya que, dado el tamaño de los buques, maniobras de evasión requieren grandes distancias y tiempo (Schoemann *et al.* 2010). Pero tanto la MIA como el PPCB omiten mencionar que velocidad sería la apropiada para evitar colisiones con ballenas en el área.

Tanto en la MIA como el PPCB no se reconoce que es imposible trazar una ruta a Puerto Libertad sin cruzar un área de hábitat clave para varias especies de mamíferos marinos y principal zona de distribución del rorcual común, una especie con una alta vulnerabilidad a las colisiones.

Ruido

El sonido es una modalidad sensorial importante para muchos animales marinos, incluidos los mamíferos marinos (Nowacek *et al.* 2007). No todas las especies de mamíferos marinos tienen las mismas capacidades auditivas, en términos de sensibilidad auditiva absoluta y de banda de frecuencia de audición (Richardson *et al.* 1995; Wartzok y Ketten 1999; Southall *et al.* 2008; Au y Hastings 2008) (Tabla 2). Los cetáceos (ballenas y delfines) utilizan una amplia gama de frecuencias acústicas. La ballena azul *Balaenoptera musculus* produce sonidos de baja frecuencia hasta ~15 Hz, lo contrario a lo que sucede con varias especies de marsopas, las cuales emiten señales de ecolocalización a 120-150 kHz (por ejemplo, la marsopa común *Phocoena phocoena*). Este amplio rango de frecuencias se cruza con muchos de los sonidos que las actividades humanas introducen en el agua, incluidos los ruidos de los barcos, los sonares de varios tipos y las señales de exploración sísmica (Nowacek *et al.* 2007). Algunos sonidos producidos por humanos están muy por encima del rango utilizado por los mamíferos marinos, como las ecosondas de alta frecuencia. Sin embargo, es en el rango de frecuencias compartido donde nos preocupa el efecto que el ruido antropogénico puede tener en los cetáceos. La contaminación acústica presenta un problema particularmente preocupante cuando el ruido va a ser constante, lo cual cambiaría el ambiente acústico de las especies en la zona permanentemente.

Tabla 2. Grupos de Audición de Mamíferos Marinos (NMFS, 2016)

Grupo de Audición	Rango Auditivo Generalizado*
Cetáceos de Baja Frecuencia (LF-Low Frequency) - (Ballenas barbadas)	7 Hz a 35 kHz
Cetáceos de Media Frecuencia (MF-Mid-frequency) - (Odontocetos-delfines, zifidos)	150 Hz a 160 kHz
Cetáceos de Alta Frecuencia (HF-High-frequency) - (Kogias, marsopas verdaderas, delfines de río, <i>Cephalorhynchus sp.</i> , <i>Lagenorhynchus cruciger</i> & <i>L. australis</i>)	275 Hz a 160 kHz
Pinnípedos Fócidos (PW) - (focas verdaderas)	50 Hz a 86 kHz
Pinnípedos otáridos (OW) - (Lobos marinos y artocefalinos)	60 Hz a 39 kHz

* Representa el rango auditivo generalizado para todo el grupo como un compuesto (es decir, todas las especies dentro del grupo), donde los rangos auditivos de las especies individuales no suelen ser tan amplios. El rango auditivo generalizado se eligió basándose en el umbral de ~65 dB del audiograma compuesto normalizado, con la excepción de los límites inferiores para los cetáceos LF (Southall *et al.* 2008) y los pinnípedos PW (aproximación).

La comunidad científica ha identificado que los animales expuestos a niveles de ruido elevados pueden sufrir varios impactos, entre ellos los siguientes:

- Desplazamiento permanente del umbral (Permanent Threshold Shift, PTS por sus siglas en inglés), o la pérdida permanente de la sensibilidad auditiva causada por una exposición excesiva al ruido;
- Desplazamiento temporal del umbral (Temporary Threshold Shift, TTS por sus siglas en inglés) o la pérdida temporal de la sensibilidad auditiva causada por una exposición excesiva al ruido;
- Alteraciones del comportamiento, como abandono de una actividad importante (alimentación, lactancia) o de locación en respuesta a algún sonido, y el abandono repetido de tales actividades vitales (Nowacek *et al.* 2007);
- Enmascaramiento acústico, que se produce cuando un sonido extraño cubre o «enmascara» una señal deseada, dificultando la detección de esta última, lo que puede convertirse en un mayor gasto de energía y en estrés crónico, que puede resultar en disminución de aptitud biológica (Rolland *et al.* 2012).

Buques de carga

El ruido antropogénico submarino proveniente de los buques de carga afecta a la fauna marina y hay tres niveles de gravedad: lesiones, perturbaciones, y efectos crónicos y acumulativos (Schlesinger *et al.* 2016).

El sonido proveniente de los grandes buques de carga es uno de los sonidos antropogénicos más penetrantes en el océano que se encuentra dentro del rango de baja frecuencia de 5 a 500 Hz y puede enmascarar los sonidos producidos y escuchados por las grandes ballenas (Hildebrand 2009). La fuente principal de este sonido proviene de la “cavitación de la hélice” en estas embarcaciones, fenómeno que se produce en las hélices cuando la presión en la parte delantera de las palas es tan baja que se forman burbujas de vapor y turbulencias.

El ruido de los buques es una combinación de sonidos "tonales" de “banda estrecha” en frecuencias específicas y sonidos de "banda ancha" con energía repartida de forma continua en una gama de frecuencias. Los niveles y frecuencias de los sonidos tonales y de banda ancha tienden a estar relacionados con el tamaño del buque, pero también se ven muy afectados por su diseño y velocidad (Richardson *et al.* 1995).

Los grandes buques generan sonidos más fuertes y de menor frecuencia debido a su mayor potencia, grandes calados y motores y hélices de giro más lento. También tienen grandes áreas de casco que acoplan eficazmente el sonido de la maquinaria al agua (Ross 1976). Los componentes de banda ancha son causados en primer lugar por la cavitación de la hélice y el ruido de flujo, en segundo lugar, con la velocidad de encendido de los cilindros del motor y la rotación del eje, que pueden extenderse hasta 100 kHz, con picos de 50-150 Hz. Los buques pequeños suelen tener hélices pequeñas con altas velocidades de rotación, que producen ruido de cavitación a frecuencias más altas (Ross 1976).

El ruido de los buques está presente constantemente, incluso cuando no hay buques visibles cerca del receptor (Hildebrand 2009), ya que en el océano la energía acústica se propaga de manera eficiente, viajando rápidamente y, potencialmente, a grandes distancias, y las bajas frecuencias pueden recorrer cientos de kilómetros con poca pérdida de energía (Urick 1983).⁴

El resultado de estas características de los grandes buques de carga, como son los metaneros, es que afectan a una amplia gama de especies, tanto con lesiones temporales como permanentes. Asimismo, causan estrés y provocan cambios en su comportamiento que son energéticamente costosos.

Afectaciones del ruido durante la construcción de la planta de GNL, y durante el desarrollo de las actividades de atraque y tránsito de buques tipo GNL.

La MIA del proyecto TGNLS no incluye modelos de dispersión acústica, lo cual es un requisito ya que se sabe que el ruido es una de las mayores amenazas para los mamíferos marinos. Afortunadamente en la literatura existen algunos modelos (Schlesinger *et al.* 2016), lo cual nos permite tener una aproximación del daño que la construcción de la planta de gas, así como el atraque y tránsito de los buques tipo GNL pueden generar en los mamíferos marinos.

Schlesinger y colaboradores (2016), en su estudio para un proyecto de GNL en Columbia Británica (“Aurora LNG”), aplicaron modelos de propagación del sonido para evaluar la exposición al ruido submarino de mamíferos marinos y peces durante las actividades de construcción de terminales marinas que consisten en hincado de pilotes de impacto con cortina de burbujas confinadas y perforación de cavidades en la roca para la instalación de pilotes, así como la exposición al ruido de las actividades de tráfico marítimo de atraque y tránsito de buques de GNL. Usan una serie de estudios previos que identifican umbrales para varios impactos: lesiones (PTS o TTS), de comportamiento, y de la zona de audibilidad.

A continuación, se presentan algunas de las conclusiones a las que llegaron Schlesinger y colaboradores (2016) sobre el terminal de GNL hacia Grupos de Audición de Mamíferos Marinos (NMFS, 2016), de acuerdo a las distancias de la fuente del sonido que representan umbrales de cambios en el comportamiento (Tabla 3). Es necesario decir que, el modelaje de impactos acústicos debe de tomar en cuenta la batimetría, los parámetros geoacústicos del fondo marino y otros factores, por lo que, lo presentado en la siguiente tabla es sólo un ejemplo del daño que estas actividades pueden generar. La MIA para el proyecto TGNLS tendría que realizar una modelación completa específica para el GOC para identificar y entender los daños del proyecto.

⁴ La propagación del sonido puede verse afectada por muchos factores, entre los cuales los más influyentes son: (i) la frecuencia del sonido; (ii) la profundidad del agua; y (iii) las diferencias de densidad dentro de la columna de agua, que varían principalmente con la temperatura y la presión (Urick 1983; Luchinin 2011).

Tabla 3. Distancias máximas de impactos acústicos que causan cambios en comportamiento para ciertas especies, modelado para el proyecto Aurora LNG (km)*.

Especie	Fase de Construcción		Fase de Operaciones	
	Perforación de cavidades en la roca en el muelle de GNL	Hincado de pilotes de impacto en muelle de GNL (con cortinas de burbujas confinadas)	Atraque de metaneros con remolcadores	Arranque de metaneros con remolcadores
Cetáceos de Baja Frecuencia (CBF)	4.7	26.3	15.9	35.7
Cetáceos de Media Frecuencia (CMF)	0.7	3.8	8.6	10.7
Cetáceos de Alta Frecuencia (CAF)	2.2	26.2	28.2	51.5
Pinnípedos Fócidos y Otáridos (PFO)	1.8	26.3	5.3	14.3

*Adaptada de Schlesinger *et al.* 2016, usando McCauley *et al.* (2000), Bailey *et al.* (2010), MacGillivray (2012) y Tougaard *et al.* (2015). Las distancias representan el área dónde el sonido supera el umbral del impacto. Estos umbrales son distintos para cada grupo de audición y en cada estudio, por lo que es necesario revisar Schlesinger *et al.* 2016 o los estudios fundacionales para interpretar con información completa estos umbrales de impacto.

La información de Schlesinger *et al.* nos indica que tanto la fase de construcción como la de operación (atraque y tránsito de buques) van a generar fuentes de perturbación sonora importantes para todas las especies de mamíferos marinos, y, en menor medida lesiones auditivas, que son más perjudiciales en el caso del hincado de pilotes, dentro de la fase de construcción. En cuanto a los cambios en comportamiento (Tabla 3), este puede incluir comportamientos básicos para su supervivencia como la alimentación y la reproducción. Estos cambios de comportamiento pueden producirse a distancias alejadas de la fuente del sonido de buques metaneros en tránsito con remolcadores – hasta 35.7 km para el grupo de audición de Cetáceos de Baja Frecuencia (CBF), o hasta 28.3 km para los Cetáceos de Alta Frecuencia (CAF), en los atraques de los buques metaneros con remolcadores. Esto significa que sería difícil para estos animales escapar de estos sonidos dado su alcance. Es importante tener en cuenta la constancia y la duración de estos sonidos de las operaciones, también, para entender como solo este proyecto puede afectar a los mamíferos marinos en el GOC por décadas. La adición de otros proyectos podría multiplicar estos daños.

A partir de las conclusiones de Schlesinger y colaboradores (2016), elaboramos tres mapas en donde se muestran las áreas de perturbación acústica de las diferentes actividades del proyecto en el puerto y lo traslapamos con los avistamientos de las especies de ballenas que se pueden registrar más comúnmente en el GOC (Fig. 9). **Sin embargo, cabe señalar que se necesita realizar un análisis específico en la zona, que deberá ser presentado por el promovente.**

