

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
ESCUELA DE BIOLOGÍA**



Contaminantes metálicos en cetáceos varados en las costas salvadoreñas

Trabajo de graduación presentado por:

Br. Wendy Emely Mendoza Hernández

Para optar al grado de Licenciada en Biología

Asesora interna:

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Ana Martha Zetino Calderón".

M.Sc. Ana Martha Zetino Calderón

Asesora externa:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Roxana Margarita López Martínez".

M.Sc. Roxana Margarita López Martínez

Ciudad Universitaria, octubre de 2024

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
ESCUELA DE BIOLOGÍA**



Contaminantes metálicos en cetáceos varados en las costas salvadoreñas

Trabajo de graduación presentado por:

Br. Wendy Emely Mendoza Hernández

Para optar al grado de Licenciada en Biología

Tribunal Evaluador:

Mtro. René Fuentes Morán

Lic. Luis Armando Pineda Peraza

M.Sc. Ana Martha Zetino Calderón

Ciudad Universitaria, octubre de 2024

Autoridades de la Universidad de El Salvador

Rector:

M. Sc. Juan Rosa Quintanilla

Vicerrector Académico:

Dra. Evelyn Beatriz Farfán Mata

Vicerrector Administrativo:

M. Sc. Roger Armando Arias Alvarado

Secretario General:

Lic. Pedro Rosalío Escobar Castaneda

Facultad de Ciencias Naturales y Matemática

Decano:

Dr. Luis Gilberto Parada Gómez

Vice- decano:

Dr. José Nery Funes Torres

Secretario:

Licda Ángela Gudelia Portillo de Pérez

Directora de la Escuela de Biología:

Licda. Milagro Elizabeth Salinas Delgado

I. Dedicatoria

A mi madre Mirian Hernández
A mi familia

II. Agradecimientos

Primeramente, darle las gracias a Dios por permitirme llegar hasta este momento y cumplir uno de mis sueños.

A mi madre Mirian Hernández a quien le dedico este triunfo sin su apoyo y motivación no hubiera sido posible.

A mis maestros a lo largo de mis estudios quienes brindaron conocimientos académicos y lecciones de vida sin duda alguna guardo cada uno de sus consejos, gracias por sus palabras fueron en el momento preciso.

A mi asesora Margarita López, por su tiempo y motivación sin duda alguna es quien me motivo, creyó en mí y apoyo durante este proceso.

A mi asesora Martha Zetino, por su asesoría.

A Melani Sánchez por su amistad y apoyo incondicional.

A JDavid Escobar Muñoz por las clases de estadística, la paciencia y motivación que nunca faltó.

A mis compañeros quienes me ayudaron a lo largo de mis estudios. A PANACETACEA por el financiamiento de mi investigación

A Luis Pineda por su apoyo y gestión.

A cada uno de los guardarrrecursos que siempre me apoyaron y pusieron a la orden cuando llegaba a campo, sin duda alguna aprendí mucho de ustedes.

Al personal de Fusades por brindarme la oportunidad de entrar al laboratorio, en especial ala Licda Ana Villalta.

A. Índice de contenido

Contenido

1. Resumen	1
2. Introducción.....	2
3. Objetivos	3
a. Objetivo General	3
b. Objetivos Específicos.....	3
4. Marco Teórico	4
4.1. Generalidades de los Cetáceos.....	4
4.2. Clasificación de los cetáceos	5
4.2.1. Superfamilia Mysticeti	5
4.2.2. Superfamilia Odontoceti.....	6
4.3. Importancia de los cetáceos	7
4.3.1. Importancia Ecológica	7
4.3.2. Importancia Económica y turismo ecológico	8
4.4. Impactos sobre las poblaciones	8
4.4.1. Cambio climático	8
4.4.2. Actividades pesqueras.....	9
4.4.3. Navegación pesquera y turística.....	9
4.4.4. Contaminación acústica del océano	9
4.4.5. La contaminación marina.....	10
4.4.6. Contaminación por metales con énfasis en Hg y Pb	10
4.4.7. Plomo.....	11
4.4.8. Mercurio.....	12
4.5. Los cetáceos en El Salvador.....	12
4.6. Varamientos de cetáceos	13
4.7. Clasificación de varamientos	14
4.7.1. Según intención de varar	14
4.7.2. Según cantidad de individuos que varan.....	14
4.8. Posibles causas de un varamiento.	15
4.9. Varamiento en El Salvador.....	15
5. Materiales y métodos	18
5.1. Descripción del sitio de estudio	18

5.2.	Fase de campo.....	21
5.2.1.	Datos biológicos y ambientales	21
5.3.	Fase de laboratorio.....	23
5.3.1.	Método para la determinación de plomo.....	26
5.3.2.	Método para la determinación de mercurio.....	27
6.	Resultados	28
6.1.	Registro de especímenes varados en la costa salvadoreña	28
6.2.	Variables Biológicas	30
6.3.	Registro de especímenes varados con colecta de muestra.....	31
6.4.	Muestras para los análisis.....	32
6.5.	Concentraciones de metales Pb y Hg de cada especie varada en las costas salvadoreñas (noviembre 2021-noviembre 2022).....	32
6.6.	Concentraciones de metales por especie varada.....	34
6.7.	Análisis Mg y Pb por tejido	35
7.	Discusión	35
8.	Conclusiones	37
9.	Recomendaciones	38
10.	Referencia Bibliográfica	39
11.	Anexo: Ficha de atención de varamientos de cetáceos en El Salvador.....	43

B. Índice de tabla

Tabla 1 Especies de cetáceos varados en El Salvador entre 1995-2019.....	16
Tabla 2 varamientos ocurridos de noviembre de 2021 a febrero de 2023 en las costas salvadoreñas	29
Tabla 3 variables biológicas de cada varamiento.	30
Tabla 4 comparación de las concentraciones en sexo (Hembra y Macho)	30
Tabla 5 Presencia de contaminantes metálicos pesados Pb y Hg por edad relativa.....	31
Tabla 6 Total, de muestras colectadas por espécimen.....	31
Tabla 7 Cantidad de muestras y porcentajes por análisis	32
Tabla 8 Concentración de Plomo (Pb) en cetáceos varados en costas salvadoreñas en tejido grasa y músculo (noviembre 2021- diciembre 2022)	33
Tabla 9 Concentración de Mercurio (Hg) en cetáceos varados en costas salvadoreñas, tipo de tejido Grasa y Músculo (noviembre 2021- diciembre 2022).	34
Tabla 10 Promedio de concentración por especie varada.....	34
Tabla 11 Promedio de análisis de Hg y Pb	35

C. Índice de figuras

Figura 1. Línea evolutiva de los cetáceos hasta la actualidad (Price et al., 2005; WoRMS, 2021).	5
Figura 2. Esquema de Mysticetos y Odontocetos con las partes características de cada grupo. Fuente: https://www.ina-pidte.ac.cr/	7
Figura 3. Elemento químico El plomo. Fuente: https://es.slideshare.net/	11
Figura 4. símbolo y estado del elemento Mercurio. Fuente: https://es.slideshare.net	12
Figura 5. Varamiento de una ballena jorobada en La Libertad. Fuente: La Prensa Gráfica, 2021.....	17
Figura 6. de satélite La planicie costera de occidente se extiende entre el estuario del río Paz y Punta Remedios.	18
Figura 7. de satélite de la sección dos de la zona costera de El Salvador, empezando a la izquierda con Acajutla y a la derecha con el inicio del estero de Jaltepeque, cercano al Aeropuerto El Salvador Monseñor Oscar Arnulfo Romero.	19
Figura 8. de satélite de la sección tres de la zona costera de El Salvador, formada por el estero de Jaltepeque a la izquierda, seguido por la desembocadura del Río Lempa, y la Bahía de Jiquilisco a la derecha.	20
Figura 9. de satélite de la sección cuatro de la zona costera de El Salvador, que va de la Bahía de Jiquilisco a la izquierda, al golfo de Fonseca a la derecha.	20
Figura 10. Grado de descomposición de los cetáceos varados. Fuente: propia (A) y personal de MARN (B).....	22
Figura 11. Toma de muestra de grasa y músculo. Fuente: Guardarrecursos MARN.	23
Figura 12. Muestras empacadas y etiquetadas listas para trasladar al laboratorio.	23
Figura 13. Recepción de las muestras en el laboratorio de FUSADES.....	24
Figura 14. Muestras trituradas.....	24
Figura 15. Peso y distribución de cada una de las muestras en el Laboratorio Físico-Químico de Alimentos.	25
Figura 16. Procedimiento de desintegración de las muestras a través de la aplicación de ácidos.....	25
Figura 17. Realización de lecturas en el Espectrofotómetro AA con Horno de Grafito, Laboratorio absorción Atómica, FUSADES.....	26
Figura 18. Realización de lecturas en el Espectrofotómetro AA con generador de hidruros, para análisis de mercurio, Laboratorio de absorción atómica, FUSADES.	27
Figura 19. Sitios de varamientos con recolecta de muestras. Zona Occidental: 1. Kogia sima; 6. Tursiops truncatus; 8. Stenella attenuata, Zona central: 2, 7. Stenella Coerulealba. Zona Oriental: 9, Stenella cf longirostris.	28

1. Resumen

Los cetáceos son un grupo de mamíferos completamente adaptados a la vida acuática, muy importantes para el ecosistema marino principalmente por su rol que desempeñan, siendo: fertilizadoras del océano, mitigadoras del cambio climático y promovedoras de biodiversidad. Sin embargo, los cetáceos se enfrentan a múltiples afectaciones antrópicas, entre ellas el turismo mal planificado, enmallamientos y pesca incidental, así como la interacción con contaminantes orgánicos e inorgánicos.

Los metales como el Plomo y Mercurio son considerados como tóxicos y perjudiciales a la salud y diversidad de organismos incluyendo el ser humano, afectando el sistema nervioso, difusión renal, inmunotoxicidad y toxicidad en órganos reproductivos. Los cetáceos como las ballenas son considerados como centinelas y a través de estas especies es posible extrapolar la salud de los océanos.