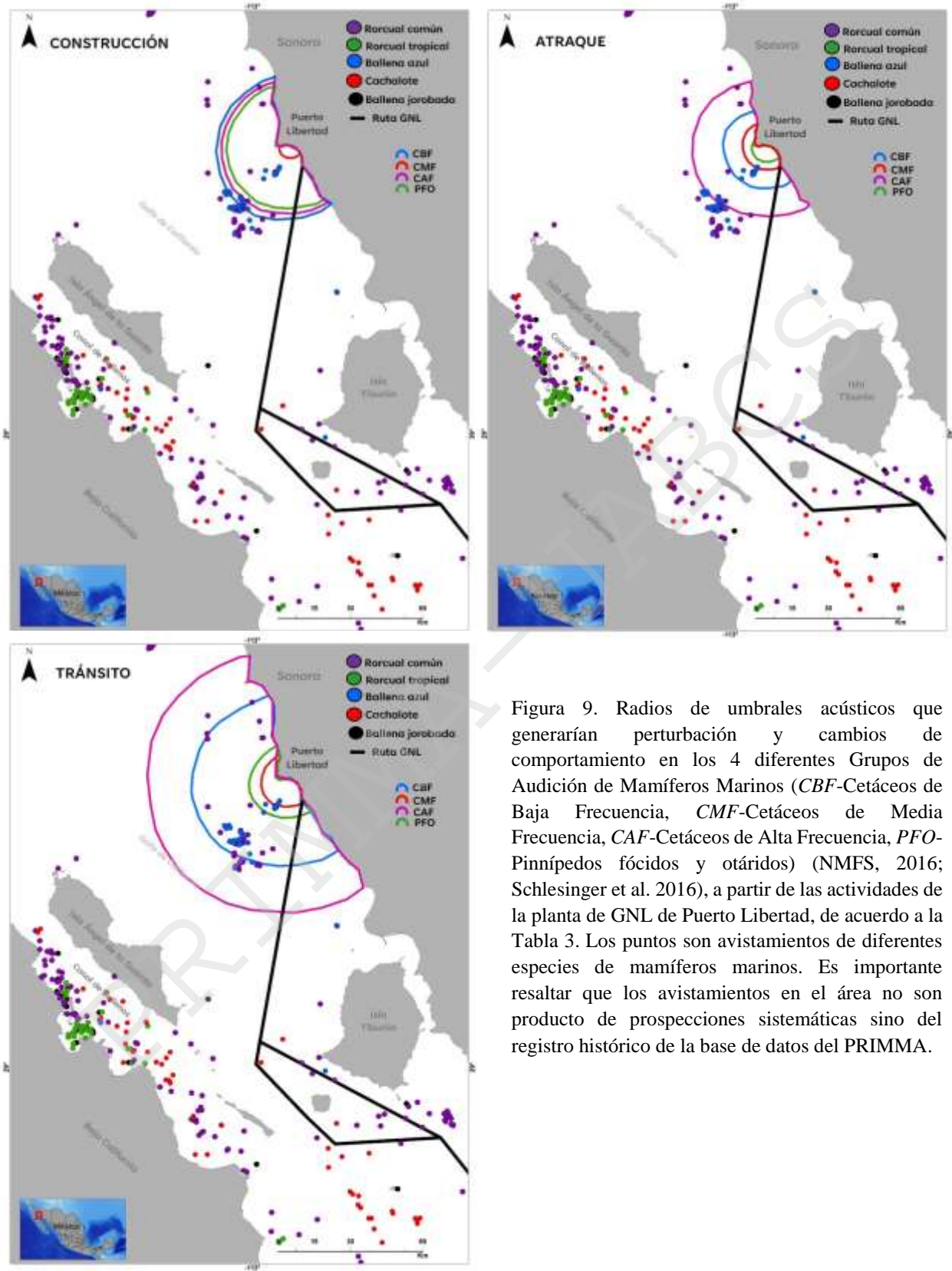


Figura 9. Radios de umbrales acústicos que generarían perturbación y cambios de comportamiento en los 4 diferentes Grupos de Audición de Mamíferos Marinos (*CBF*-Cetáceos de Baja Frecuencia, *CMF*-Cetáceos de Media Frecuencia, *CAF*-Cetáceos de Alta Frecuencia, *PFO*-Pinnípedos fócidos y otáridos) (NMFS, 2016; Schlesinger et al. 2016), a partir de las actividades de la planta de GNL de Puerto Libertad, de acuerdo a la Tabla 3. Los puntos son avistamientos de diferentes especies de mamíferos marinos. Es importante resaltar que los avistamientos en el área no son producto de prospecciones sistemáticas sino del registro histórico de la base de datos del PRIMMA.

Impactos de ruido en cetáceos en el GOC

De manera particular, en el GOC, hay estudios que han examinado el impacto del ruido de embarcaciones en ballenas y delfines. Se ha observado una disminución en el número de cantores de ballena jorobada en áreas con niveles más altos de ruido de embarcaciones, lo que indica un efecto directo del ruido antropogénico en la emisión de sonidos emitidos por las ballenas: a mayor intensidad del ruido provocado por las embarcaciones, la detección de cantores es menor (Seger 2016).⁵ En el caso de los delfines, se ha demostrado que la presencia de embarcaciones (panga pesca (5-10 m); panga de turismo (5-10 m); panga de pasajeros (5-10 m); ferry (190 m); yate (10-60 m); velero (10-14 m); barco cargo (200 m); jet ski (3 m)) puede alterar su comportamiento, incluyendo cambios en el uso del hábitat, la composición del grupo y la actividad de búsqueda de alimento, descanso y socialización (Antichi *et al.* 2022b). Además, se ha documentado que los delfines modifican su repertorio vocal en respuesta al ruido de embarcaciones (Antichi *et al.* 2022a y Antichi *et al.* 2022b).

También se ha comprobado que, en miembros de la familia de los zífidos, el ruido de embarcaciones puede contribuir al aumento en el nivel de ruido ambiental a alta frecuencias ocasionando disturbios en el comportamiento de búsqueda de alimento del zifio Cuvier (Aguilar Soto *et al.*, 2006), al zífido de Blainville (Pirota *et al.*, 2012). Asimismo, un estudio demostró que los zífidos pueden detectar y cambiar su comportamiento acústico ante la presencia de sonidos producidos por los ecosondas comerciales usadas por embarcaciones y que este cambio puede ocasionar disturbios en su comportamiento de alimentación o en su presencia temporal al alejarse de las embarcaciones (Cholewiak *et al.*, 2017).

De acuerdo con la información anterior concluimos que el proyecto TGNLS generará perturbación acústica y probablemente daño acústico en todas sus fases de construcción y operación. Esta perturbación y los cambios de comportamiento resultantes en muchos mamíferos marinos podrían extenderse por la mayoría del GOC debido a las largas distancias afectadas por el ruido de los buques gaseros. Es indispensable que el promovente genere el modelo de dispersión acústico adecuado para la zona donde pretende operar, es decir en Puerto Libertad y en toda ruta de navegación propuesta transitar. Con base en este nuevo análisis, también se deben reevaluar las medidas de mitigación para mejor minimizar estos impactos en los mamíferos marinos.

⁵ Este estudio no identificó definitivamente si los cantores detienen su actividad de canto o bien se alejan de las zonas ruidosas para seguir con esta conducta (Seger 2016).

Análisis de medidas de mitigación: la MIA, Resolución de la DGIRA en 2006, y el Programa Protección y Conservación de la Biodiversidad (PPCB 2023)

En esta sección analizamos la evaluación de impactos y medidas de mitigación propuestas en la documentación preparada por el promovente del proyecto. Nos concentramos en dos documentos principales: la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) presentada en el 2006 y el Programa de Protección y Conservación de la Biodiversidad (PPCB) del 2023, ya que son los documentos más pertinentes al tema de la identificación y mitigación de riesgos del proyecto para los grandes mamíferos marinos que analizamos anteriormente en este informe.⁶

Manifestación de Impacto Ambiental

La revisión de la MIA de 2006 revela varios problemas con el análisis de impactos y las medidas de mitigación propuestas. Estos errores y omisiones hacen que la MIA no sea adecuada para garantizar la protección de los grandes mamíferos marinos en el GOC.

En primer lugar, es importante señalar que la MIA describe un proyecto muy distinto al actual. La versión del proyecto en la MIA es de una planta de regasificación, no de licuefacción, como es el plan actual. Además, el tamaño del proyecto ha aumentado significativamente. La versión original del proyecto contemplaba una capacidad máxima de 365,000 millones de pies cúbicos de gas por año, pero la versión actual es de 912,220 millones de pies cúbicos de gas por año. Dado que la versión actual es una planta de licuefacción y tiene una mayor capacidad, los impactos serán distintos a los de la planta de regasificación en la MIA. Por ejemplo, habrá distintas y mayores cantidades de efluentes – como agua de enfriamiento de la planta de licuefacción, salmuera de la planta desalinizadora⁷, y posiblemente contaminantes tóxicos como las aminas o el mercurio que

⁶ La MIA de 2006, el PPCB de 2023, y un “Plan de Protección Ambiental Integral” (PPAI) de 2009 son los únicos documentos a los que tuvimos acceso. Como el PPAI nunca se aprobó, de nuestro conocimiento, nos hemos centrado en el PPCB de 2023 y la MIA de 2006. No sabemos si existen otros documentos relevantes, como un nuevo Programa de Monitoreo de Mamíferos y Quelonios Marinos, que es un requisito dentro de las condicionantes de la aprobación del proyecto en 2006 (Condicionante 1).

⁷ La MIA 2006 dice en página 81 que el terminal de regasificación “considera la instalación de una planta desalinizadora de agua de mar”, y la autorización de ASEA en 2018 incluye una planta de desalinización en los

resultan de la purificación del gas (Mokhatab *et al.* 2014, Woodside Energy Ltd. 2014). Los buques que lleguen al puerto sin carga liberarán mucha más agua de lastre al GOC, lo que supone un mayor riesgo de especies invasivas y enfermedades, o bien se utilizarán biocidas tóxicos para desinfectar el agua de lastre, que también perjudican al ecosistema (Calcasieu Pass 2023, Bailey 2015, Werschkun *et al.* 2014). Los buques que atraviesen el GOC serán más pesados cuando salgan de la planta de licuefacción completamente cargados. Los llegando a la planta de regasificación bajo la MIA de 2006, en contraste, atravesarían el GOC al final de su viaje, después de combustionar una buena parte de su carga. Un buque que es más pesado tarda más en reducir su velocidad o cambiar de ruta, lo que puede suponer un mayor riesgo de colisión con mamíferos marinos. Además, la hélice y la proa de un buque más pesado estarían más profundas, lo que no solo supondría mayores riesgos de colisiones, sino también mayor radiación acústica dentro del agua (Jones 2021). En general, el aumento de la cantidad de gas que pasa por el terminal supondría un aumento del tráfico de buques gaseros de aproximadamente 2.5 veces, lo que multiplicaría los impactos y riesgos de este tráfico a la vez.

Además, falta información en la MIA tanto sobre la ecología de las especies que se distribuyen en el GOC como sobre los posibles efectos del ruido de la construcción de la planta, del muelle y del tránsito de embarcaciones. En este sentido, es imprescindible que el promovente actualice toda la información respecto a las especies presentes en la zona de construcción de la planta y de la ruta de navegación. La MIA también presenta información errónea: incluyen especies atípicas al área y más bien típicas de las costas de Ensenada en la costa del Pacífico, como la ballena gris, el delfín de costados blancos, la foca común, el elefante marino y el lobo fino de Guadalupe. Su actualización, después de 18 años de su primera versión, permitiría al promovente realizar un análisis adecuado y plantear medidas de mitigación efectivas. Estas medidas irían más allá de las medidas incluidas en el documento actual, que solo propone monitoreo para saber las especies presentes y su distribución espacio-temporal. Una vez identificados los efectos específicos y las medidas de mitigación apropiadas el monitoreo deberá tener el objetivo de verificar que las medidas de mitigación sean efectivas.

Para que el análisis de los impactos del ruido sea suficiente para garantizar la protección de las distintas especies en el golfo, es necesario la elaboración de un modelo de dispersión de ruido en el sitio de construcción y las rutas de tránsito en el GOC. Sin embargo, la MIA no incluye esta clase de estudio en el documento o los anexos. Este modelo debe incluir a las especies rorcual común, ballena azul, rorcual tropical, cachalote, calderón aletas cortas, delfín de Risso y orcas como algunas de las principales especies que se pueden ser afectadas, además debe incluir la temporalidad y conductas que estas desarrollan frente a Puerto Libertad. Se espera que el promovente actualmente cuente con las especificaciones técnicas sobre el equipo a utilizar durante el hinchamiento de los pilotes, construcción del muelle y la construcción de la terminal para incluir en el modelo. El promovente también debe informar qué tipo de barcos utilizará para el transporte del gas y también modelar la dispersión de

planes para el terminal de licuefacción también (p. 5). Es probable que el terminal de licuefacción emitiría mucha más salmuera que las cantidades planeadas para el terminal de regasificación, por el incremento en los volúmenes de gas pasando por la planta y las grandes cantidades de agua necesaria para el enfriamiento y procesamiento del gas en el terminal de licuefacción.

ruido que este generará y su posible afectación a las 30 especies de cetáceos que se distribuyen en las rutas propuestas.

Respecto a las colisiones, la MIA debería incorporar también un modelo de la probabilidad de riesgo de colisiones con buques tipo GNL por toda la ruta de tránsito, algo que tampoco aparece en la MIA. Si bien en el GOC hay poco registro de colisiones, el promovente debe de tomar como ejemplos otros sitios del mundo e incluir la información disponible respecto a la distribución y densidad del rorcual común, ballena azul, cachalotes como las principales especies afectadas y modelar la probabilidad de riesgo de colisión con buques tipo GNL. Además de tomar en cuenta la temporada del año, la especie, la conducta de las ballenas, la hora del día, la edad de los organismos.

Las medidas de mitigación propuestas en la MIA tampoco son adecuadas. Es importante notar que, al no corregir los errores en el análisis de riesgos señalados arriba, en particular la falta de los dos estudios sobre el riesgo del ruido y las colisiones, no sería posible proponer estrategias de mitigación reales y efectivas. Además, hemos encontrado deficiencias importantes que deben rectificarse.

Respecto a la medida de mitigación propuesta en la Tabla 2 de la MIA (Pág. 616 y 617) “Disminución de la velocidad de los buques cuando transiten por zonas críticas” se exige que indique qué velocidad será esta, pues en la literatura hay elementos suficientes para precisar cuál es la velocidad recomendada, también se le solicita actualice las regiones críticas pues no sólo la de Región de las Grandes Islas y el Área Prioritaria Marina de Guaymas es considerada de esta manera (Pág. 665). Además, en su estrategia de mitigación de colisiones es necesario que tome en cuenta la especie, la temporada del año, la conducta de las ballenas, la hora del día, la edad de los organismos, y proponga estrategias de mitigación reales y efectivas. Nuevamente consideramos que el monitoreo es indispensable para verificar que sus medidas de mitigación sean efectivas.

Dentro de las estrategias de mitigación el promovente desarrolla un programa de manejo y protección a las especies vulnerables enlistadas en la NOM-059 SEMARNAT-2001 y los apéndices de la CITES 2005, dentro de la ruta marítima (Pág. 627-628). Sin embargo, esta información está desactualizada. Es importante que el promovente actualice información nueva disponible sobre los cetáceos en el GOC, así como el estado de CITES para los cetáceos, y replantee este programa, pues, así como esta es obsoleto, ya que la mayoría de lo planteado en dicho programa actualmente se tiene.

Por último, en la MIA no se evalúa la medida que sería más efectiva en minimizar el riesgo a los grandes mamíferos: la reubicación del sitio del proyecto para evitar la región vulnerable de las Grandes Islas. En la MIA (Pág. 225), se menciona sobre las colisiones de embarcaciones transportadoras de GNL con mamíferos marinos que *“Mientras se encuentren atravesando el Golfo, existe un riesgo de colisión entre las embarcaciones y las ballenas, particularmente cuando las embarcaciones viajan a su velocidad económica de 19 nudos. Las grandes embarcaciones casi no tienen capacidad de maniobra cuando se mueven velozmente y necesitan una distancia de varios kilómetros para girar; esto dificulta cualquier método de acción con el propósito de evadir un impacto incluso si la ballena es avistada. La*

mejor manera de reducir las probabilidades de colisiones es ubicar las rutas de las embarcaciones en áreas que tengan la menor densidad de cetáceos así como reducir la velocidad de la embarcación... . Como se ha mostrado anteriormente, no es posible trazar una ruta hacia Puerto Libertad que no cruce por la principal zona de distribución del rorcual común, especie vulnerable residente del GOC, además de otras especies de mamíferos marinos. Por lo anterior, sería importante considerar la reubicación del sitio de la planta para evitar estas zonas sensibles y así minimizar el riesgo para la biodiversidad marina.

Es necesario que el promovente considere que zonas de alta diversidad, abundancia y regiones críticas para las ballenas (zonas de reproducción, crianza y alimentación), no son compatibles con este tipo de proyectos, por lo que en caso de replantear la ubicación tanto de la gasera como de la ruta de navegación deberán de considerarse los aspectos antes mencionados.

Observaciones al Programa Protección y Conservación de la Biodiversidad (PPCB) (2023).

El promovente elaboró un Programa de Protección y Conservación de la Biodiversidad (PPCB) en 2023, el cual hemos revisado y a continuación presentamos nuestras observaciones. Este programa respondió a una serie de condicionantes planteadas por la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental (DGIRA) a través del oficio número S.G.P.A./DGIRA.DDT.2277 del 6 de noviembre del 2006. La DGIRA resolvió autorizar el proyecto **de manera condicionada**, otorgándole una vigencia de 25 años para llevar a cabo las actividades de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento del proyecto (en ese entonces un proyecto de regasificación, no licuefacción).

Como condicionantes se menciona que el promovente deberá:

2. Realizar un programa de protección y conservación de la biodiversidad de la zona con énfasis particular a:
 - a) La afectación potencial a **las poblaciones de mamíferos marinos** residentes en las islas más cercanas a la ruta de navegación, como de paso por la misma.
 - b) Las medidas a adoptar para disminuir o eliminar los efectos negativos identificados.

El PPCB incluye información sobre la distribución y los aspectos migratorios de las especies de cetáceos en el GOC. Sin embargo, tiene importantes deficiencias que a continuación se señalan.

EL PPCB no atiende las carencias de la MIA

La información presentada en el PPCB no es suficiente para corregir por los errores y omisiones en el análisis y medidas de mitigación propuestas en la MIA que señalamos anteriormente. En particular, no incluyen un estudio de modelo de dispersión de ruido o de colisiones que pudieran estimar la probabilidad de riesgo de estos dos impactos para las especies de ballenas presentes en el GOC. Tampoco consideran medidas de mitigación como un límite de velocidad para los buques metaneros o la reubicación del proyecto a un área menos sensible para el hábitat de los mamíferos marinos.

Zona de influencia propuesta inadecuada

La Zona de Influencia del Programa (ZIP) no aborda adecuadamente el área total de afectación del proyecto que identificamos en este informe. En primer lugar, la ZIP no embarca el radio de dispersión acústica del ruido que se emitirá durante la construcción de la gasera y su operación. El ruido o sonido en general se emite al ambiente en todas las direcciones es decir es omnidireccional, mientras la ZIP sólo contempla medidas de protección para la región al suroeste del punto de ubicación de la gasera. Lo anterior es un error significativo ya que los mamíferos marinos se distribuyen en toda la zona frente a Puerto Libertad como se ha mostrado en las figuras 2-8 de este documento.

Además, el programa no toma en cuenta la totalidad de la ruta de tránsito propuesto por el proyecto, sino únicamente toma en cuenta el área de las Grandes Islas. Sin embargo, el mismo programa en la figura 1 (pág. 11 del PPCB) reconocer que había avistamientos de cetáceos a lo largo de toda la ruta de tránsito del buque GNL. Esta omisión es crítica, ya que subestima la extensión real del impacto del proyecto en el hábitat de los cetáceos, por lo que pone en riesgo la precisión y la efectividad del programa de conservación propuesto.

Omisiones de especies críticas

En la sección de identificación de hábitats críticos, resulta preocupante que el programa no incluya al cachalote (*Physeter macrocephalus*), una especie común en el GOC y que cumple con los criterios de relevancia para incluirse en esta sección. Esta omisión cuestiona la exhaustividad y precisión del análisis de hábitats críticos en el PPCB. Además, se cometen errores al calificar hábitats críticos para especies poco frecuentes como el rorcual norteño (*B. borealis*) y la ballena gris, cuya área de distribución principal no corresponde a la Zona de Influencia del Programa.

Otra observación relevante es que, a partir de la página 26 del documento, se hace mención de los quelonios, de hecho, la tabla 3 está titulada “Priorización de Mamíferos Marinos y Quelonios”. Sin embargo, en el contenido de esta tabla no se incluyen especies de quelonios.

Esta inconsistencia genera dudas sobre si el programa fue efectivamente diseñado para abordar la conservación de quelonios, o si los especialistas simplemente los omitieron o los incluyeron en el título por error. Esta falta de coherencia y la ausencia de información relevante para los quelonios en una tabla dedicada a su priorización cuestionan nuevamente la integridad y el alcance del programa.

Errores en el análisis de ruido en el PPCB

De acuerdo a que una de las mayores amenazas del proyecto TGNLS es el ruido generado durante la construcción de la planta, el atraque y el tránsito de los buques, consideramos que una de las secciones más relevantes en el PPCB es la 4.2 “Ruido Antropogénico en el Ambiente Natural”.

A pesar de ser una de las secciones más relevantes del documento, esta sección contiene errores significativos. Quizás lo más preocupante de estos es uso de datos erróneos sobre el tamaño y velocidad de los buques que transportarían el GNL. Los especialistas ponen como ejemplo el ruido generado por barcos... “con una longitud de 156 m y una velocidad de 27.8 km/h...”. El uso de un barco de estas características, que es la mitad del tamaño de un metanero, viajando a 25% menos nudos que las velocidades cruceros de los buques metaneros, evidencia la falta de conocimiento por parte de los especialistas que desarrollaron el PPCB.

La sección luego concluye sin hacer un análisis directo de los impactos acústicos del proyecto en los cetáceos – es decir, sin cumplir con el objetivo principal de analizar las afectaciones potenciales a los mamíferos marinos como exige la condicionante de la DGIRA citada anteriormente.

Errores como los anteriormente citados abundan en el análisis de ruido. Por ejemplo, la sección inicia con una descripción teórica sobre ruido y sus posibles afectaciones a los mamíferos marinos, así como la descripción de las características de audición de los cetáceos. En esta última, resalta la siguiente información contradictoria: “Las ballenas de frecuencia media a alta incluyen ballenas dentadas, ballenas picudas, delfines y marsopas. Las orejas de los cetáceos.....” “...Los especialistas en frecuencias medias, incluidas las ballenas dentadas, las ballenas picudas, las ballenas nariz de botella y los delfines...” (pág. 47). Esta información es incoherente y carece de rigor científico, parece que es la copia de una traducción deficiente de una página de divulgación con información errónea.

Medidas insuficientes para mitigar colisiones

La sección de una sola página dedicada a colisiones en el PPCB (4.4) es notablemente escueta. Se evidencia que no se realizó una búsqueda exhaustiva de la literatura existente sobre el tema. Además, el documento no incluye estudios ni modelos que analicen

específicamente el tipo de barcos a utilizar en el proyecto TNGLS. Debido a estas carencias, consideramos que esta sección no debería ser considerada en la toma de decisiones relacionadas con el PPCB ya que su falta de profundidad y la ausencia de información relevante limitan su utilidad y confiabilidad en el contexto de la evaluación y gestión de riesgos para la biodiversidad. Igualmente, esto no considera la severidad de colisiones no fatales en la habilidad de especies afectadas de continuar con su comportamiento natural a largo plazo.

Las medidas de protección a los mamíferos marinos propuestas en el PPCB se basan en información errónea y deficiente, no son propuestas reales, ni concretas, para la protección de mamíferos. En lugar de medidas específicas, el programa solo señala que “Terminal GNL de Sonora recomendará a los buques de GNL durante la etapa de operaciones que, en la medida de lo posible, reduzcan su velocidad en las proximidades de las ballenas” (pág. 53-54) Esta recomendación no se considera una prioridad, ya que su aplicación depende de la posibilidad y voluntad de los capitanes de barco y no de una obligación estricta. Esta falta de compromiso concreto con la protección de mamíferos marinos y quelonios y la ambigüedad en las recomendaciones para la reducción de velocidad reflejan una insuficiencia en las medidas propuestas, limitando significativamente su eficacia y utilidad en la conservación de estas especies.

Errores en el texto y referencias

Errores como los antes mencionados los podemos encontrar a lo largo de todo el documento. Consideramos que estos errores están basados en el uso inadecuado de las bases de datos. Aunado a esto observamos que múltiples referencias científicas no existen, son inaccesibles al público o son irrelevantes al tema del PPCB. Después de una breve revisión de las referencias, encontramos que por lo menos 21 referencias no aparecen en Google Scholar o en los archivos de la revista citada, presentan errores obvios o están incompletas y por lo tanto son imposibles de verificar. En la Tabla 4 reproducimos estas referencias señalando los errores que identificamos (Apéndice 3). Es importante notar que el PPCB se respalda en gran parte en varias de estas referencias erróneas. Esta falta de rigor en la documentación y la transparencia reduce significativamente la credibilidad de los datos presentados.

De acuerdo con todo lo anterior, consideramos que el PPCB, incluyendo las medidas de protección para mamíferos marinos y quelonios, así como el plan de monitoreo propuesto, resulta insuficiente tanto para proteger la biodiversidad marina en el GOC como para cumplir con las condicionantes establecidas por la DGIRA. Por lo tanto, recomendamos al promovente que corrija, actualice y adecue el contenido del PPCB para asegurar que las medidas de protección estén basadas en información precisa y adecuada, y que el plan de monitoreo sea eficaz y pertinente para las especies.

Conclusiones y recomendaciones

Los impactos del proyecto TGNLS a los cetáceos y otros grandes mamíferos marinos en el GOC serían significativos. A continuación, se resumen los riesgos principales identificados en nuestro informe:

- El tránsito de los buques de GNL por el GOC, amenaza con convertirse en la principal causa de muerte de las grandes ballenas por colisión.
- El GOC dejaría de ser un área adecuada para la reproducción y alimentación de especies migratorias que dependen del GOC.
- El ruido generado durante la construcción de la gasera en Puerto Libertad y durante el atraque de los buques generará perturbación acústica y posiblemente lesiones acústicas a los cetáceos que se distribuyen en la zona.
- El tránsito de los buques GNL por el GOC provocará perturbación acústica y conductual a las 30 especies de cetáceos que se distribuyen en la zona.
- El proyecto TGNLS causaría disminución de las poblaciones residentes de grandes ballenas en el GOC.
- La población residente del rorcual común, considerada como indicadora de la salud del GOC, será la más afectada con el desarrollo de este proyecto.
- Las dos rutas de tránsito propuestas por el TGNLS en la MIA de 2006 a través de la región de isla Tiburón, Isla San Esteban e Isla de San Lorenzo no son opciones adecuadas para mitigar o evitar colisiones y perturbaciones acústicas a los cetáceos del GOC.
- Los impactos directos e indirectos del proyecto al ecosistema del GOC y a las ballenas en particular perjudicarían la economía local de los estados costeros, entre 2013 y 2023, por ejemplo, sólo el avistamiento de ballenas azules y jorobadas generó ingresos de 1,145,361,561 MXN, de acuerdo a los datos de SEMARNAT (SEMARNAT-DGVS 2024).

Nuestro análisis de la MIA de 2006 y PPCB de 2023 arroja las siguientes deficiencias:

- Estos documentos se basan en información que en algunos puntos es desactualizada, errónea, e incoherente.
- No contienen un análisis de riesgo adecuado como para estimar la probabilidad de riesgo por el ruido y por colisiones para los grandes mamíferos marinos del GOC.
- Las medidas de mitigación identificadas son inadecuadas para garantizar una protección efectiva de los grandes mamíferos marinos en la zona del GOC.
- Los documentos no cumplen con las condicionantes establecidas por la DGIRA en su oficio C.S.G.P.A./DGIRA.DDT.2277.06, en particular la condicionante 2 sobre el programa de protección y conservación de la biodiversidad de la zona.