En este sentido, durante los meses de noviembre 2021 a febrero de 2023 se llevó a cabo la investigación para identificar la presencia de Mercurio y Plomo en especies de cetáceos varados en la costa salvadoreña. A través de la red de atención de varamientos dirigida por el Programa Nacional de Conservación de Cetáceos de El Salvador fue posible la recolecta de 22 muestras de tejido muscular y grasa en cinco especies: *Kogia sima*, *Stenella attenuata*, *Stenella cf. longirostris*, *Stenella coeruleoalba* y *Tursiops truncatus*. El objetivo fue determinar la presencia de contaminantes metálicos de estos cetáceos varados en las costas salvadoreñas. A través de lecturas en Espectrofotómetro de Absorción Atómica (AA) con Horno de Grafito para la detección de Plomo y lecturas en Espectrofotómetro de AA con generador de Hidruros para identificación de Mercurio.

De las cinco especies estudiadas, en tres especímenes se identificó la presencia de Plomo y Mercurio, teniendo a *Stenella cf longirostris* con un 2.62 mg/100g de Mercurio y *Stenella coeruleoalba* con un 0.0125 mg/100g de Plomo, ambas especies presentando los valores más altos de cada análisis.

2. Introducción

Los cetáceos constituyen un suborden de mamíferos que incluye a las ballenas, delfines y marsopas. En El Salvador han sido reportadas 22 especies de cetáceos, con potencial de distribución para el país de 27 especies, 16 de éstas cuentan con reporte de varamiento en lacosta salvadoreña (MARN, 2021).

Durante los años 1995 y 2019, 49 varamientos de cetáceos en 28 sitios del litoral de El Salvador han sido reportados. Entre las causas asociadas se han atribuido a síntomas de enfermedades desconocidas, ingesta de plásticos y causas desconocidas, por lo que, de forma general, se desconoce si los cetáceos están acumulando contaminantes metálicos o están siendo afectados por ellos y por ende inducir a un varamiento y su muerte (Ibarra et al, 2021).

Es conocido que los metales son componentes naturales de los océanos y algunos son requeridos por los organismos en cantidades pequeñas, sin embargo, también algunos de estos contaminantes pueden tener un origen a partir de actividades antrópicas (industrial, urbano, agrícola, ganadero, etc.). Cuando la concentración es elevada en el ambiente, es posible que algunos organismos como los cetáceos puedan estar expuestos y generarles toxicidad aún en bajas concentraciones, pudiendo ocasionar barreras metabólicas y disminuir la protección de los organismos frente a otros estresores externos, hasta inclusive ocasionar su muerte.

Por lo anterior, la presente investigación tuvo como finalidad, determinar la presencia de metales pesados en los músculos y grasa de cetáceos varados en El Salvador con énfasis en mercurio y plomo. Adicionalmente se realizaron comparaciones entre las concentraciones de metales encontrados en las especies y el tamaño de los especímenes, así como también entre los sexos de cetáceos varados. La investigación se realizó en toda la zona costera de El Salvador, sin embargo, para la obtención de las muestras, el espécimen debió cumplir ciertos parámetros que nos garantizaron el éxito de la investigación. Con esto se suma a los esfuerzos de investigación para dilucidar las posibles causas de varamientos y generar información que conduzca a la implementación de estrategias de conservación para los cetáceos.

3. Objetivos

a. Objetivo General

- Determinar la presencia de contaminantes metálicos en cetáceos varados en las costas salvadoreñas.

b. Objetivos Específicos

- Identificar la presencia de Hg en músculo y grasa de cetáceos varados.
- Identificar la presencia de Pb en músculo y grasa de cetáceos varados.
- Comparar las concentraciones de metales con variables biológicas como: especies, tamaños de especímenes y sexo de cetáceos varados

4. Marco Teórico

4.1. Generalidades de los Cetáceos

Los cetáceos (ballenas, delfines y marsopas) incluyen actualmente 92 especies que habitan los océanos, lagos y ríos del mundo (Committee on Taxonomy 2021). Algunos son cosmopolitas y se encuentran en aguas marinas de un polo a otro, mientras que otros están restringidos por la ecología y el estado de la población a rangos pequeños de unos pocos miles de kilómetros cuadrados o incluso menos. Algunos son exclusivamente marinos, otros son de agua dulce y algunos están presentes en ambos ambientes. Sin embargo, los cetáceos no siempre fueron animales marinos: sus ancestros terrestres modificaron su morfología durante millones de años, desarrollando mecanismos adecuados para la supervivencia en el medio acuático (Carbonell 2020; Perrin, 2021). Los cetáceos se ubican entre los artiodáctilos (ungulados pares: vacas, ovejas, antílopes, camellos, cerdos, etc.); sus parientes vivos más cercanos son los hipopótamos. Antiguamente era considerado un orden, actualmente se incluyen en el Orden Cetartiodactyla, infraorden Cetacea (Price et al. 2005; WoRMS 2021) (Fig. 1).

Son unos de los mamíferos con una morfología diferente a la típica de un mamífero convencional, ya que tienen formas alargadas como peces, con las extremidades anteriores transformadas en aletas y las posteriores están ausentes. El cuerpo termina en una aleta caudal de disposición horizontal, a diferencia de los peces. Presentan un característico alargamiento del cráneo y una migración de la cavidad respiratoria hacia la parte superior de la cabeza, donde se ubican los orificios nasales. La piel está casi desprovista de pelos y posee una gruesa capa de grasa para mantener el calor. Poseen un sofisticado sistema de ecolocalización que utilizan para desplazarse en el medio, cazar o relacionarse con otros individuos. Los cetáceos están formados por dos grandes grupos, los que poseen dientes y son carnívoros y los que poseen barbas en lugar de dientes y se alimentan de plancton y organismos pequeños nadadores (Taxateca 2021).

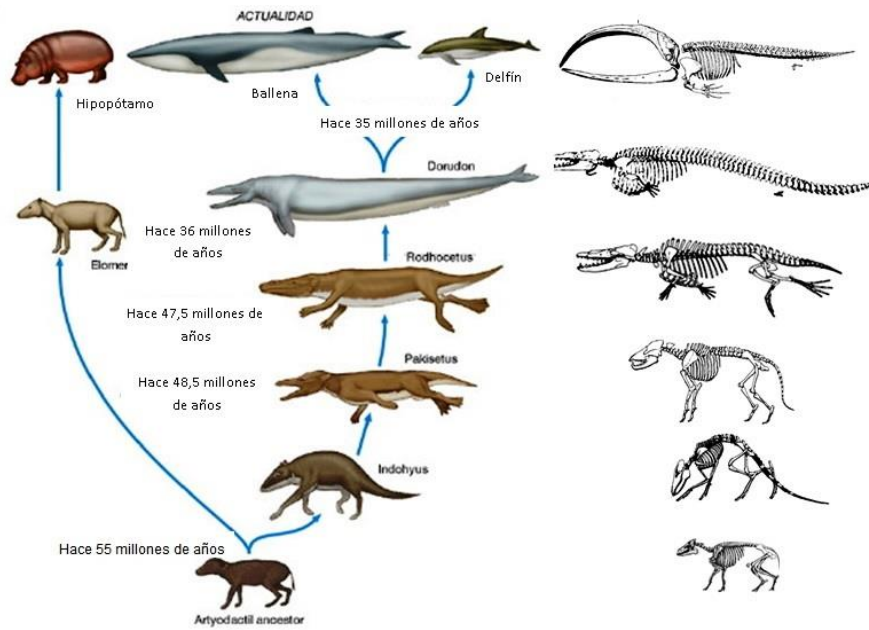


Figura 1. Línea evolutiva de los cetáceos hasta la actualidad (Price et al., 2005; WoRMS, 2021).

4.2. Clasificación de los cetáceos

Actualmente el infraorden Cetacea incluye a tres superfamilias, una de ellas extinta (Arqueocetos), así como a los cetáceos barbados o ballenas (Mysticeti) y los cetáceos con dientes (Odontoceti), en este último se agrupan los delfines y marsopas (WoRMS 2021).

4.2.1. Superfamilia Mysticeti

Conocidos como ballenas barbadas, son los animales más grandes que han existido en el mundo. El grupo lo forman rorcuales (ejemplo: *Balaenoptera physalus*) y ballenas, divididos en cuatro familias y 15 especies. Son carnívoros sin dientes que, en su lugar, poseen en el maxilar superior de la boca unas barbas de queratina (parecido al material de las uñas) que filtran el agua que sale de su boca atrapando los organismos vivos de los que se alimentan, principalmente krill y pequeños peces o crustáceos (Fig. 2).

Poseen una gruesa capa de grasa que les aísla de las bajas temperaturas en las aguas frías donde habitan y sus pulmones están adaptados para obtener un 80% del oxígeno del aire (en los humanos es un 20%), además de colapsar en lugar de resistirse a la presión. Esto les otorga la capacidad de sumergirse a grandes profundidades donde la presión es enorme (Partal 2021).

4.2.2. Superfamilia Odontoceti

Cetáceos dentados, poseen un hocico provisto de dientes (Fig.2). Tienen un solo espiráculo para respirar y una frente abultada que esconde debajo, la mayoría de veces, un órgano que utilizan para la ecolocalización llamado melón. Este órgano está formado de lípidos (grasas) que funcionan, parece ser, como una especie de almohadilla que ayuda a la percepción de los sonidos que viajan a través del agua (Partal 2021).

A diferencia de los enormes misticetos, los odontocetos son de tamaños muy distintos. El tamaño de los odontocetos va desde los delfines, las orcas y los cachalotes a las pequeñas marsopas y vaquitas de mar. En general, es sencillo identificar a los odontocetos (Thomas 2019).

Ambas superfamilias difieren fundamentalmente en tres aspectos:

- El cráneo de los odontocetos es asimétrico, al contrario que en los misticetos. La “telescopización” del cráneo (su aplastamiento y elongación) se dio, durante la evolución natural, de modo diferente en ambos grupos.
- La forma y localización de los diversos órganos ubicados en el cráneo es diferente en ambos subórdenes.
- El mecanismo de alimentación de los misticetos es por filtración, mientras que los dientes de los odontocetos permiten la captura.