De nuestro análisis, se desprenden las siguientes recomendaciones:

- Que no se construya la planta de licuefacción en Puerto Libertad evitando la navegación de buques metaneros a través de la región de las Grandes Islas;
- En caso de que se someta nuevamente la MIA, antes de empezar la construcción del proyecto, se deben generar modelos de dispersión acústica con la maquinaria y barcos que se utilizarán durante la construcción, transporte, y atraque de los buques, para conocer exactamente el daño que esto generará;
- Asimismo, que se elaboren modelos del potencial impacto de colisiones de las embarcaciones con cetáceos a través de toda la ruta propuesta por el Golfo de California;
- Que se rehaga el análisis de riesgos y programas de mitigación en la MIA y el PPCB, actualizando la información presentados en estos documentos y corrigiendo las deficiencias señaladas en el presente informe, para que se cumplan las condicionantes que hizo la DGIRA en el oficio C. S. G. P. A./DGIRA.DDT.2277.06;
- Al volver a desarrollar las medidas de mitigación del proyecto, que incluyan medidas concretas y efectivas para proteger los grandes mamíferos marinos, como por ejemplo el establecimiento de una velocidad máxima para el tránsito de buques metaneros por el golfo.
- Además, es necesario que el promovente considere que zonas de alta diversidad, abundancia y regiones críticas para las ballenas (zonas de reproducción, crianza y alimentación), no son compatibles con este tipo de proyectos, por lo que en caso de replantear la ubicación tanto de la gasera como de la ruta de navegación deberán de considerarse los aspectos antes mencionados.

Referencias

- Aguilar Soto, N., Johnson, M., Madsen, P. T., Tyack, P. L., Bocconcelli, A., y Borsani, F. (2006). Does intense ship noise disrupt foraging in deep-diving Cuvier's beaked whales (*Ziphius cavirostris*)? *Marine Mammal Science*, 22(3), 690-699. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.2006.00044.x>
- Alvarez-Borrego, S., y Gaxiola-Castro, G. (1988). Photosynthetic parameters of northern Gulf of California phytoplankton. *Continental Shelf Research*. 8(1), 37-47. doi:10.1016/0278-4343(88)90023-4
- Antichi, S., Jaramillo-Legorreta, A., Urbán R, J., Martínez-Aguilar, S., y Viloría-Gómora, L. (2022a). Small Vessel Impact on the Whistle Parameters of Two Ecotypes of Common Bottlenose Dolphin (*Tursiops truncatus*) in La Paz Bay, Mexico. *Diversity*. 14(9), 712; <https://doi.org/10.3390/d14090712>.
- Antichi S, Urbán J, Martínez-Aguilar S, y Viloría-Gómora L. (2022b). Changes in whistle parameters of two common bottlenose dolphin ecotypes as a result of the physical presence of the research vessel. *PeerJ* 10:e14074. <https://doi.org/10.7717/peerj.14074>.
- Au, W.W.L., y Hastings, M.C. (2008). *Principles of Marine Bioacoustics*. Springer Science & Business Media. 679. DOI <https://doi.org/10.1007/978-0-387-78365-9>
- Bailey, H., Senior, B., Simmons, D., Rusin, J., Picken, G., y Thompson, P. M. (2010). Assessing underwater noise levels during pile-driving at an offshore windfarm and its potential effects on marine mammals. *Marine pollution bulletin*, 60(6), 888-897. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.01.003>
- Bailey, S.A. (2015). An overview of thirty years of research on ballast water as a vector for aquatic invasive species to freshwater and marine environments. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 261-268, <https://dx.doi.org/10.1080/14634988.2015.1027129>;
- Bérubé, M., Urbán, J., Dizon, A. E., Brownell, R. L., y Palsbøll, P. J. (2002). Genetic identification of a small and highly isolated population of Fin whales (*Balaenoptera physalus*) in the Sea of Cortez, Mexico. *Conservation Genetics*. 3(2), 183-190. <https://doi.org/10.1023/A:1015224730394>
- Breese, D., y Tershy, B. R. (1993). Relative abundance of cetacea in the Canal de Ballenas, Gulf of California. *Marine Mammal Science*, 9(3), 319-324. <http://doi.org/10.1111/j.1748-7692.1993.tb00460.x>
- Brusca, R. C., Findley, L., Hastings, P.A., Hendrickx, M.E., Cosio, J.T., y Van Der Heiden, A.M. (2005). Macrofaunal diversity in the Gulf of California. En: J.L.E. Cartron, G. Ceballos, R.S. Felger (eds.). *Biodiversity, ecosystems, and conservation in northern Mexico*. Oxford University Press. 179-203.
- Calambokidis, J., Fahlbusch, J.A., Szesciorka, A.R., Southall, B.L., Cade, D.E., Friedlaender, A.S., y Goldbogen, J.A. (2019). Differential vulnerability to ship strikes between day and night for blue, fin, and humpback whales based on dive and movement data from medium duration archival tags. *Frontiers in Marine Science*. 6: 543. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00543>

- Calcasieu Pass (2023) Calcasieu Pass 2 EIS, pp. 4-127, <https://www.energy.gov/sites/default/files/2023-08/eis-0551-venture-global-cp2-1ng-feis-2023-07-01.pdf>.
- Campbell-Malone, R., Barco, S.G., Daoust, P.Y., Knowlton, A.R., McLellan, W.A., Rotstein, D.S., y Moore, M.J. (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
- Cholewiak, D., DeAngelis, A. I., Palka, D., Corkeron, P. J., y Van Parijs, S. M. (2017). Beaked whales demonstrate a marked acoustic response to the use of shipboard echosounders. *Royal Society open science*, 4(12), 170940. <https://doi.org/10.1098/rsos.170940>
- CONAPESCA. Comisión Nacional de Pesca (2017). Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2017. México: Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México.
- Currie, J.J., S.H. Stack., y G.D. Kaufman. 2017. Modelling whale-vessel encounters: the role of speed in mitigating collisions with humpback whales (*Megaptera novaeangliae*). *Journal of Cetacean Research Management*. 17: 57–63. DOI: <https://doi.org/10.47536/jcrm.v17i1.431>
- Dizon, A., Lux, C. A., LeDuc, R. G., Urbán, R. J., Henshaw, M. y Brownell, R. Jr. (1996). An interim phylogenetic analysis of sei and Bryde's whale mitochondrial DNA control region sequences. SC/47/NP23 presented to the IWC Scientific Committee. 12p.
- Dolman, S., Williams-Grey, V., Asmutis-Silvia, R., y Isaac, S. (2006). Vessel collisions and cetaceans: What happens when they don't miss the boat. A WDCS Science Report. Whale and Dolphin Conservation Society, UK. En: <https://au.whales.org/wp-content/uploads/sites/3/2018/08/whales-and-ship-strikes.pdf>
- Dripcapital. (2022). Información sobre el Puerto de Guaymas | Ubicación y Qué Transporta. <https://www.dripcapital.com/es-mx/recursos/blog/puerto-de-guaymas> Consultado: 17-06-2024.
- Erbe, C., Dunlop, R., y Dolman, S. (2018). Effects of Noise on Marine Mammals. En: Slabbekoorn, H., Dooling, R., Popper, A., Fay, R. (eds) *Effects of Anthropogenic Noise on Animals*. Springer Handbook of Auditory Research, vol 66. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-8574-6_10
- Ford, J. K. B. (2014). *Marine Mammals of British Columbia*. Royal BC Museum Handbook. Royal British Columbia Museum: Victoria, BC. 460.
- Guerrero R., M., J. Urbán R., y L. Rojas B. (2006). *Las ballenas del Golfo de California*. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. 524 pp.
- Henry, A., Garron, M., Reid, A., Morin, D., Ledwell, W., y Cole, T. (2019). Serious Injury and Mortality Determinations for Baleen Whale Stocks along the Gulf of Mexico, United States East Coast, and Atlantic Canadian Provinces, 2012-2016. National Marine Fisheries Service. Northeast Fisheries Science Center Reference Document 19-13. DOI: <https://doi.org/10.25923/121e-z310>
- Hildebrand, J. A. (2009). Anthropogenic and natural sources of ambient noise in the ocean. *Marine Ecology Progress Series*, 395, 5-20. <https://doi.org/10.3354/meps08353>

- IWC. (2024). Environmental Concerns: The Environment and Whale Populations. En: <https://iwc.int/management-and-conservation/environment>. Consultado 20 de julio 2024.
- Jensen, A.S., Silber, G.K., y Calambokidis, J. (2004). Large whale ship strike database. NOAA Technical Memorandum, NMFS-F/OPR-25. 37pp.
- Jiménez, L. (2019). Propuesta de áreas prioritarias para la conservación de grandes ballenas del Golfo de California. Tesis de Doctorado. UABCS.
- Jones, J.M. (2021). Underwater soundscape and radiated noise from ships in Eclipse Sound, NE Canadian Arctic, Marine Physical Laboratory Technical Memorandum Number MPLTM651, p. 75. <https://www.oceansnorth.org/wp-content/uploads/2021/02/jjones-eclipse-soundscape-and-ship-noise.pdf>.
- Keen, E.M., Scales, K.L., Rone, B.K., Hazen, E.L., Falcone, E.A., y Schorr, G.S. (2019). Night and day: diel differences in ship strike risk for fin whales (*Balaenoptera physalus*) in the California current system. *Front Mar Sci* 6: 730. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00730>
- Keen, E., O'Mahony, É., Nichol, L., Wright, B., Shine, Ch., Hendricks, B., Meuter, H., Alidina, H., y Wray, J. (2023). Ship-strike forecast and mitigation for whales in Gitga'at First Nation territory. *Endangered Species Research*. 51: 31–58. <https://doi.org/10.3354/esr01244>.
- Kraus, S. D., Brown, M. W., Caswell, H., Clark, C. W., Fujiwara, M., Hamilton, P. K., ... Rolland, R. M. (2005). North Atlantic right whales in crisis. *Science*, 309(5734), 561–562. <http://doi.org/10.1126/science.1111200>.
- Laist, D. W., Knowlton, A. R., Mead, J. G., Collet, A. S., y Podesta, M. (2001). Collision between ships and whales. *Marine Mammal Science*. 17(1), 35–75. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.2001.tb00980.x>
- Lavín, M. F. y Marinone, S. G. (2003). An overview of the physical oceanography of the Gulf of California. En: *Nonlinear Processes in Geophysical Fluid Dynamics*. O. U. Velasco Fuentes et al. (Eds). Kluwer Academic Publishers. Países Bajos. 173–204 pp.
- Luchinin, A. G., y Khil'ko, A. I. (2011). Low-mode acoustics of shallow water waveguides. *Physics-Uspekhi*, 54(11), 1181. DOI: 10.3367/UFNe.0181.2011111.1222
- Marine traffic. <https://www.marinetraffic.com/en/ais/home/centerx:-110.2/centery:26.3/zoom:5> Consultado: 17-06-2024.
- Marinone, S. G. (2003). A three-dimensional model of the mean and seasonal circulation of the Gulf of California. *Journal of Geophysical Research: Oceans*. 108(C10):3325. <https://doi.org/10.1029/2002JC001720>
- MacGillivray, A., Warner, G., y Hannay, D. (2012). Northern Gateway Pipeline Project: Audiogram-Weighted Behavioural Thresholds for Killer Whales. Version 3.0. Technical memorandum by JASCO Applied Sciences for Stantec Consulting Ltd. for Northern Gateway Pipeline Project. 109-117 pp. https://iaac-aeic.gc.ca/050/documents_staticpost/cearref_21799/4234/Attachment_15.pdf
- McCauley, R., Fewtrell, J., Duncan, A., Jenner, C., Jenner, M.N., Penrose, J., Prince, R., Adhitya, A., Murdoch, J., y McKabe, K. (2000). Marine seismic surveys: analysis and propagation of air-gun signals; and effects of exposure on humpback whales, sea turtles, fishes and squid. En: *Environmental implications of offshore oil and gas development in Australia: further research: a compilation of three scientific marine*