Los odontocetos suelen ser animales gregarios, y forman grandes grupos, como podemos constatar al observar los delfines (familia Delphinidae), las orcas (*Orcinus orca*) o los cachalotes (*Physeter macrocephalus*). Por su parte, los misticetos alcanzan grandes tamaños a pesar de alimentarse de krill, pequeños crustáceos de alrededor de un centímetro (Carbonell 2020).

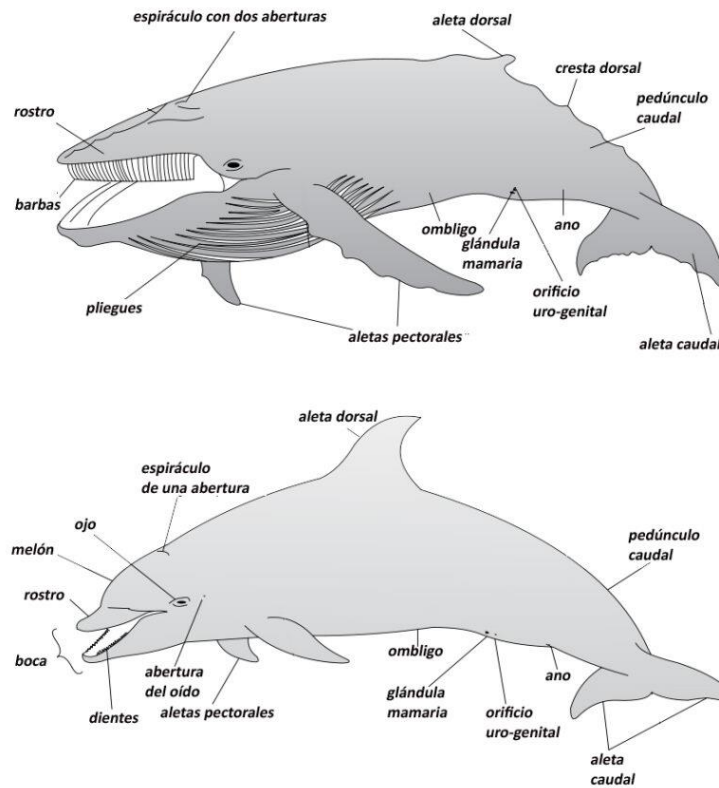


Figura 2. Esquema de Misticetos y Odontocetos con las partes características de cada grupo. Fuente: <https://www.ina-pidte.ac.cr/>

4.3.Importancia de los cetáceos

4.3.1. Importancia Ecológica

Las ballenas son especies fertilizadoras de océanos y que mitigan el cambio climático. (EFEverde 2019) El rol de las ballenas en el correcto funcionamiento del ecosistema marino es indiscutible. Sus heces ricas en hierro, nitrógeno y otros nutrientes, actúan como fertilizante, aumentando la productividad de pequeñas algas conocidas como fitoplancton. Éstas son el principal alimento de pequeños crustáceos conocidos como krill, que a su vez sostienen la vida de cientos de especies de peces, aves y mamíferos marinos, incluidas las ballenas. Estos eventos de fertilización también pueden facilitar la mitigación de los impactos negativos del cambio climático. La cantidad de hierro contenido en las heces fecales de las ballenas puede llegar a ser 10 millones de veces mayor que el nivel de hierro en el ambiente marino,

desencadenando importantes florecimientos de fitoplancton, que a su vez secuestran miles de toneladas de carbono de la atmósfera anualmente (ICB 2017).

Cuando mueren, sus enormes cuerpos caen al fondo marino, convirtiéndose en la mayor y más nutritiva fuente de deshecho alimenticio, capaz de sostener una sucesión de conjuntos macrofaunales por varias décadas (ICB 2017).

Los científicos afirman que cuando las ballenas se alimentan a grandes profundidades y vuelven luego a la superficie para respirar, alteran la columna de agua, lo que permite expandir nutrientes y microorganismos. Además, el hierro y el nitrógeno de su orina y excrementos sirven como fertilizantes para el plancton. Muchas ballenas se desplazan a grandes distancias para aparearse, llevando esos nutrientes con ellas; incluso su placenta puede aportar importantes materias primas para otros organismos (National Geographic 2017).

4.3.2. Importancia Económica y turismo ecológico

El avistamiento sostenible de cetáceos representa una alternativa económica para las comunidades marino-costeras y una oportunidad para la educación ambiental de locales y visitantes. Sin embargo, este desarrollo acelerado va acompañado de impactos que repercuten en los mamíferos marinos y el ecosistema. De acuerdo con el Programa Nacional de Cetáceos de El Salvador “se considera esencial desarrollar investigaciones para estudiar aspectos biológicos que aún se desconocen de estos mamíferos marinos, como son las rutas migratorias, uso estacional del hábitat, comportamiento y distribución, así como monitorear y ordenar la actividad turística, para que no se convierta en una amenaza para los cetáceos” (MARN 2022).

4.4. Impactos sobre las poblaciones

4.4.1. Cambio climático

Los cetáceos sufren cada vez más el impacto del cambio climático, tanto por la alteración de las temperaturas del mar como por el aumento de su nivel, debido al deshielo y al aumento de las lluvias; esos mismos factores causan la destrucción de los hábitats polares de los cetáceos y de la población de krill, un pequeño crustáceo que es su principal alimento en esas zonas del planeta. El efecto del

calentamiento global se suma, al de otras actividades humanas, principalmente las que provocan contaminación química y acústica, que afectan al equilibrio de ballenas, delfines y marsopas. Adicionalmente sólo la pesca industrial causa lamuerte de mil cetáceos al día por el uso excesivo de redes. Todo ello aumentará lasusceptibilidad de los cetáceos a las enfermedades, reducirá su tasa de reproducción y, en suma, los hará más frágiles, con la consecuente disminución de su esperanza de vida (Ginebra 2007).

4.4.2. Actividades pesqueras

Una de las principales amenazas para una parte de la biodiversidad marina es la capturaincidental por las pesquerías costeras y de mar abierto (Fleischer 1996; PNUMA 2003; Rosse Isaac 2004; Soulsbury et al. 2008). Se estima que cada año en el mundo mueren accidentalmente por esta actividad más de 300 mil cetáceos (entre ballenas, delfines y marsopas), lo que pone en peligro la conservación de muchas especies.

4.4.3. Navegación pesquera y turística

El transporte marítimo, pesquero, de carga o de pasajeros, puede afectar negativamente a las poblaciones de cetáceos de una región. De manera indirecta, el transporte marítimo afecta alterando la calidad del agua y el hábitat, por el mal manejo y descargas de desechos sólidos y líquidos sin tratamiento, lo cual además de deteriorar la calidad del hábitat, ocasionala incorporación de compuestos químicos potencialmente peligrosos al tejido de las ballenas (SEMARNAT 2009).

4.4.4. Contaminación acústica del océano

El océano es un medio acústico. El sonido se propaga mucho más rápido en el agua que en el aire y toda la fauna marina ha evolucionado para comunicarse de una forma concreta. El ruido aumenta el estrés de las ballenas, reduce su espacio de comunicación y hasta pueden sufrir daños temporales y permanentes auditivos. En los impactos de sonidos más fuertes, como en embarcaciones militares, se pueden producir varamientos (EFEverde 2019).

4.4.5. La contaminación marina

Es uno de los grandes retos que se plantea a la humanidad dada la situación que se ha gestado en los últimos años. Esta problemática está acarreado grandes inconvenientes sobre el medio marino y sus recursos naturales, de modo que se ve afectada especialmente la flora y fauna de la que el ser humano vive y de esa parte de funcionamiento natural que permite la vida en los océanos, su autorregulación y mantenimiento (ISM 2021). La contaminación de los mares y océanos es un problema grave que afecta directamente a la vida silvestre de los hábitats oceánicos e, indirectamente, a la salud humana. Los derrames de petróleo, residuos tóxicos, el vertido ilegal y la acumulación de plásticos son sólo algunas de las muchas fuentes de contaminación. En este sentido, los programas de sensibilización y educación ambiental juegan un papel vital para combatir el deterioro de los ambientes oceánicos (CP 2019).

La contaminación del agua está ocasionada principalmente por la descarga de aguas residuales no tratadas de establecimientos y embarcaciones turísticas, lo que libera cantidades importantes de nutrientes y contaminantes que deterioran el hábitat marino, sustancias tóxicas vertidas (entre ellas compuestos con plomo, mercurio e hidrocarburos policlorados) pueden acumularse en la cadena trófica y almacenarse en la reserva de grasa de las ballenas, lo que causa efectos negativos tanto en el sistema inmunológico como en su éxito reproductivo (SEMARNAT 2009).

4.4.6. Contaminación por metales con énfasis en Hg y Pb

Se ha demostrado científicamente que, además de causar algunos de los problemas ambientales más graves, la exposición a metales pesados en determinadas circunstancias es la causa de la degradación y muerte de vegetación, ríos, animales e, incluso, de daños directos en el hombre. Entre los metales más contaminantes destacan el plomo (Pb) y el mercurio (Hg) actividad industrial y minera arroja al ambiente metales tóxicos como plomo (Pb), mercurio (Hg), cadmio (Cd), arsénico (As) y cromo (Cr), muy dañinos para la salud humana y para la mayoría de formas de vida. Además, los metales originados en las fuentes de emisión generadas por el hombre, incluyendo la combustión de nafta con plomo (Pb), se encuentran en la atmósfera como material suspendido que respiramos. Por otro lado, las aguas residuales no tratadas, provenientes de minas y fábricas, llegan a los ríos, mientras los desechos contaminan las aguas subterráneas. Cuando se abandonan metales tóxicos en el ambiente, contaminan el suelo y se acumulan en las plantas y los tejidos orgánicos (VerdeHuelva 2010).