- studies. Australian Petroleum Production and Exploration Association (APPEA). 364-521 pp. <http://hdl.handle.net/20.500.11937/80319>
- McKenna, M. F., Calambokidis, J., Oleson, E.M., Laist, D.W., y Goldbogen, J.A. (2015). Simultaneous tracking of blue whales and large ships demonstrates limited behavioral responses for avoiding collision. *Endangered Species Research* 27(3):219-232. <https://doi.org/10.3354/esr00666>
- MIA. (2006). Manifestación de Impacto Ambiental de Proyecto “Terminal GNL de Sonora”. Clave 26SO2006G0007. HP Consultores Ambientales.
- Mokhatab, S., Mak, J., Valappil, J.V., Wood, D., Eds. (2014). Chapter 1 - LNG Fundamentals, en: *Handbook of Liquefied Natural Gas* 1–106. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124045859000015>.
- National Marine Fisheries Service. (2016). Technical Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammal Hearing: Underwater Acoustic Thresholds for Onset of Permanent and Temporary Threshold Shifts. U.S. Dept. of Commer., NOAA. NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR-55, 178 p.
- NOAA (2023). Understanding Vessel Strikes. National Oceanic and Atmospheric Administration | U.S. Department of Commerce. <https://www.fisheries.noaa.gov/insight/understanding-vessel-strikes>.
- Nowacek, DP., Thorne, LGH., Johnston, DW., y Tyacks, P. (2007). Responses of cetaceans to anthropogenic noise. *Mammal Review*. 37(2):81–115. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2907.2007.00104.x>
- Panigada, S., Pesante, G., Zanardelli, M., Capoulade, F., Gannier, A., y Weinrich, M.T. (2006). Mediterranean fin whales at risk from fatal ship strikes. *Marine Pollution Bulletin*. 52(10): 1,287-98. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2006.03.014>
- Pearson, H. C., Savoca, M. S., Costa, D. P., Lomas, M. W., Molina, R., Pershing, A. J., ... & Roman, J. (2023). Whales in the carbon cycle: can recovery remove carbon dioxide?. *Trends in Ecology & Evolution*, 38(3), 238-249. 10.1016/j.tree.2022.10.012
- Pirotta, E., Milor, R., Quick, N., Moretti, D., Di Marzio, N., Tyack, P., Boyd, I., y Hastie, G. (2012). Vessel noise affects beaked whale behavior: results of a dedicated acoustic response study. *PLoS ONE* 7(8): e42535. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0042535>
- Puerto de Guaymas. (2024). <https://www.puertodeguaymas.com.mx/> Consultado: 18-06-2024.
- Redfern, J. V., Becker, E. A., y Moore, T. J. (2020). Effects of variability in ship traffic and whale distributions on the risk of ships striking whales. *Frontiers in Marine Science*, 6:793. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00793>
- Richardson, W.J., Greene Jr, C.R., Malme, C.I., y Thomson, D.H. (1995). *Marine mammals and noise*. Academic Press. New York, EUA. 576 pp. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-02253-3>
- Ritter, F., y Panigada, S. (2019). Chapter 28 - Collisions of Vessels with Cetaceans—The Underestimated Threat. En: (eds) Sheppard, C. *World Seas: An Environmental Evaluation (Second Edition)*. Academic Press. 531-547 pp. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805052-1.00026-7>.
- Roberts, C.M., McClean, C.J., Veron, J.E.N., Hawkins, J.P., Allen, G.R., McAllister, D.E., Mittermeier, C., Schueler, F., Spalding, M., Wells, F., Vynne, C., y Werner, T. (2002). Marine biodiversity hotspots and conservation priorities for tropical reefs. *Science* 295:1280–84. doi:10.1126/science.1067728

- Robbins, J., y Mattila, D.K. (2004). Estimating humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) entanglement rates on the basis of scar evidence. Final report. Northeast Fisheries Science Center, National Marine Fisheries Service. Woods Hole, Massachusetts. Order Number 43EANF030121
- Rolland, R.M., Parks, S.E., Hunt, K., Castellote, M., Corkeron, P.J., Mowacek, D.P., Wasser, S.K., y Kraus, S.D. (2012). Evidence that ship noise increases stress in right whales. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 279(1737), 2363-2368. <https://doi.org/10.1098/rspb.2011.2429>
- Ross, D. 1976. *Mechanics of underwater noise*. Pergamon Press, Oxford, Reino Unido. 390 pp.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Dirección General de Vida Silvestre (SEMARNAT-DGVS). Junio, 2024. http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_BIODIVO3_15&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce&NOMBREENTIDAD=*
- Seeger, K. D., Thode, A. M., Martínez-Loustalot, P., Jiménez-López, M. E., & López-Arzate, D. (2016). Humpback whale-generated ambient noise levels provide insight into singers' spatial densities. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 140(3), 1581-1597. <https://doi.org/10.1121/1.4962217>
- Schlesinger A., M-N. R. Matthews, Z. Li, J. Quijano, and D. Hannay. (2016). Aurora LNG Acoustic Study: Modelling of Underwater Sounds from Pile Driving, Rock Socket Drilling, and LNG Carrier Berthing and Transiting. Document 01134, Version 3.0. Technical report by JASCO Applied Sciences for Stantec Consulting Ltd. 102 pp.
- Schoeman, R. P., Patterson-Abrolat, C., y Plön, S. (2020). A global review of vessel collisions with marine animals. *Frontiers in Marine Science*, 7, 292. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00292>
- Sharp, S. M., McLellan, W. A., Rotstein, D. S., Costidis, A. M., Barco, S. G., Durham, K., Pitchford, T.D., Jackson, K.A., Daoust, P-Y., Wimmer, T., Couture, E.L., Bourque, L., Frasier, T., Frasier, B., Fauquier, D., Rowles, T.K., Hamilton, P.K., Pettis, H., y Moore, M.J. (2019). Gross and histopathologic diagnoses from North Atlantic right whale *Eubalaena glacialis* mortalities between 2003 and 2018. *Diseases of Aquatic Organisms*, 135(1), 1-31. <https://doi.org/10.3354/dao03376>
- Smetacek, V., y Nicol, S. (2005). Polar ocean ecosystems in a changing world. *Nature*, 437(7057), 362-368. <https://doi.org/10.1038/nature04161>
- Southall, BL., Bowles, AE., Ellison, WT., Finneran, JJ., Gentry, R., Greene, CR., Kastak, D., Ketten, DR., Miller, JH., Nachtigall, PE., Richardson, J., Thomas, JA., y Tyack, PL. (2008). Marine Mammal Noise-Exposure Criteria: Initial Scientific Recommendations. *Bioacoustics: The International Journal of Animal Sound and its Recording*, 17:1-3, 273-275. <https://doi.org/10.1080/09524622.2008.9753846>
- Tougaard, J., Wright, A.J., y Madsen, P.T. (2015). Cetacean noise criteria revisited in the light of proposed exposure limits for harbour porpoises. *Marine Pollution Bulletin* 90(1): 196-208. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.10.051>
- IUCN. (2024). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2024-2. <https://www.iucnredlist.org>.
- UNESCO. (2005). World Heritage List: Islands and Protected Areas of the Gulf of California. Consultado: 07-2024. <https://whc.unesco.org/en/list/1182/>
- Urbán-R, J., Rojas-Bracho, L., Guerrero-Ruíz, M., Jaramillo-Legorreta, A., y Findley, L.T. (2005). Cetacean diversity and conservation in the Gulf of California. 276-297. En:

- Cartron, J.L., Ceballos, G., y Felger, R.S. (eds.) Biodiversity, Ecosystems, and Conservation in Northern Mexico. Oxford University Press. Oxford, Reino Unido. 514 pp. <https://doi.org/10.1093/oso/9780195156720.003.0015>
- Urbán-R, J., Jiménez-López, E., Guzmán, H., Martínez-Loustalot, P., y Vilorio-Gómora, L. (2017). Preliminary report on the Humpback Whale Satellite Tagging in Los Cabos, BCS, México 2017. SC/A17/NP/15. Scientific Committee. International Whaling Commission.
- Urick, R.J. (1983) Principles of Underwater Sound. Peninsula Publishing, Wesport, Connecticut, EUA. 423 pp.
- Van Waerebeek, K., Baker, A.N., Félix, F., Gedamke, J., Iñiguez, M., Sanino, P.G., Secchi, E., Sutaria, D., van Helden, A., y Wang, Y. (2007). Vessel collisions with small cetaceans worldwide and with large whales in the Southern Hemisphere; an initial assessment. *Latin American Journal of Aquatic Mammals* 6(1): 43-69. <https://doi.org/10.5597/lajam00109>
- Wartzok, D., y Ketten, D.R. (1999). Marine mammal sensory systems. p 117-175. En: J.E. Reynolds III and S.A. Rommel (eds.). *Biology of Marine Mammals*. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C., EUA. 896 pp.
- Werschkun, B., Banerji, S., Basurko, O.C., David, M., Fuhr, F., Gollasch, S., Grummt, T., Haarich, M., Jha, A.N., Kacan, S., Kehrer, A., Linders, J., Mesbahi, E., Pughiuc, D., Richardson, S.D., Schwarz-Schulz, B., Shah, A., Theobald, N., von Gunten, U., Weick, S., y Hofer, T. (2014). Emerging risks from ballast water treatment: The run-up to the International Ballast Water Management Convention. *Chemosphere*. 256–266. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.03.135>
- Williams, T. M., Davis, R. W., Fuiman, L. A., Francis, J., Le Boeuf, B. J., Calambokidis, J., y Croll, D. a. (2000). Sink or Swim: Strategies for Diving by Mammals. *Science*, 288(5463), 133–136. <http://doi.org/10.1126/science.288.5463.133>
- Wood, J., B.L. Southall, y D.J. Tollit. (2012). PG&E offshore 3 D Seismic Survey Project EIR-Marine Mammal Technical Draft Report. SMRU Ltd.
- Woodside Energy Ltd, 'Pluto LNG Project Treated Waste Water Management Plan,' (2014), https://www.woodside.com/docs/default-source/our-business---documents-and-files/pluto---documents-and-files/pluto-lng-environmental-compliance-documents/pluto-lng-project---treated-waste-water-marine-discharge-management-plan.pdf?sfvrsn=c7a0e38d_4.

Apéndice 1: Valor económico de avistamiento de ballenas en el GOC

Tabla 1A tiene los datos que los prestadores de servicios turísticos envían a SEMARNAT sobre los beneficios económicos del avistamiento de ballenas (SEMARNAT-DGVS 2024). Muestran que la derrama económica generada en los últimos 10 años para ballena jorobada es de \$1,126,943,640.00 (MXN) y para ballena azul \$18,417,921.00 (MXN).

Tabla 1A. Permisos, viajes, ingresos y empleos generados por la observación de ballenas.

Especie	Temporada de observación	Permisos otorgados	Número de viajes	Ingresos generados pesos	Empleos generados
Ballena jorobada	2013-2014	438	15,713	101,880,636	876
	2014-2015	454	20744	74,573,031	908
	2015-2016	479	13,158	70,689,551	958
	2016-2017	483	ND	147,848,410	966
	2017-2018	315	17301	117,346,872	936
	2018-2019	402	13755	130,422,939	804
	2019-2020	348	10213	113,246,366	696
	2020-2021	298	9409	101,454,435	596
	2021-2022	271	8455	132,219,596	542
	2022-2023	318	13619	137,261,804	636
TOTAL		3806	122367	1,126,943,640	7918
Ballena azul	2012-2013	48	320	568,700	96
	2013-2014	64	376	787,600	128
	2014-2015	78	186	259,650	156
	2015-2016	88	401	807,700	176
	2016-2017	76	N.D.	6,641,555	152
	2017-2018	70	873	3,360,529	147
	2018-2019	70	328	1,229,913	140
	2019-2020	70	330	1,136,816	140
	2020-2021	62	292	1,164,891	124
	2021-2022	53	76	686,167	106
	2022-2023	38	266	1,774,400	76
TOTAL		717	3448	18,417,921	1441

Fuente: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Dirección General de Vida Silvestre (SEMARNAT-DGVS). Junio, 2024.

http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_BIODIV03_15&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce&NOMBREENTIDAD=*

Apéndice 2: Diversidad, distribución de grandes ballenas y odontocetos en el GOC y el uso de hábitat.

Rorcual común

Diferentes estudios indican que la población de rorcual tropical del GOC constituye una unidad única, distinta de conservación, con un tamaño efectivo de población baja, la cual es vulnerable a impactos antropogénicos, nuevas enfermedades y modificaciones de su hábitat (Bérubé *et al.*, 2002; Urbán *et al.*, 2005; Rivera-León *et al.*, 2019). Las estimaciones de abundancia más recientes, sugieren una estabilidad de la población en entre los 254 y 345 animales (ICs 95%: 139-450) (Pardo *et al.*, 2016).

Distribución

De acuerdo a modelos de nicho ecológico se observó que la mayor probabilidad de presencia para la especie durante todo el año (temporada templada y cálida) fue principalmente la región de las Grandes Islas, así como toda la costa de la Península y la costa del continente hasta la costa sur de Sinaloa. En contraste durante la temporada cálida la zona del Alto Golfo, así como la costa de Sinaloa no son idóneas para el rorcual común.

Uso de hábitat

El uso de hábitat es de decir zonas de crianza, alimentación, tránsito y descanso son, para la temporada templada las zonas identificadas para la crianza son centro del Alto Golfo, el sur de la región de las Grandes Islas y el corredor Loreto-La Paz. Las áreas de alimentación, tránsito y descanso son similares a las de crianza, con la diferencia de ser áreas más extensas (Jiménez 2019). Para la temporada cálida las zonas para la crianza se ubican en la Bahía de La Paz, Isla San José y los alrededores de Isla del Carmen, zona aledaña a isla Ángel de la Guarda y Bahía de los Ángeles. Se identificaron dos áreas de alimentación: 1) La región de las Grandes Islas (con excepción de la zona entre isla Ángel de la Guarda e isla Tiburón) y 2) la Bahía de La Paz. Las zonas de tránsito y descanso además de estas áreas incluyen toda la costa de la Península al sur de las Grandes Islas y el área central entre las Grandes Islas (Jiménez 2019).

Los resultados a partir de marcas satelitales colocadas en 2001 y 2018 indican que durante la temporada cálida las zonas más usadas para la alimentación son canal de Salsipuedes, canal de Ballenas, y el área centro del norte del golfo, esto es al norte Isla Tiburón hasta el sur de Isla San Jorge en Sonora (Fig. 1) (Jiménez 2019; Jiménez-López *et al.* 2019).