La toxicidad de los metales pesados está directamente relacionada con las formas químicas en las que se encuentran, dándoles a estos elementos la capacidad de interferir parcialmente o interrumpir totalmente ciertas reacciones metabólicas en los seres vivos (Barraza et al. 2018).

Los productos químicos tóxicos y metales pesados, como el plomo, afectan a la salud humana y pueden causar daños en el cerebro, los riñones y en el sistema reproductivo, causando defectos de nacimiento, crecimiento lento y problemas de audición. Los expertos afirman que el vertido de sustancias tóxicas está agotando la población mundial de peces. A todo esto, hay que añadir la preocupante situación de los mares y océanos contaminados por miles de toneladas de plástico (CP 2019).

4.4.7. Plomo.

El plomo es uno de los metales pesados más usados (Fig. 3), detectables en prácticamente todas las fases del medio ambiente y los sistemas biológicos. Proviene de fuentes naturales y antropogénicas. No se considera esencial para la vida. Se puede encontrar como sulfuro, carbonato, óxidos, complejos orgánicos, entre otros. Se le emplea en aleaciones, baterías, compuestos y pigmentos, revestimiento para cables, proyectiles y municiones (Barraza et al. 2018).

Cuando el plomo que toma contacto con los medios acuáticos, rápidamente se disuelve en el agua o se une a partículas en suspensión, pudiendo llegar al lecho marino con poca movilidad, razón por la cual los suelos marinos contaminados lo retienen cientos y hasta miles de años (Barraza et al. 2018).

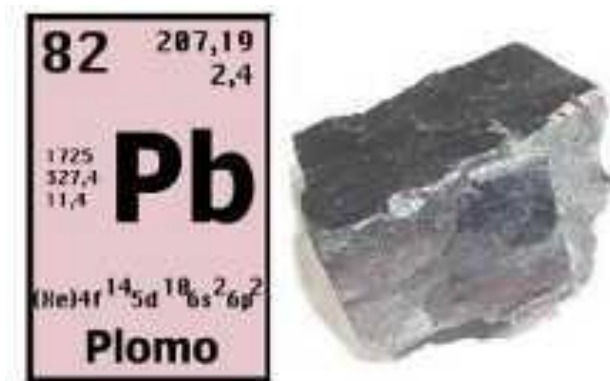


Figura 3. Elemento químico El plomo. Fuente: <https://es.slideshare.net/>

4.4.8. Mercurio.

Es un elemento que se presenta de manera natural en el ambiente y existe en diferentes formas (Fig. 4). Durante su ciclo, el mercurio puede cambiar de estado y especie, pero su forma más simple es el mercurio elemental o metilmercurio, nocivo para los seres humanos y el medio ambiente. Una vez liberado a partir de los minerales, o depósitos de combustibles fósiles y minerales yacientes en la corteza terrestre, y emitido a la biósfera, el mercurio puede tener una gran movilidad y circular entre la superficie terrestre y la atmósfera. Los suelos superficiales de la tierra, las aguas y los sedimentos de fondo se consideran los principales depósitos biosféricos de mercurio (Ariza y Sampoya 2017).

Dentro del grupo de cuatro metales pesados tóxicos por excelencia en el medio marino, el mercurio es el más peligroso de ellos, ya que es el único metal pesado líquido a temperatura ambiente, permitiendo que se disgreguen los medios acuáticos, siendo un metal presente no solo en la hidrosfera, sino también en la biósfera y atmósfera en cantidades altas. Ya que el mercurio y sus compuestos son casi insolubles en agua, durante mucho tiempo no fueron considerados como contaminantes potenciales de los medios acuáticos (Barraza et al. 2018).



Figura 4. símbolo y estado del elemento Mercurio. Fuente: <https://es.slideshare.net>

4.5. Los cetáceos en El Salvador

La ballena jorobada, el delfín manchado, la falsa orca, el cachalote, entre otras especies de cetáceos que visitan aguas salvadoreñas necesitan ser protegidas con un instrumento normativo orientado a reducir las amenazas que enfrentan estos mamíferos marinos y sus ecosistemas (MARN 2022).

Por esta razón el Programa Nacional de Conservación de Cetáceos de El Salvador, de aplicación en todo el territorio salvadoreño, aprobado por el Gobierno y publicado en el Diario Oficial, del 06 de octubre de 2020, bajo el Acuerdo N°126, propicia el incremento de la investigación científica y monitoreo, atención de varamientos y enmallamientos, turismo responsable, educación ambiental y gobernanza para la conservación (MARN 2021b).

Los cetáceos están incluidos en el listado oficial de especies de vida silvestre amenazada o en peligro de extinción de El Salvador, que incluye todas las especies de este grupo registrados en ese país. De acuerdo con la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) casi todas las especies de ballenas y delfines son vulnerables, están amenazadas o en peligro de extinción (MARN 2022).

Una revisión de la década 2011-2021 en cuanto a las investigaciones dirigidas a los cetáceos, recopilación de artículos, notas científicas y trabajos de graduación publicados en los últimos diez años fueron rastreados a través de repositorios digitales. América Central presenta una riqueza de 32 especies de cetáceos, en investigaciones realizadas destacan Costa Rica y El Salvador con un mayor número de investigaciones, mientras que Nicaragua con menor cantidad. En la última década se han observado el aumento de las investigaciones, pero aún faltan más esfuerzos para que en los próximos años incremente el conocimiento científico que contribuya al manejo y conservación de estos organismos (López Martínez et al. 2023).

4.6. Varamientos de cetáceos

El término varamiento se define como aquel fenómeno que provoca el encallamiento de especies acuáticas en zonas terrestres (el varamiento puede ser a nivel individual o masivo, esto es de más de un individuo). El animal puede llegar muerto o vivo, y en este caso se pueden realizar las correspondientes actuaciones de emergencia para devolverlo a su medio natural (Ramos 2021). No existe una única causa para este fenómeno, ya que puede haber diferentes causas para que ballenas y delfines encallen en las playas, ya sea vivos o muertos (ICB 2019).

Un varamiento puede involucrar animales vivos: quedan encallados hasta que la siguiente pleamar les permita regresar al agua, aunque pueden morir en la playa antes de lograrlo; o animales muertos: cuando la muerte se produce en el mar y el cuerpo es arrojado a la costa por el viento o las corrientes (ICB 2019).

La clasificación de los varamientos de acuerdo a ciertas características permite estudiar y comprender las causas de estos eventos.

4.7. Clasificación de varamientos

4.7.1. Según intención de varar

Según Gutiérrez et al 2007, la clasificación de los varamientos corresponde a:

Intencionales

Ocurre cuando los animales nadan activamente hacia la costa. Por ejemplo, cuando las orcas varan para alimentarse de lobos o elefantes marinos en la playa

Accidentales

Se produce por desorientación de los cetáceos u otros eventos fortuitos, como por ejemplo cambios repentinos en las mareas.

4.7.2. Según cantidad de individuos que varan

Individuales

Involucran a un solo ejemplar. Las causas de estos varamientos pueden ser muy variadas. Los cetáceos que más frecuentemente varan de manera individual son las ballenas barbadas o Mysticetos, como las ballenas francas, jorobadas y otras.

Masivos

Comprende a dos o más ejemplares, en algunos casos pueden llegar a ser algunos centenares. Las especies que más frecuentemente varan masivamente son los Odontocetos, como las ballenas piloto, falsas orcas y cachalotes. Un factor que hace más crítico un varamiento en masa son los fuertes lazos de unión social en un grupo, que hacen que todos los miembros de una manada sigan a un solo

individuo que está varándose intencional o accidentalmente.

4.8. Posibles causas de un varamiento.

Los varamientos ocurren por dos razones: factores naturales, incluyéndose la edad del individuo o la presencia de alguna enfermedad o por factores antropogénicos, como colisiones con embarcaciones, capturas incidentales y degradación del hábitat de los cetáceos (MARN 2021).

Según Ramos 2021, las causas naturales son varias que llegan a provocar el varamiento de determinadas especies en los cetáceos, entre las causas a las que los científicos achacan estos sucesos se encuentran:

- Desorientación.
- Enfermedad.
- Natural.
- Desastres naturales.
- Causas humanas: como maniobras militares.

Existen varias teorías que tratan de explicar estos sucesos. Podría tratarse de animales que fallecen por causas naturales y sus cuerpos son arrastrados por la corriente hasta las costas. Enfermedades parasitarias o infecciosas, intoxicaciones y heridas pueden producirles un progresivo debilitamiento que les impida seguir al líder de su grupo y por este motivo desorientarse (Gutiérrez et al. 2007).

4.9. Varamiento en El Salvador.

Entre 1995 al 2019 se han registrado 49 eventos de varamientos pertenecientes a 50 especímenes varados y a 16 especies de cetáceos varados en las costas de El Salvador (Tabla 1); (Ibarra et al. 2021), a la fecha existe una tendencia a que los varamientos van en incremento. En el 2021 el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales reportó la atención de un varamiento de cría de ballena jorobada (MARN 2021), en ese mismo año se registró el varamiento de una ballena jorobada adulta (*Megaptera novaeangliae*), de más de 15 metros longitud, que encalló ya en estado de descomposición en la playa Las Flores (Fig. 5), las causas de la muerte fueron indeterminadas debido a las condiciones del cuerpo, como la descomposición de la piel y vísceras expuestas, el procedimiento brindado fue según lo

establecido en el Plan de acción de atención de varamiento de cetáceos, que contiene las directrices técnicas, logísticas y de recursos para responder ante este tipo de eventos (MARN 2021a).

Tabla 1 Especies de cetáceos varados en El Salvador entre 1995-2019.

N°	Especie	Sitio	Año
1	<i>Pseudorca crassidens</i>	Los blancos, La Paz	2003
2	<i>Pseudorca crassidens</i>	El Pimental, La Paz	2009
3	<i>Pseudorca crassidens</i>	Jucuaran, Usulután	Sin año
4	<i>Orcinus orca</i>	Los blancos, La Paz	2007
5	<i>Globicephala macrorhynchus</i>	El Espino, Usulután	2007
6	<i>Grampus griseus</i>	El Icacal, La Unión	2014
7	<i>Steno brendanensis</i>	San Diego, La Libertad	2010
8	<i>Tursiops truncatus</i>	El almendro, Acajutla, Sonsonate.	1995
9	<i>Tursiops truncatus</i>	Playa Dorada, Sonsonate	2012
10	<i>Tursiops truncatus</i>	Mizata, La Libertad	2013
11	<i>Tursiops truncatus</i>	Conchalio, La Libertad	2001
12	<i>Tursiops truncatus</i>	Isla San Sebastián, Usulután	2013
13	<i>Tursiops truncatus</i>	Meanguera, La Unión	2010
14	<i>Tursiops truncatus</i>	Meanguera, La Unión	2011
15	<i>Stenella attenuata</i>	Barra de Santiago, Ahuachapán	2019
16	<i>Stenella attenuata</i>	El Flor, Sonsonate	2013
17	<i>Stenella attenuata</i>	Taquillo, La Libertad	2014
18	<i>Stenella attenuata</i>	El Tunco, La Libertad	2014
19	<i>Stenella attenuata</i>	Tasajera, La Paz	2012
20	<i>Stenella attenuata</i>	El Esteron, El Icacal, La Unión	2009
21	<i>Stenella coeruleoalba</i>	El Amor, Acajutla, Sonsonate	2011
22	<i>Stenella coeruleoalba</i>	Los Cobanos, Sonsonate	2012
23	<i>Stenella coeruleoalba</i>	Barra Salada, Sonsonate	2016
24	<i>Stenella coeruleoalba</i>	Taquillo, La Libertad	2014
25	<i>Stenella coeruleoalba</i>	San Diego, La Libertad	2010
26	<i>Stenella coeruleoalba</i>	San Diego, La Libertad	2012
27	<i>Stenella coeruleoalba</i>	San Marcelino, La Paz	2012
28	<i>Stenella coeruleoalba</i>	La Zunganera, La Paz	2011
29	<i>Stenella coeruleoalba</i>	La Zunganera, La Paz	2012
30	<i>Stenella coeruleoalba</i>	El Cuco, San Miguel	2007
31	<i>Stenella coeruleoalba</i>	El Cuco, San Miguel	2007
32	<i>Stenella longirostris</i>	Los Cobanos, Sonsonate	2012
33	<i>Stenella longirostris</i>	Los Cobanos, Sonsonate	2013
34	<i>Peponocephala electra</i>	Metalio, Sonsonate	2011
35	<i>Peponocephala electra</i>	La Zunganera, La Paz	2011
36	<i>Peponocephala electra</i>	Toluca, La Libertad	2019
37	<i>Kogia sima</i>	Los Cobanos, Sonsonate	2014
38	<i>Ziphiidae sp. 2</i>	Los Cobanos, Sonsonate	2013
39	<i>Ziphiidae sp.2</i>	San Diego, La Libertad	2014
40	<i>Ziphiidae sp.1</i>	Barra de Santiago, Ahuachapán	2012

41	<i>Ziphiidae sp.1</i>	El Cuco, San Miguel	2013
42	<i>Ziphiidae sp.1</i>	Barra de Santiago, Ahuachapán	2014
43	<i>Ziphiidae sp.1</i>	Punta Chiquirín, La Unión	2019
44	<i>Balaenoptera edeni</i>	Toluca, la libertad	2011
45	<i>Balaenoptera edeni</i>	El Cuco, San Miguel	2013
46	<i>Balaenoptera edeni</i>	El Icacal, La Unión	2004
47	<i>Megaptera novaeangliae</i>	El Espino, Usulután	2002
48	<i>Megaptera novaeangliae</i>	El Espino, Usulután	2003
49	<i>E. robustus</i>	Playas Negras, La Unión	2013

Fuente modificado con base a: MARN (2021b).

Ballena jorobada en estado de descomposición es encontrada en playa Las Flores, La Libertad

Según información preliminar, se espera que el día sábado llegue maquinaria a la zona para realizar el procedimiento de entierro.

Por Carla Barrios, Dennis Argueta
5 de Noviembre de 2021 - 17:19 HS



Figura 5. Varamiento de una ballena jorobada en La Libertad. Fuente: La Prensa Gráfica, 2021.

5. Materiales y métodos

5.1. Descripción del sitio de estudio

Toda la línea costera de El Salvador tiene una longitud de 321 kilómetros desde el río Paz frontera con Guatemala, hasta el Golfo de Fonseca compartido con Honduras y Nicaragua.

Según Gierloff-Emden (1976) La cordillera del Bálsamo, la sierra de Jucuarán y el Volcán de Conchagua, divide el paisaje costero en seis secciones de Oeste a Este:

1. La planicie costera de occidente se extiende entre el estuario del río Paz y punta Remedios y se caracteriza por playas extendidas intercaladas por estuarios que forman lagunas costeras como los esteros de Bola de Monte y Barra de Santiago con influencia de la descarga de ríos y del aporte de agua marina por la marea (Fig. 6).



Figura 6. de satélite La planicie costera de occidente se extiende entre el estuario del río Paz y Punta Remedios.

2. La costa acantilada asociada a la cordillera del Bálsamo se extiende entre Acajutla y La Libertad y se caracteriza por farallones y terrazas formadas por las estrías de la sierra, con alturas mayores que 30 metros de altitud sobre el nivel medio del mar (Fig. 7).
3. La planicie costera central se extiende entre la libertad y Playa El Espino y se caracteriza por

playas extendida, estuarios de ríos gran caudal, y lagunas costeras de grandes extensiones principalmente moldeadas por la marea.

4. La costa acantilada asociada a la sierra de Jucuarán se extiende entre playa El Espino y Playa El Cuco y se caracteriza por farallones y terrazas con alturas mayores que 10 m de altitud sobre el nivel del mar.



Figura 7. de satélite de la sección dos de la zona costera de El Salvador, empezando a la izquierda con Acajutla y a la derecha con el inicio del estero de Jaltepeque, cercano al Aeropuerto El Salvador Monseñor Oscar Arnulfo Romero.

5. La planicie costera oriental entre playa El Cuco y Punta Amapala se caracteriza por playas extendidas, estuarios de ríos de caudal medio y pequeñas ensenadas en su sector oriental. Dentro de la franja costera de 20 km se localiza volcanes de reciente formación y activos (Fig. 8).



Figura 8. de satélite de la sección tres de la zona costera de El Salvador, formada por el estero de Jaltepeque a la izquierda, seguido por la desembocadura del Río Lempa, y la Bahía de Jiquilisco a la derecha.

6. La costa del Golfo de Fonseca entre Punta Amapala y el estuario de Río Goascorán, se caracteriza por una ensenada, el volcán de Conchagua, la Bahía de La Unión, el estuario del Río Goascorán e islas de origen volcánico (Fig. 9; MARN 2017).

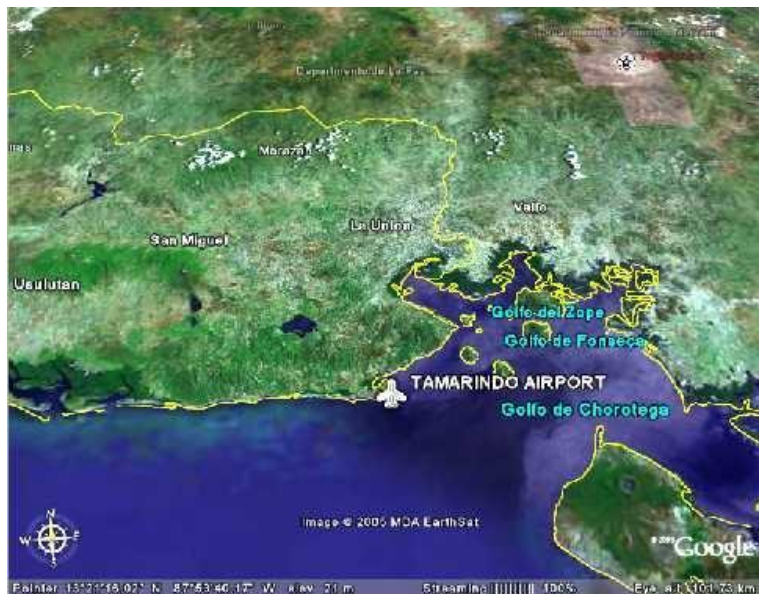


Figura 9. de satélite de la sección cuatro de la zona costera de El Salvador, que va de la Bahía de Jiquilisco a la izquierda, al golfo de Fonseca a la derecha.

5.2. Fase de campo

La fase de campo se realizó durante los meses de noviembre de 2021 a febrero de 2023, tomando en consideración toda la zona costera donde ocurriera un varamiento. Para poder llevar a cabo la recopilación de información y recolecta de tejidos de un varamiento, se participó en la conformación de una red nacional de atención de varamientos gracias al Programa Nacional de Conservación de Cetáceos y el apoyo de la Escuela de Biología de la Universidad de El Salvador a través del Laboratorio de Investigaciones Acuáticas, dicha red tiene como objetivo la creación de un canal de comunicación fluida que permita informar a la brevedad posible ante cualquier varamiento en toda la zona costera salvadoreña y así brindar la atención oportuna al espécimen varado.

5.2.1. Datos biológicos y ambientales

5.2.1.1. Variables

El presente estudio tomó en consideración variables biológicas tales como especie del individuo, talla o longitud total de los especímenes varados, sexo (el cual se determinó a través de las hendiduras ventrales), ubicación del varamiento, muestras de tejido (músculo y grasa) (Tabla 2).

Adicionalmente se determinó el grado de descomposición o condición corporal (Fig.) el cual constituye una variable con las siguientes categorías:

1. **Vivo**
2. **Recién muerto:** posibilidad de tomar necropsia y toma de muestra de cualquier tejido.
3. **Moderado estado de descomposición:** posibilidad de tomar muestras de los tejidos menos afectados.
4. **Elevado estado de descomposición:** posibilidad de tomar muestras únicamente de músculo y hueso para análisis genéticos.
5. **Animal momificado.**

El grupo etario al que pertenece el espécimen (cría, juvenil, subadulto, adulto), también fue considerado como variable, así como la información climatológica, estado de mar y tipo de playa.