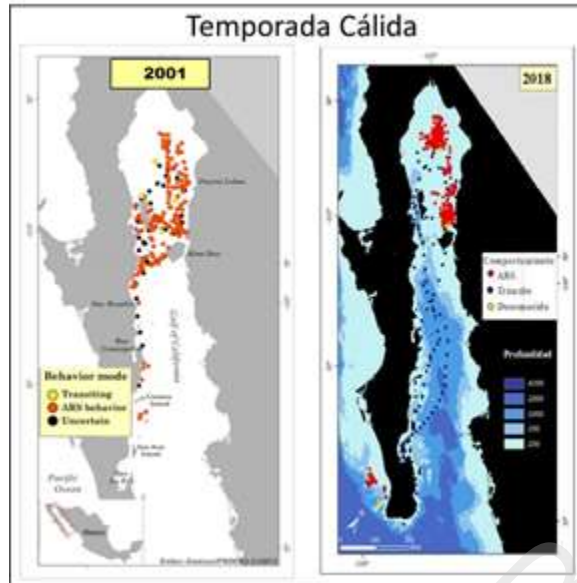


Figura 1. Distribución espacial del modo conductual del rorcual común, según trayectoria de marcas satelitales 2001 y 2018 durante la temporada cálida. ARS: conducta alimentación; Transiting o Tránsito: conducta navegación con rumbo determinado y Uncertain o Desconocido: conducta no inferida. Tomado y modificado de Jiménez-López et al., 2019 (izquierda) y Jiménez 2019 (derecha).

Durante la temporada templada la zona con mayor importancia para la alimentación es el canal de Salsipuedes y el espacio entre isla San Lorenzo e isla Tiburón y la costa que va desde la Bahía de Loreto, hasta el centro de Bahía de La Paz (Fig. 2).



Figura 2. Distribución espacial del modo conductual del rorcual común, según trayectoria de marcas satelitales 2001 durante la temporada templada. ARS: conducta alimentación; Transiting: conducta navegación con rumbo determinado y Uncertain: conducta no inferida. Tomado y modificado de Jiménez-López et al., 2019.

Trayectorias con marcas satelitales

Los resultados de las trayectorias de ocho marcas satelitales colocados en 2001 en individuos de rorcual común permiten reconocer tres áreas importantes para la población del golfo de California: 1) zona Norte del golfo, desde el Norte de isla Tiburón, Noreste de isla Ángel de la Guarda, y toda la zona centro Norte hasta el Sur de Isla San Jorge en Sonora. 2) Canal de Ballenas, Canal de Salsipuedes, área central del golfo al Sur de isla Tiburón. 3) Corredor costero desde Bahía de Loreto hasta la bahía de la Paz (Fig. 3) (Jiménez et al., 2019).

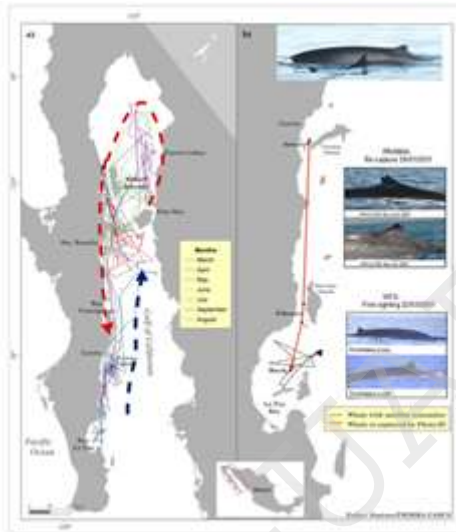


Figura 3. Trayectoria de ocho individuos con marca satelital, la línea roja y azul punteada indican la propuesta de patrón migratorio (Izquierdo). Fotografías de animales marcados e identificados con fotografía (2001) y recapturados en 2011 (Derecho). Tomado de Jiménez-López et al., 2019.

Rorcual tropical

Características y tamaño poblacional en el Golfo de California

Estudios de fotoidentificación (Breese y Tershy, 1987), genética (Dizon *et al.*, 1996) e isótopos estables (López-Montalvo, 2012) indican que hay una población residente al GOC y otra que es aparte del Pacífico adyacente a la península de Baja California. La única estimación sobre el tamaño poblacional que se tiene es de finales del siglo pasado, la que indicó la abundancia se estima en 400 individuos (Gerrodette y Palacios, 1994; Urbán y Flores, 1996), los cuales son considerados como un stock particular con respecto a otras poblaciones del mundo.

Distribución

Para esta especie las zonas idóneas con la mayor probabilidad de presencia durante la temporada templada, es norte de la región de las Grandes Islas, incluyendo Bahía de los Ángeles. En la temporada cálida la zona norte y central del golfo (con excepción de las costas el norte de Isla Tiburón, Bahía Kino y Guaymas) son áreas idóneas para su distribución. Para esta especie se observa una extensión en su área al sur de la región de los Cabos (Fig. 4) (Jiménez 2019).

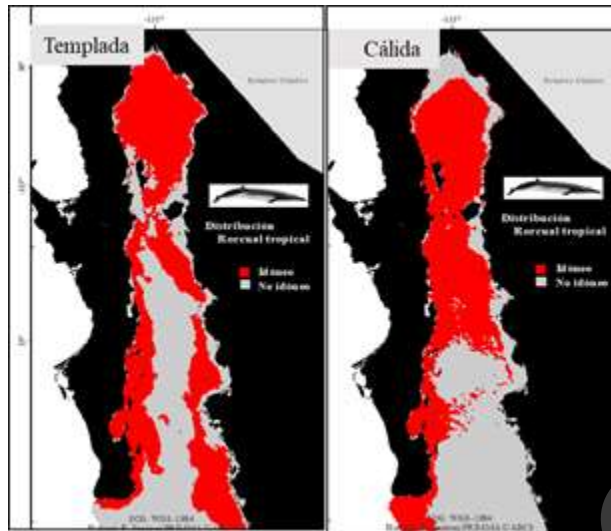


Figura 4. Idoneidad de hábitat para el rorcual tropical en temporada Templada y Cálida en el Golfo de California. (Jiménez 2019)

Uso de hábitat

Para la temporada templada para el uso “crianza”, se ha registrado principalmente en la costa oriental del golfo principalmente desde Santa Rosalía hasta la zona de Cabo Pulmo al sur, y en la costa de Sinaloa. Las zonas de alimentación son del golfo el área del centro de las Grandes Islas y al norte, sin su costa, y zona costera que inicia al sur de las Grandes Islas hasta Cabo Pulmo por la costa peninsular y hasta la costa norte de Sinaloa. Las áreas de tránsito y descanso son similares a las zonas de alimentación. Para esta especie durante esta temporada la parte central del golfo no está identificada como zona de uso (Jiménez 2019).

En la temporada cálida el área idónea para crías se restringe a dos áreas: 1) en el centro en el Alto golfo y los alrededores de la Isla Ángel de la Guarda y Bahía de los Ángeles; 2) en la Bahía de la Paz. Las zonas de alimentación y descanso fueron muy parecidas y se ubican al norte del golfo (sin incluir la costa norte) con un corte diagonal de Isla Tiburón a Santa Rosalía y al sur en la Bahía de La Paz. Las áreas de tránsito se identificaron a lo largo de la costa de la Península principalmente desde Isla del Carmen hasta los Cabos (Jiménez 2019).

Ballena azul

Características y tamaño poblacional en el Golfo de California

El GOC es una zona importante para la crianza y reproducción, pero también para la alimentación de la ballena azul (Gendron, 2002). La estimación más reciente indicó un valor de 238 ballenas (IC= 142-474, 95%) con captura-recaptura en el 2006 (Ugalde de la Cruz, 2008).

Distribución

La Región de la Bahía de Loreto es reconocida como una de las más importantes en términos de número de individuos agregados (SEMARNAT 2018). Sin embargo, observaciones recientes indican que las costas frente a Puerto Libertad también son importantes para la especie (Fig. 5) en particular para la alimentación.



Figura 5. Distribución de ballena azul frente a las costas de Puerto Libertad. (PRIMMA datos sin publicar).

Uso de hábitat

Las trayectorias de marcas satelitales indican que las ballenas azules usan todo el GOC para la alimentación y tránsito (Bailey et al., 2009) (Fig. 6).

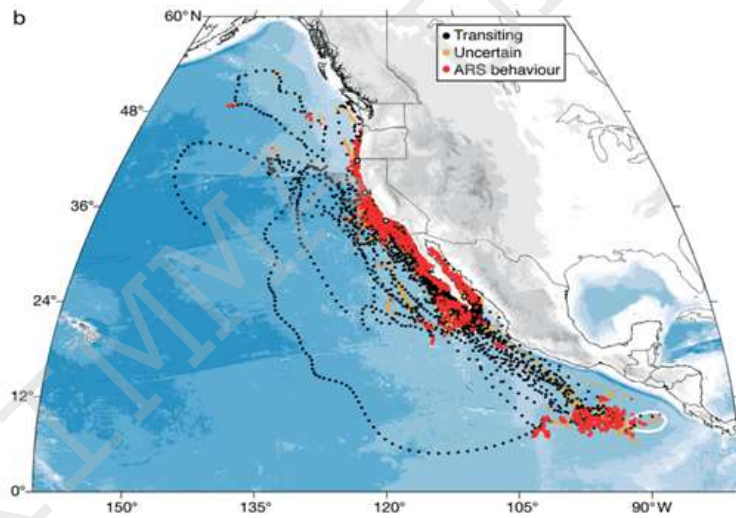


Figura 6. Distribución espacial del modo conductual de la ballena azul, según trayectoria de 92 marcas en ballenas azules desplegadas entre 1994 y 2007. ARS: conducta alimentación (puntos rojos); Transiting: conducta navegación con rumbo determinado (puntos negros) y Uncertain: conducta no inferida (puntos amarillos). Tomado de Bailey et al., 2009.

Cachalote

Los cachalotes ocurren en números considerables a lo largo de todo el año en el Golfo de California (GC), razón por la que se le reconoce como uno de los sitios de alimentación y crianza de mayor importancia para la especie en el Océano Pacífico (Valdés 2011). Se distribuyen desde las Grandes Islas hasta el Sur del GOC (Fig. 7). En particular se reconocen tres zonas de agregación de cachalote, estas áreas son San Pedro Mártir, Guaymas, el Farallón y Santa Rosalía (Guerrero de la Rosa, 2008).

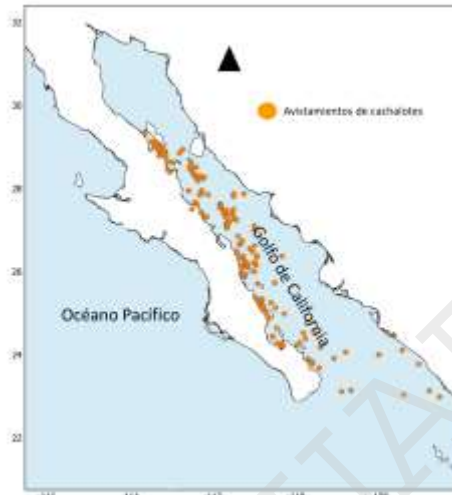


Figura 7. Avistamientos de cachalotes del 1998-2023. (PRIMMA datos no publicados)

Orcas

Distribución

Esta especie presenta diferencias en el uso del espacio geográfico según la temporada del año. Durante la temporada templada su distribución más probable es la región del Alto Golfo hasta el sur de las Grandes Islas, con una baja probabilidad en el Canal de Ballenas. Después hay un hueco en toda la zona centro del golfo y nuevamente una zona idónea está en la costa de la península desde el sur de Isla San José hasta la región de Los Cabos. Durante la temporada cálida la distribución es más extensa, incluye todas las zonas de la temporada templada y se suma la región central del golfo, y hay un continuo por la costa de la península, desde el Canal de Ballenas hasta la punta sur de la Península (Fig. 8) (Jiménez 2019).

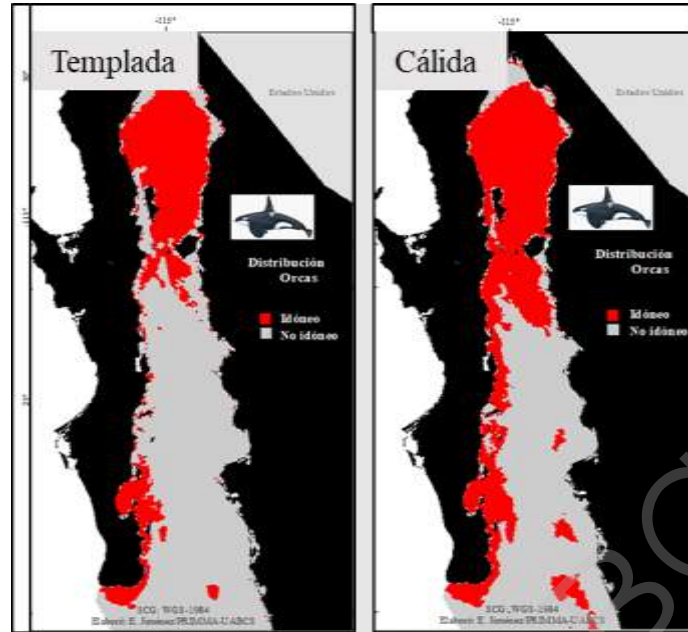


Figura 8. Áreas con mayor probabilidad de distribución de orcas, en el Golfo de California. Para la temporada templada (izquierdo) y para la temporada cálida (derecho). Tomado y modificado de Jiménez 2019.

Uso de hábitat

Para la temporada templada la zona de crianza y alimentación según el modelo son la zona costera de la península desde la región de los Cabos hasta Bahía Concepción y la costa sur de Sonora y la zona frente a Sinaloa (Fig. 9). En la temporada cálida tanto para el uso “crianza,” como “alimentación”, el área de ocupación es más extensa, inicia desde el san Felipe en la costa de la península, se extiende a todo lo ancho de la región del alto golfo, entre las Grandes Islas, la zona central del golfo también es usada y se abre hacia ambas costas del golfo (Fig. 9) (Jiménez 2019).