A

B

Figura 10. Grado de descomposición de los cetáceos varados. Fuente: propia (A) y personal de MARN (B).

5.2.1.2.Recolecta de tejidos

A cada espécimen varado se procedió a realizar un examen externo que permitió identificar marcas como heridas, laceraciones, cortes o amputaciones. Posterior a esto se realizó el llenado de una ficha de varamiento.

Para proceder a la recolecta de tejido, fue necesario determinar el grado de descomposición y si este se encontraba entre los rangos apropiados se procedía a coleccionar.

Los análisis de concentración de Pb y HgT (mercurio total) se realizaron a partir de muestras de músculo y grasa, las cuales fueron recolectadas en duplicado por cada espécimen en sub-muestras de 200 gramos (aproximadamente), recolectando un total de 400 gramos (aproximadamente) por cada espécimen, corroborando estos datos en el laboratorio través de una balanza analítica. Se tomaron muestras de 10 x 10 cm. en la parte anterior de la aleta dorsal (Fig. 11).



Figura 11. Toma de muestra de grasa y músculo. Fuente: Guardarrecursos MARN.

Las muestras fueron colocadas en bolsas ziploc, bien empacadas y etiquetadas, colocando información como: nombre científico, nombre común, lugar y fecha de varamiento y tipo de tejido, siendo transportadas en hielera con suficiente hielo para ser trasladadas al laboratorio (Fig. 12).



Figura 12. Muestras empacadas y etiquetadas listas para trasladar al laboratorio.

5.3. Fase de laboratorio

Esta fase se realizó en el laboratorio de FUSADES en la unidad de análisis Físico- Químico de Alimentos, debido a que coincidió con el período de pandemia y postpandemia.

Para el análisis de los tejidos recolectados en campo se realizó una serie de pasos que se describen a continuación:

Paso 1. Recepción de las muestras para cada una de las muestras colectadas se identificaron por una ficha de recepción y número de muestra (Fig. 13).



Figura 13. Recepción de las muestras en el laboratorio de FUSADES.

Paso 2. Dichas muestras se mantuvieron de 20-24 horas a temperatura ambiente, ya descongeladas se procedió a licuar cada tejido obteniendo una masa de cada tejido (Fig. 14)



Figura 14. Muestras trituradas.

Paso 3. Peso y distribución de las muestras, una vez pesadas las muestras fueron colocadas en bombas de teflón identificando cada una y anotando el tipo del análisis ya sea plomo o mercurio a través de una hoja de registros y viñeta.

Para el análisis de los tejidos se utilizaron 0.2 g aproximadamente para el análisis de plomo, y para mercurio aproximadamente 0.15 g a 0.3 g.



Figura 15. Peso y distribución de cada una de las muestras en el Laboratorio Físico-Químico de Alimentos.

Paso 4. La muestra se trasladó a la cámara de gases para aplicar ácido sulfúrico a las muestras de mercurio y el ácido nítrico a las muestras para analizar plomo (Fig. 16).



Figura 16. Procedimiento de desintegración de las muestras a través de la aplicación de ácidos.

5.3.1. Método para la determinación de plomo

Una vez la muestra fue homogenizada y pesada en bombas de teflón y fue acidificada con ácido nítrico concentrado; las bombas de teflón previamente fueron cerradas flojamente para dejar reposar las muestras toda la noche a temperatura ambiente. Luego, fueron cerradas fuertemente y colocadas en un horno a 130°C por un total de 20 horas. Posteriormente se dejaron enfriar dentro de la cámara de gases y con la ayuda de agua destilada se transfirió la muestra a un balón volumétrico de 100ml para luego realizar las lecturas en el Espectrofotómetro AA (Absorción Atómica) con Horno de Grafito (Fig. 17). Se llevaron controles de calidad utilizando estándar del analito, blanco, blanco fortificado y muestra duplicada. (Estándar utilizado: PLOMO: Catálogo: 1.19776.0100; Lote No. HC14813176; Solución 1000mg/L, fecha de vencimiento: 31/01/2025)



Figura 17. Realización de lecturas en el Espectrofotómetro AA con Horno de Grafito, Laboratorio absorción Atómica, FUSADES.

5.3.2. Método para la determinación de mercurio

Después de que la muestra fue homogenizada, pesada y acidificada con ácido sulfúrico y ácido nítrico concentrado; se calentó a 90°C por una hora para realizar la digestión y se dejó enfriar; se agregó solución de Permanganato de Potasio al 5% y solución de Persulfato de Potasio al 5% seguido de un reposo por 12 horas. Transcurrido este tiempo se agitó levemente y se añadió Hidrocloruro de Hidroxilamina al 12% para reducir el exceso de Permanganato. Con la ayuda de agua destilada se transfirió la muestra digerida a un balón volumétrico de 100ml, se aforó y se mezcló. Se registraron las lecturas en el Espectrofotómetro AA con generador de Hidruros (Fig. 18). Así como también los controles de calidad utilizando estándar del analito, blanco, blanco fortificado y muestra duplicada. (Estándar utilizado: MERCURIO: Catálogo: 1.70226.0100; Lote No. HC16841626; Solución 1000mg/L, fecha de vencimiento: 31/10/2025).

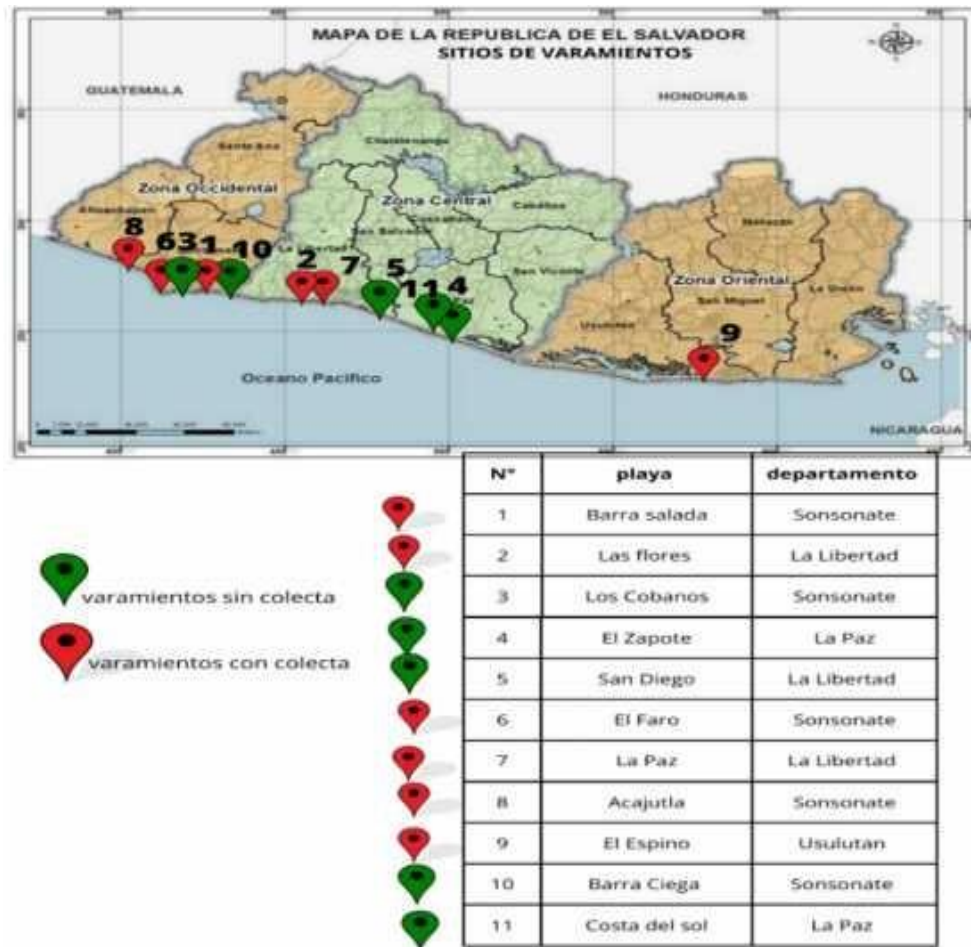


Figura 18. Realización de lecturas en el Espectrofotómetro AA con generador de hidruros, para análisis de mercurio, Laboratorio de absorción atómica, FUSADES.

6. Resultados

6.1. Registro de especímenes varados en la costa salvadoreña

Los varamientos tuvieron mayor ocurrencia en la zona occidental (Fig. 19). Desde el mes de noviembre del año 2021 a febrero de 2023 se registraron 11 varamientos de los cuales, debido a su condición de descomposición, se recolectó muestras (tejido de grasa y músculo) de seis individuos (Tabla 2) pertenecientes a superfamilia Odontoceti, de las siguientes especies *Kogia sima*, *Stenella coeruleoalba*, *Tursiops truncatus* y *Stenella cf longirostris*.



Fuente: elaboración propia

Figura 19. Sitios de varamientos con recolecta de muestras. Zona Occidental: 1. *Kogia sima*; 6. *Tursiops truncatus*; 8. *Stenella attenuata*, Zona central: 2, 7. *Stenella Coerulealba*. Zona Oriental: 9, *Stenella cf longirostris*.