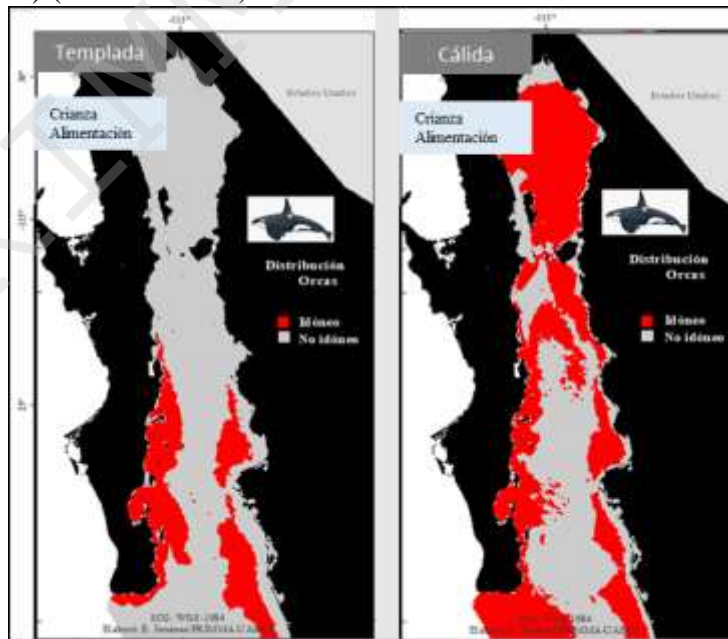


Figura 9. Uso de hábitat durante la temporada cálida (derecho) y para la temporada templada (izquierdo) para orcas en el Golfo de California. a) Crianza y Alimentación; b) Crianza y Alimentación. Tomado y modificado de Jiménez 2019.

Calderón de aletas cortas

Características y tamaño poblacional en el Golfo de California

Las estimaciones más recientes para la región de las Grandes Islas indica que hay una superpoblación con un tamaño de 2,270 individuos (IC 95% = 1,779.31– 2,898.08) (Alfonso Calles, 2020).

Distribución

En la temporada templada se distribuye a lo largo de ambas costas del golfo, región de las Grandes Islas. Y en la temporada cálida principalmente el Canal de Ballenas, Puertecitos como su límite de distribución al norte. Al sur las costas de Bahía Concepción y Guaymas y parte del corredor Loreto-La Paz, y la costa frente a los Cabos (Fig. 10) (Jiménez 2019).

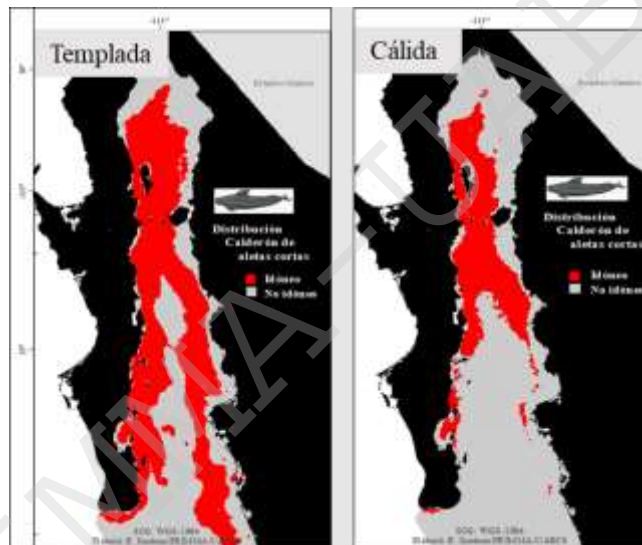


Figura 10. Áreas con mayor probabilidad de distribución del calderón aletas cortas, en el Golfo de California. Para la temporada templada (izquierdo) y para la temporada cálida (derecho). Tomado y modificado de Jiménez 2019.

Uso de hábitat

Para la temporada templada las zonas de crianza preferidas según el modelo de hábitat son la costa de la Península, Canal de Ballenas, zona central del golfo, centro del alto golfo principalmente. Para la temporada cálida estas áreas se reducen al centro del golfo, centro del alto golfo y el centro de la región de las Grandes Islas (Fig. 11) (Jiménez 2019).

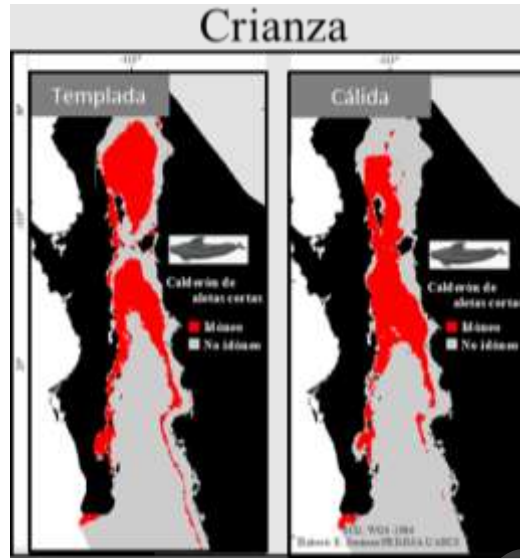


Figura 11. Zonas idóneas para la crianza de calderón aletas cortas durante la temporada Templada (izquierda) y Cálida (derecha) Tomado y modificado de Jiménez 2019.

Para la temporada cálida las zonas de alimentación identificadas son el centro de la región de las Grandes Islas, en particular del lado de la costa occidental, la entrada de Bahía de la Paz y alrededor de sus islas y la región de Los Cabos. El área de tránsito es muy similar, sin embargo, cabe resaltar que para esta actividad el área usada del centro del golfo es más amplia (Fig. 12) (Jiménez 2019).

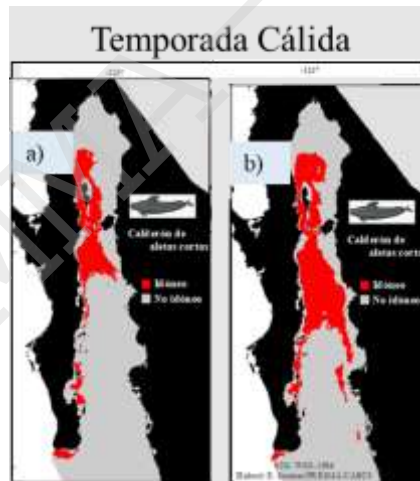


Figura 12. Uso de hábitat durante la temporada cálida para el calderón aletas cortas en el Golfo de California. a) Alimentación; b) Tránsito. Tomado y modificado de Jiménez 2019.

Ballena jorobada

La ballena jorobada es una especie migratoria que se mueve entre sus zonas de alimentación en altas latitudes y zonas de reproducción en bajas latitudes. En el Pacífico mexicano, que es una de sus principales zonas de reproducción, las ballenas jorobadas se congregan en: El extremo sur de la Península de Baja California, la Costa Continental de México, el Archipiélago de Revillagigedo, y el Sureste (Urbán y Aguayo, 1987; Urbán et al., 2000; González-Peral, 2011; Martínez-Loustalot, 2022). La agregación invernal de ballenas

jorobadas frente a las costas del sur de la península de Baja California constituye, tanto un área de destino como de tránsito durante su ciclo migratorio (Urbán et al., 2000). Hay ballenas en tránsito desde las costas continentales y desde el Archipiélago de Revillagigedo (González-Peral, 2011). Se sabe que, dentro del Golfo de California, las ballenas jorobadas se pueden encontrar al menos hasta Loreto, sin embargo, llegan a presentarse en la parte más al norte del Golfo de California (figura 13), siendo una distribución atípica, pues en ella se observan pocas ballenas, pero durante las cuatro estaciones del año. Por esta razón se considera que más que una región donde se concentren ballenas jorobadas durante el invierno con fines reproductivos, corresponde a una zona rica en alimento que permite que algunos individuos, generalmente jóvenes, no realicen su migración normal, pudiendo permanecer todo el año en el interior del Golfo de California (Rice, 1977; Urbán y Aguayo, 1987; González-Peral, 2011).

Distribución

De acuerdo a los avistamientos registrados por PRIMMA, se puede identificar que el corredor costero desde Bahía de la Paz hasta la Bahía de Loreto es una zona en las que se distribuyen más frecuentemente.

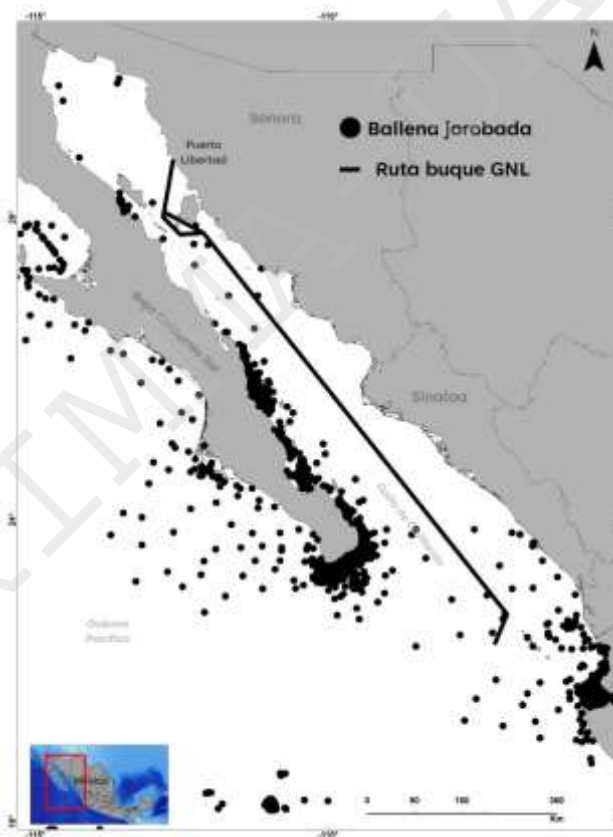


Figura 13. Avistamientos de ballena jorobada en el GOC.

Trayectorias con marcas satelitales

Los resultados de las trayectorias de 13 marcas satelitales colocadas en 2017 (Urbán et al., 2017) a ballenas jorobadas, 7 madres con cría, un escolta y 6 a adultos sin identificación de sexo en Los Cabos, Baja California Sur, permite reconocer la trayectoria de las madres con cría, las cuales se distribuyeron principalmente cerca de la costa alrededor de San José del Cabo. Durante la segunda semana de febrero dos de ellas se trasladaron a tierra firme y una inició su regreso migratorio a las áreas de alimentación, y dos más hacia el lado del Pacífico (figura 14). De los adultos, sólo dos individuos permanecieron más de 3 días en las mismas zonas. El adulto identificado como escolta se trasladó a tierra firme (figura X).

Con esto podemos observar que, para las ballenas jorobadas, la boca del GOC es un sitio de suma importancia para su tránsito en su migración.

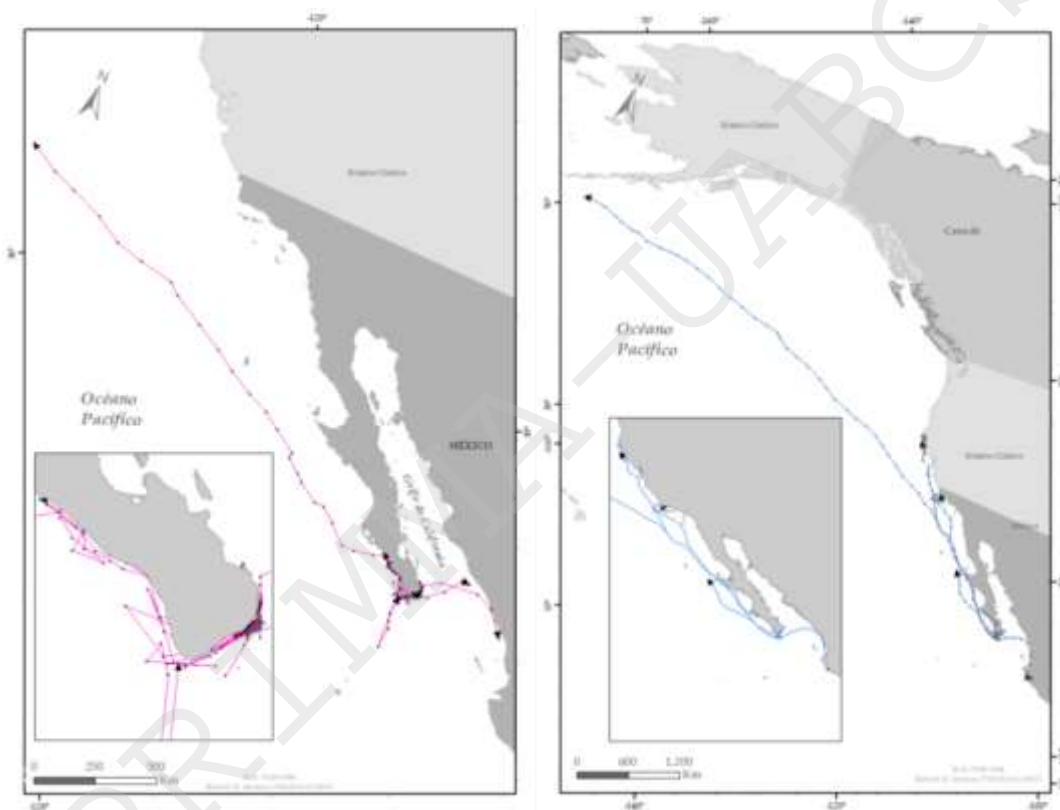


Figura 14. Movimientos de las ballenas jorobadas con marcas satelitales. Izquierda – Madres con cría; derecha- Adultos.