Tabla 2 varamientos ocurridos de noviembre de 2021 a febrero de 2023 en las costas salvadoreñas

N°	Fecha de varamiento	Nombre Común	Nombre científico	Playa	Departamento	Recolecta de tejidos
1	23/11/2021	“cachalote enano”	<i>Kogia sima</i>	Barra Salada	Sonsonate	Si
2	9/2/2022	“delfín listado”	<i>Stenella coeruleoalba</i>	Las Flores	La libertad	Si
3	25/3/2022	“cachalote enano”	<i>Kogia sima</i>	Los Cóbano	Sonsonate	No
4	18/6/2022	“delfín listado”	<i>Stenella coeruleoalba</i>	El Zapote	La Paz	No
5	31/8/2022	"cachalote enano"	<i>Kogia sima</i>	San Diego	La libertad	No
6	10/9/2022	“nariz de botella”	<i>Tursiops truncatus</i>	El Faro	Sonsonate	Si
7	14/10/2022	"delfín listado"	<i>Stenella coeruleoalba</i>	La Paz	La libertad	Si
8	4/11/2022	"delfín manchado"	<i>Stenella attenuata</i>	Acajutla	Sonsonate	Si
9	5/11/2022	"delfín girador o tornillo"	<i>Stenella cf longirostris</i>	El Espino	Usulután	Si
10	27/12/2022	"ballena picuda o zifio"	<i>Mesoplodon sp</i>	Barra Ciega	Sonsonate	No
11	22/12/2023	"delfín común"	<i>Delphinus delphis</i>	Costa del Sol	La paz	No

Fuente: Elaboración propia

6.2. Variables Biológicas

Utilizando una ficha de varamiento de cetáceos (Anexo 1) se registró la especie, estado de preservación, sexo y edad relativa de los especímenes (Tabla 3). En la mayoría de los varamientos el determinar la talla y sexo de estos especímenes no fue posible por el grado de descomposición que presentaban (Tabla 4), sin embargo, por verificación directa o visualización se determinó que en su mayoría estaban en etapa juvenil, incluso crías (Tabla 5). En el análisis de las muestras se encontró la mayor concentración de Mercurio en un espécimen de etapa adulta *Stenella cf longirostris* con una concentración de 3.67 mg/100g (Tabla 6).

Tabla 3 variables biológicas de cada varamiento.

N°	Especie	Estado de preservación	Sexo	Edad Relativa	Longitud
1	<i>Kogia sima</i>	vivo	indeterminado	joven	1.98 cm
2	<i>Stenella coeruleoalba</i>	vivo	Hembra	cría	indeterminado
3	<i>Kogia sima</i>	recién muerto	indeterminado	adulto	indeterminado
4	<i>Stenella coeruleoalba</i>	recién muerto	Hembra	adulto	indeterminado
5	<i>Kogia sima</i>	descomposición avanzada	indeterminado	joven	indeterminado
6	<i>Tursiops truncatus</i>	descomposición avanzada	indeterminado	joven	2.43 cm
7	<i>Stenella coeruleoalba</i>	recién muerto	Macho	joven	2.31 cm
8	<i>Stenella attenuata</i>	recién muerto	indeterminado	joven	2.36 cm
9	<i>Stenella cf longirostris</i>	descomposición avanzada	indeterminado	adulto	2.20 cm
10	<i>Mesoplodon sp</i>	descomposición avanzada	indeterminado	adulto	indeterminado
11	<i>Delphinus delphis</i>	vivo	Hembra	cría	Indeterminado

Tabla 4 comparación de las concentraciones en sexo (Hembra y Macho)

Nombre científico	Sexo	Tejido	Plomo	Mercurio
<i>Stenella coeruleoalba</i>	Hembra	Grasa	0.00 mg/100g	0.00 mg/100g
<i>Stenella coeruleoalba</i>	Hembra	Músculo	0.00 mg/100g	0.00 mg/100g
<i>Stenella coeruleoalba</i>	Macho	Grasa	0.03 mg/100g	0.15 mg/100g
<i>Stenella coeruleoalba</i>	Macho	Músculo	0.02 mg/100g	0.15 mg/100g

Fuente: elaboración propia.

Tabla 5 Presencia de contaminantes metálicos pesados Pb y Hg por edad relativa.

Nombre científico	Edad relativa	Presencia	
		Plomo	Mercurio
<i>Kogia sima</i>	joven		X
<i>Stenella coeruleoalba</i>	Cría		
<i>Tursiops truncatus</i>	joven		X
<i>Stenella coeruleoalba</i>	joven	X	X
<i>Stenella attenuata</i>	joven	X	X
<i>stenella cf longirostris</i>	adulto		X

Fuente: elaboración propia.

6.3. Registro de especímenes varados con colecta de muestra

Se recolectó muestras de grasa y músculo de seis especímenes varados para realizar análisis de Plomo y Mercurio.

Un total de 22 muestras fueron analizadas, distribuidas en 12 muestras de tejido muscular de las cuales se realizaron seis análisis de plomo y seis análisis de mercurio, y 12 muestras de grasa para análisis de ambos metales. Es decir, a cada animal varado, se le realizaron cuatro análisis, detección de Plomo al tejido de grasa y músculo y detección de Mercurio al tejido de grasa y músculo (Tabla 6).

Tabla 6 Total, de muestras colectadas por espécimen.

Nombre científico	Tejido		Total general
	Grasa	Músculo	
<i>Stenella coeruleoalba</i>	4	4	8
<i>Kogia sima</i>	2	2	4
<i>Stenella attenuata</i>	2	2	4
<i>Stenella cf longirostris</i>	2	2	4
<i>Tursiops truncatus</i>		2	2
Total general	10	12	22

Fuente: elaboración propia.

La especie *Stenella coeruleoalba* presentó dos varamientos en los cuales se recolectó un total de ocho muestras divididas entre músculo y grasa, en el caso de *Tursiops truncatus* dos muestras de músculo fueron recolectadas, sin embargo, el tejido de grasa no fue viable la toma de muestra por el avanzado estado de descomposición.

6.4. Muestras para los análisis

Un total de 22 muestras distribuidas en 11 análisis de plomo y 11 de mercurio fueron procedas (Tabla 7), con un porcentaje de 36% para *Stenella coerulealba* presentando mayor cantidad de muestras para realización de los análisis.

Tabla 7 Cantidad de muestras y porcentajes por análisis

Nombre Científico	Mercurio	Plomo	Total	Porcentaje
<i>Stenella coeruleoalba</i>	4	4	8	36%
<i>Kogia sima</i>	2	2	4	18%
<i>Stenella attenuata</i>	2	2	4	18%
<i>Stenella cf longirostris</i>	2	2	4	18%
<i>Tursiops truncatus</i>	1	1	2	9%
Total general	11	11	22	100%

Fuente: elaboración propia.

6.5. Concentraciones de metales Pb y Hg de cada especie varada en las costas salvadoreñas (noviembre 2021-noviembre 2022).

En un año se documentó el varamiento de 11 especímenes entre ellos *Kogia sima*, *Stenella Coerulealba*, *Tursiops truncatus*, *Stenella attenuata*, *Mesoplodon sp*, *Stenella cf longirostris* y *Delphinus delphis*, debido a su aspecto y grado de descomposición se seleccionaron especímenes de los cuales era viable la recolecta de muestras para análisis de tejido muscular y grasa únicamente de seis especímenes.

De los seis varamientos registrados con recolecta de tejido (músculo y grasa) la especie *Stenella coeruleoalba* registró dos varamientos obteniéndose ocho muestras en total, en *Tursiops truncatus* se recolectó dos muestras de músculo. La especie *Stenella attenuata* registró un varamiento obteniéndose cuatro muestras para análisis, *Stenella cf longirostris* con cuatro muestras para análisis y la especie *Kogia sima* con un varamiento y cuatro muestras para los análisis,

haciendo un total de veintidós muestras para determinar la presencia y la concentración de los metales Pb y Hg (Tabla 8 y 9).

Tabla 8 Concentración de Plomo (Pb) en cetáceos varados en costas salvadoreñas en tejido grasa y músculo (noviembre 2021- diciembre 2022)

N°	Nombre común	Nombre Científico	Tipo de tejido		Tipo de análisis Plomo	Concentración mg/100g
			Grasa	Músculo		
1	"cachalote enano"	<i>Kogia sima</i>	X		X	0.00 mg/100g
	"cachalote enano"	<i>Kogia sima</i>		X	X	0.00 mg/100g
2	"delfin listado"	<i>Stenella coeruleoalba</i>	X		X	0.00 mg/100g
	"delfin listado"	<i>Stenella coeruleoalba</i>		X	X	0.00 mg/100g
3	"nariz de botella"	<i>Tursiops truncatus</i>		X	X	0.00 mg/100g
	"nariz de botella"	<i>Tursiops truncatus</i>	NM	NM	NM	NM
4	"delfin listado"	<i>Stenella coeruleoalba</i>	X		X	0.03 mg/100g
	"delfin listado"	<i>Stenella coeruleoalba</i>		X	X	0.02 mg/100g
5	"delfin manchado"	<i>Stenella attenuata</i>	X		X	0.000mg/100g
	"delfin manchado"	<i>Stenella attenuata</i>		X	X	0.00 mg/100g
6	"delfin girador o tornillo"	<i>stenella cf longirostris</i>	X		X	0.00 mg/100g
	"delfin girador o tornillo"	<i>stenella cf longirostris</i>		X	X	0.00 mg/100g

*NM= no se colecto muestra

Tabla 9 Concentración de Mercurio (Hg) en cetáceos varados en costas salvadoreñas, tipo de tejido Grasa y Músculo (noviembre 2021- diciembre 2022).

N°	Nombre común	Nombre Científico	Tipo de tejido		Tipo de análisis	Concentración mg/100g
			Grasa	Músculo	Mercurio	
1	"cachalote enano"	<i>Kogia sima</i>	X		X	0.00 mg/100g
	"cachalote enano"	<i>Kogia sima</i>		X	X	0.01 mg/100g
	"delfin listado"	<i>Stenella coeruleoalba</i>	X		X	0.00 mg/100g
	"delfin listado"	<i>Stenella coeruleoalba</i>		X	X	0.00 mg/100g
3	"nariz de botella"	<i>Tursiops truncatus</i>		X	X	0.28 mg/100g
	"nariz de botella"	<i>Tursiops truncatus</i>	NM	NM	NM	NM
4	"delfin listado"	<i>Stenella coeruleoalba</i>	X		X	0.15 mg/100g
	"delfin listado"	<i>Stenella coeruleoalba</i>		X	X	0.15 mg/100g
5	"delfin manchado"	<i>Stenella attenuata</i>	X		X	1.49 mg/100g
	"delfin manchado"	<i>Stenella attenuata</i>		X	X	2.73 mg/100g
6	"delfin girador o tornillo"	<i>stenella cf longirostris</i>	X		X	3.67 mg/100g
	"delfin girador o tornillo"	<i>stenella cf longirostris</i>		X	X	1.57 mg/100g

6.6. Concentraciones de metales por especie varada

De cinco especies, los promedios de las concentraciones más significativas fueron de *Stenella cf longirostris* con un 2.62 mg/100g en análisis de mercurio y la especie de *Stenella coeruleoalba* con una concentración de 0.0125 mg/100g de plomo (Tabla 10).