Referencias:

- Alfonso Calles, F.B. (2020). Abundancia y distribución espacio-temporal del calderón de aletas cortas (*Globicephala macrorhynchus*) en la región oriental de las Grandes Islas del Golfo de California. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. 61 pp.
- Bailey, H., Mate, B. R., Palacios, D. M., Irvine, L., Bograd, S. J., y Costa, D. P. (2009). Behavioural estimation of blue whale movements in the Northeast Pacific from state-space model analysis of satellite tracks. *Endangered Species Research*, 10, 93-106. DOI: 10.3354/esr00239
- Bérubé, M., Urbán, J., Dizon, A. E., Brownell, R. L., y Palsbøll, P. J. (2002). Genetic identification of a small and highly isolated population of Fin whales (*Balaenoptera physalus*) in the Sea of Cortez, Mexico. *Conservation Genetics*. 3(2), 183–190. <https://doi.org/10.1023/A:1015224730394>
- Breese, D., y Tershy, B. R. (1993). Relative abundance of cetacea in the Canal de Ballenas, Gulf of California. *Marine Mammal Science*, 9(3), 319–324. <http://doi.org/10.1111/j.1748-7692.1993.tb00460.x>
- Dizon, A., Lux, C. A., LeDuc, R. G., Urbán, R. J., Henshaw, M. y Brownell, R. Jr. (1996). An interim phylogenetic analysis of sei and Bryde's whale mitochondrial DNA control region sequences. SC/47/NP23 presented to the IWC Scientific Committee. 12p.
- Gendron, D. (2002). Ecología poblacional de la ballena azul, *Balaenoptera musculus*, de la Península de Baja California. Tesis de doctorado. CICESE. Ensenada, B.C. 112 p.
- Gerrodette, T. y Palacios, D. N. (1994). Estimates of cetacean abundance in EEZ waters of the Eastern Tropical Pacific. Southwest Fisheries and Science Center. Administrative Report LJ-96–10. 28 p. DOI: 10.1109/OCEANS.2003.178425
- González – Peral, U. (2011). Definición y características de las Unidades Poblacionales de las ballenas jorobadas que se congregan en el Pacífico mexicano. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- Guerrero de la Rosa, F.J. (2008). Variación en la dieta de los cachalotes del Golfo de California con base en isótopos estables de carbono y nitrógeno. Tesis de Maestría en Manejo de Recursos Marinos. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, B.C.S., México, viii, 67 h.
- Jiménez, L. (2019). Propuesta de áreas prioritarias para la conservación de grandes ballenas del Golfo de California. Tesis de Doctorado. UABCS
- Jiménez López, ME., Palacios, DM., Jaramillo Legorreta, A., Urbán R, J., Mate, BR. (2019). Fin whale movements in the Gulf of California, Mexico, from satellite telemetry. *PLoS ONE* 14(1): e0209324. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209324>
- López-Montalvo, C. (2012). Caracterización de la ecología alimentaria del rorcual de Bryde, *Balaenoptera edeni* (Anderson, 1879), en el Golfo de California, con base en análisis de isótopos estables de nitrógeno, carbón y ácidos grasos. Tesis de maestría. Instituto del Mar y Limnología, UNAM. 76 pp.
- Martínez-Loustalot, P. (2022). Diferenciación y características de las unidades poblacionales de la ballena jorobada en México y Centroamérica. Tesis de Doctorado. Posgrado de Ciencias Marinas y Costeras. Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- Pardo, M., Gendron, D., Carone, E., Jiménez, E., Busquets, G., Rosales, H., Urbán, J., Viloria, L., Enríquez, L., y Mata, R. (2016). Determinación del estado y dinámica

- poblacional del rorcual común en el Golfo de California. Informe final: Programa de Conservación de Especies en Riesgo (PROCER). CONANP.
- Rice, D.W. (1977). The humpback whales in the North Pacific: Distribution, Exploitations, and Numbers. en: Norris KS, Reeves RR (eds) Report on a workshop on problems related to humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in Hawaii Final report for MMC contract MM7AC018. U.S. Dep. Commer., Nat. Tech. Info. Serv. PB-280 794, Springfield, VA, p 90
- Rivera-León, V. E., Urbán, J., Mizroch, S., Brownell Jr, R. L., Oosting, T., Hao, W., Palsbøll, P., y Bérubé, M. (2019). Long-term isolation at a low effective population size greatly reduced genetic diversity in Gulf of California fin whales. Scientific Reports, 9(1), 12391. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-48700-5>
- SEMARNAT (2018). Programa de Acción para la Conservación de la Especie Rorcual Común (*Balaenoptera physalus*), SEMARNAT/ CONANP, México (Año de edición 2018).
- Ugalde de la Cruz, A. (2008). Abundancia y tasa de supervivencia de ballenas azules en el golfo de california. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. La Paz. B.C.S. 64 p.
- UICN. (2024). The IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2024-2. <https://www.iucnredlist.org>.
- Urbán, J., & Aguayo, L. (1987). Spatial and seasonal distribution of the humpback whale, *Megaptera novaeangliae*, in the Mexican Pacific. Marine Mammal Science. 3(4):333-344. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.1987.tb00320.x>
- Urbán, R. J. y Flores, S. R. (1996). A note on Bryde's Whales (*Balaenoptera edeni*) in the Gulf of California, Mexico. Rep. Int. Whal. Commn. 46: 453–457.
- Urbán, J., Jaramillo, A.L., Aguayo, A.L., Ladrón de Guevara, P., Salinas, M.Z., Álvarez, C.F., Medrano, L., Jacobsen, J.K., Balcomb, K.C., Claridge, D.E., Calambokidis, J., Steiger, G.H., Straley, J.M., Ziegesar, O., Waite, J.M., Mizroch, S., Dahlheim, M.E., Darling, J.D., y Baker, C.S. (2000). Migratory destination of humpback whales wintering in the Mexican Pacific. The Journal of Cetacean Research and Management 2(2): 101-110. DOI: 10.47536/jcrm.v2i2.493
- Urbán, J., B. Mate, S. Jaume-Shinkel, C. Díaz, B. Tershy, A. Acevedo-Gutiérrez y D. Croll. (2005). Determination and characterization of Fin whale habitat in the Gulf of California. Resúmenes. 16th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals. San Diego, EE.UU.
- Urbán-R, J., Jiménez-López, E., Guzmán, H., Martínez-Loustalot, P., y Vilorio-Gómora, L. (2017). Preliminary report on the Humpback Whale Satellite Tagging in Los Cabos, BCS, México 2017. SC/A17/NP/15. Scientific Committee. International Whaling Commission.
- Valdés Arellanes, M.P. (2011). Identidad genética de las agregaciones de cachalote (*Physeter macrocephalus*) en el Golfo de California: temporalidad y uso de hábitat. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma De Baja California.

Apéndice 3:

Tabla 4. Referencias erróneas o incompletas en el PPCB.

Referencia	Observaciones de error o información incompleta:
Rosales Nanduca, H., Urbán R., J., & Hernández B., P. (2011). Distribución histórica de los avistamientos de mamíferos marinos documentados en el Pacífico de México.	La referencia no existe en Google Scholar y la cita no incluye la revista de la publicación.
Urbán R., C. Hernández, O. Sánchez and P. Zavala-G. 1997. Marine mammal surveys in the Gulf of California. Eastern Pacific dolphin research, Rep 7: 13-15.	La referencia no existe en Google Scholar y tampoco se pudo encontrar la revista en la cita.
Arroyo, J. L. (2017). Avistamiento de cetáceos en aguas occidentales del Golfo de California. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California.	La referencia no existe en Google Scholar y no se pudo encontrar en otras bases de datos disponibles públicamente.
Meador, J. P., Yeh, A., & Young, G. (2016). A review on the environmental impacts of shipping on aquatic and nearshore ecosystems. Journal of environmental management, 183, 260-276.	La referencia cita incorrectamente el año y los autores del artículo. Tampoco está claro qué respalda esta referencia en el documento, ya que no está incluida en el cuerpo del texto. Según nuestra investigación, la cita correcta es: Annika K. Jägerbrand, Andreas Brutemark, Jennie Barthel Svedén, Ing-Marie Gren. (2019). A review on the environmental impacts of shipping on aquatic and nearshore ecosystems, Science of The Total Environment, Volume 695, 133637. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133637 .
Kim, J.w., Song, H.C., Kim, J.T. & Kim, C. (2017). Effects of ship speed reduction on underwater radiated noise in East Asia Seas.	La referencia no existe en Google Scholar y la cita no incluye la revista de la publicación.
Vidal, O. (1991). Análisis de las distribuciones espacial y temporal de los cetáceos en el noroeste del Golfo de California. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur.	La referencia no existe en Google Scholar y no se pudo encontrar en otras bases de datos disponibles públicamente.
Yoskowitz, D. W.; Macdonald, M.; Ramanujan, A. et al., "Environmental impacts of shipping: Review and synthesis of recent scientific studies", PLoS ONE, vol. 14, no. 11, pp. 1-23, Nov. 2019.	La referencia no existe ni Google Scholar ni en la revista incluida en la cita.

<p>Schoeman, R. P., Atkinson, L. J., Jarre, A., Lamont, T., Pitcher, G. C., Purves, M. G., & van der Westhuizen, J. J. (2020). Marine megafauna interactions with small-scale fisheries in the southwestern Indian Ocean: a review and synthesis of knowledge. <i>Reviews in Fish Biology and Fisheries</i>, 30(3), 347-372.</p>	<p>La referencia no existe ni Google Scholar ni en la revista incluida en la cita.</p>
<p>Rivera-Galicia, L. G. (2008). Diversidad, distribución y estacionalidad de cetáceos en Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit, México. Tesis de Maestría, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste.</p>	<p>La referencia no existe ni Google Scholar ni en la revista incluida en la cita.</p>
<p>Padilla-Saldívar, J. A., Robles-Hernández, R., Cota-Gómez, V. M., Rodríguez-Montiel, D., Morán-Angulo, R. E., & Acevedo-Cervantes, A. (2003). Mamíferos marinos en México: Informe sobre su distribución y abundancia. Instituto Nacional de la Pesca, SEMARNAT, Serie de Publicaciones Técnicas No. 7.</p>	<p>La referencia no existe en Google Scholar y no se pudo encontrar en otras bases de datos disponibles públicamente.</p>
<p>Laist, D. W., Knowlton, A. R., & Pendleton, D. E. (2001). Collisions between ships and whales. <i>Marine Mammal Science</i>, 17(1), 35-75.</p>	<p>La referencia cita incorrectamente los autores del artículo. Tampoco está claro qué respalda esta referencia en el documento, ya que no está incluida en el cuerpo del texto. Según nuestra investigación, la cita correcta es: Laist, D.W., Knowlton, A.R., Mead, J.G., Collet, A.S. and Podesta, M. (2001), COLLISIONS BETWEEN SHIPS AND WHALES. <i>Marine Mammal Science</i>, 17: 35-75. https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.2001.tb00980.x.</p>
<p>Jefferson, T.A., Leatherwood, S., & Webber, M.A. (1994). <i>Marine mammals of the world</i>. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.</p>	<p>Referencia citada incorrectamente y poco claro lo que sustenta en el cuerpo del texto.</p>
<p>Instituto del Mar del Perú (IMARPE). (2016). Evaluación Anual 2016: Investigaciones de Recursos Pelágicos, Programa I: Diagnóstico de las poblaciones de los recursos pesqueros para el ordenamiento como base para su sostenibilidad y seguridad alimentaria. Lima: IMARPE.</p>	<p>La referencia no está relacionada con el tema en cuestión y no está claro qué respalda en el cuerpo del texto.</p>
<p>Baumann-Pickering, S., Wiggins, S.M, Hildebrand, J.A., Roch, M.A. & Schnitzler, H.U. (2016). Effects of Ships and Boats on Underwater Ambient Noise Levels in Harbors along the</p>	<p>La referencia cita incorrectamente los autores del artículo. Tampoco está claro qué respalda esta referencia en el documento, ya que no está incluida en el cuerpo del texto. Según nuestra investigación, la cita correcta es: Blackwell, S. B., Nations, C. S., McDonald, T. L., Thode, A. M., Mathias, D., Kim, K. H., ... &</p>

<p>Southern California Coastline. PLoS ONE, 11(6): e0150325.</p>	<p>Macrander, A. M. (2015). Effects of airgun sounds on bowhead whale calling rates: evidence for two behavioral thresholds. <i>PLoS one</i>, 10(6), e0125720.</p>
<p>Alfonso Calle, F. B. (2018). Abundancia y distribución espacio-temporal del calderón de aletas cortas (<i>Globicephala macrorhynchus</i>) en la región oriental de las Grandes Islas del Golfo de California (Master's thesis, Centro de Investigaciones y de Educación Superior de Ensenada (CICESE).</p>	<p>La referencia está citada incorrectamente. Esta es la cita correcta según nuestra investigación: <i>Alfonso Calles, F.B. 2020. Abundancia y distribución espacio-temporal del calderón de aletas cortas (Globicephala macrorhynchus) en la región oriental de las Grandes Islas del Golfo de California. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. 61 pp.</i></p>
<p>Nordtvedt Reeve, J. (2013). Anthropogenic noise disturbance of marine mammals: A global review. <i>Marine Pollution Bulletin</i>, 67(1-2), 61-67.</p>	<p>La referencia no existe ni Google Scholar ni en la revista incluida en la cita.</p>
<p>Finnera, 2015</p>	<p>La referencia está incompleta. Por lo tanto, no es posible saber con certeza cuál es la referencia que debería haberse citado.</p>
<p>Guan y Brookens, 2023</p>	<p>La referencia está incompleta. Por lo tanto, no es posible saber con certeza cuál es la referencia que debería haberse citado.</p>

PRIMMA-UMCS