Tabla 10 Promedio de concentración por especie varada

Nombre Científico	Mercurio (mg/100g)	Plomo (mg/100g)
<i>Kogia sima</i>	0.005	0
<i>Stenella attenuata</i>	2.11	0
<i>Stenella cf longirostris</i>	2.62	0
<i>Stenella coeruleoalba</i>	0.075	0.0125
<i>Tursiops truncatus</i>	0.28	0

Fuente: elaboración propia

6.7. Análisis Mg y Pb por tejido

En un total de 22 análisis, independientemente de la especie (11 de Mercurio y 11 de Plomo), se determinó el promedio de concentración en los análisis realizados. El promedio de análisis en concentración tuvo como resultado que la presencia de mercurio es mayor en tejido de grasa con 1.062 mg/100g y músculo con 0.79 mg/100g versus la presencia de Plomo en grasa y músculo donde existe en menores cantidades o incluso indetectable (Tabla 11).

Tabla 11 Promedio de análisis de Hg y Pb

Tejido	Mercurio mg/100g	Plomo mg/100g
Grasa	1.062	0.006
Músculo	0.79	0.003333333

7. Discusión

La investigación realizada constituye un hito para estudios de contaminación con metales en mamíferos marinos en El Salvador, así como en la región centroamericana. Los resultados obtenidos al ser contrastados con otros estudios similares coinciden en las bajas concentraciones encontradas, como por ejemplo la investigación de Delgado-Suarez et al. (2023), quienes reportan datos sobre concentraciones de metales en tejido muscular de diferentes especies de cetáceos, donde han presentado bajas concentraciones de metales. Los análisis de tejido muscular realizadas en el marco de esta investigación para cinco especies de cetáceos varados en las costas salvadoreñas durante el periodo de noviembre 2021 a diciembre 2022 presentan bajas concentraciones de metales pesados en este caso, Hg y Pb, incluso en algunos casos no fue detectable para el caso de Pb.

Las concentraciones de Pb, encontradas en *Tursiops truncatus* $0,078 \pm 0,041 \pm$ y *Stenella coeruleoalba* $0,012 \pm$ reportadas por Delgado-Suárez et al., 2023, fueron determinados como bajos por los autores, en tal sentido las concentraciones de los análisis realizados en esta investigación donde *Tursiops truncatus* registró 0 en mg/100g Pb y *Stenella coeruleoalba* 0.0125 en mg/100g Pb también pueden ser consideradas como bajas para plomo en estas especies.

Andrés et al. (1991) estableció que en los análisis para identificación de Hg en *Stenella coeruleoalba* se observan niveles muy altos con concentraciones que alcanzaron los 80 mg de peso fresco (PV) en el músculo y alrededor de 1,500 mg de peso corporal en el tejido hepático. El hígado tiene la concentración más alta, seguido por el músculo y el riñón.

En otros casos las concentraciones más bajas se encontraron en el melón órgano presente en la frente de los odontocetos que se utiliza para la ecolocalización, la presencia de Hg en los cetáceos ha sido bastante considerable presentando valores altos se observaron grandes cantidades (0.09 mg/100g) de Hg-NPs en hígados y pequeñas cantidades (0.04 mg/100g) en músculos, lo que indica que Hg-NPs era una forma importante de Hg en hígados (Ji et al., 2022). Considerando la presente investigación en cuanto a los resultados obtenidos la presencia de mercurio es la que se encuentra en porcentajes más altos en las muestras analizadas indicando un 0.91 mg/100g de concentración general en tejidos muscular y grasa, sin embargo en particular el músculo fue el tejido donde mayor concentración fue detectada para todas las especies, a excepción de *Stenella cf longirostris* que presentó mayor concentración de Hg en grasa y fue justamente esta especie, junto a *Stenella attenuata* las que presentaron las concentraciones más altas para Hg. Siendo *Stenella coeruleoalba* la especie donde el Pb fue detectable.

En el caso del Hg, es sabido que algunas especies de peces tienden a acumular Hg. Los peces son parte de la dieta de las especies de *Stenella* y otros géneros de odontocetos, por lo que la presencia de Hg detectada en esta investigación podría estar asociada a acumulación a través de la red trófica.

En esta investigación Hg es el metal con mayor porcentaje de concentración presente en tejido muscular y graso, coincidiendo con la literatura al ser un metal detectable en odontocetos a nivel de músculo y grasa, así como en otros tejidos vinculados a la detoxificación, como por ejemplo el hígado, riñón, cerebro, pulmones y sangre; tal y como lo indica Delgado-Suárez et al., 2023.

8. Conclusiones

La presencia de Hg y Pb fue detectable en algunos especímenes que varan en la costa salvadoreña.

El Hg fue el metal mayormente detectable (0.9136 mg/100g total general), encontrando con concentración más elevada en *Stenella cf longirostris* con 2.62 mg/100g.

En cuanto a la presencia de Pb se tiene un total general de 0.0045 mg/100g siendo detectable únicamente en la especie *Stenella coeruleoalba* con un 0.0125 mg/100g.

Las especies del género *Stenella* parecen estar mayormente relacionadas a concentraciones más elevadas de Hg, lo que podría ser indicio de una acumulación trófica.

El Hg fue detectable en mayores concentraciones en todas las especies estudiadas, mientras que el Pb únicamente lo fue para *Stenella coeruleoalba*.

Con respecto a la comparación de las variables biológicas se concluyó que la presencia de los metales pesados Plomo y Mercurio en dicha investigación se encuentra presente desde estadios juveniles, particularmente en machos, lo que da apertura a nuevas líneas de investigación vinculadas a estudios de ecología trófica y transferencia de contaminantes a través de la ingesta de presas con presencia de dicho metal. Cabe mencionar que la comparación en cuanto a las variables biológicas ha sido muy limitada ya que en la mayoría de las especies fue difícil identificar el sexo y otras variables en los cetáceos varados debido al avanzado estado de descomposición que presentaron al encallar en la costa, limitando la obtención de este registro y por ende un análisis más riguroso.

9. Recomendaciones

En el área de investigación se recomienda realizar más estudios en varamientos de cetáceos incluir más análisis de metales pesados en más tejidos y órganos de detoxificación y/o acumulación, como por ejemplo: hígado, riñón, cerebro y piel.

Realizar investigaciones vinculadas a estudios de ecología trófica, ecotoxicología y transferencia de contaminantes a través de la alimentación, ya que es posible que peces de importancia comercial y alimenticia estén acumulando concentraciones elevadas de Hg y que estas estén siendo transferidas a los cetáceos, siendo que a mayor tiempo de vida puedan estar bioacumulando o biomagnificando estos contaminantes hasta alcanzar umbrales que generen afectaciones subletales.

Los varamientos son frecuentes y en la mayoría de los casos son atendidos directamente por personal de guardarrecurso, por lo que se recomienda reforzar las habilidades para atención de varamientos así como la divulgación de los protocolos de tomas de muestras, esto permitirá contar con mayor cantidad de muestras disponibles que permitan dilucidar muchas interrogantes asociadas a la contaminación de los océanos, la presencia de los mismos en cetáceos y posibles causas de varamientos. En este sentido también el reforzamiento de equipamiento es relevante para garantizar el cumplimiento de los protocolos y las medidas de bioseguridad.

Los cetáceos son mamíferos marinos de gran importancia en los ecosistemas marinos, ya que poseen un rol muy importante como fertilizadores del océano, mitigadores del cambio climático y promovedores de biodiversidad, considerando lo anterior se recomienda a las instituciones gubernamentales y no gubernamentales que brinden un apoyo para la realización de estas investigaciones en la facilidad de instrumentación (equipo de laboratorio/ reactivos), que sea un acompañamiento más cercano durante y después de la investigación que los resultados sean divulgados e incentiven a más investigaciones.

10. Referencia Bibliográfica

- André, J., Boudou, A., Ribeyre, F., & Bernhard, M. (1991). Comparative study of mercury accumulation in dolphins (*Stenella coeruleoalba*) from French Atlantic and Mediterranean coasts. *Science of The Total Environment*, 104(3), 191-209. [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(91\)90072-m](https://doi.org/10.1016/0048-9697(91)90072-m)
- Ariza, a. M., & sampayo, I. D. (2017). *Determinación de la contaminación por metales pesados en el embalse el guájaro, departamento del atlántico*. Universidad de la costa, cuc departamento de ingeniería civil y ambiental programa de ingeniería ambiental barranquilla. <https://positorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/4861/Determinación%20de%20la%20contaminación%20por%20metales%20pesados%20en%20el.Pdf?Sequence=1&Isallowed=Y>.
- Barraza, Martin, E., Recanvarren, M., & Sanzano, P. (2018). *ANÁLISIS CUANTITATIVO DE METALES PESADOS EN PESCADOS PARA EXPORTACIÓN A LA UNIÓN EUROPEA*. -UNCPBA. https://www.google.com/search?Q=procedimiento+de+analisis+del+laboratorio+en+analisis+músculos+para+detectar+metales+pesados&source=lmns&bih=625&biw=1366&rlz=1C1CHBD_essv811sv812&hl=es&sa=X&ved=2ahukewjp_yrg-yzn1ahwspd8khcd8dzgq_auoahoeaeqaa#
- Carbonell, Á. F. (2020). *Cetáceos. Mysticetos y Odontocetos*. Hidden Nature. <https://www.hidden-nature.com/cetaceos-mysticetos-y-odontocetos/>
- Committee on Taxonomy. (2021). List of marine mammal species and subspecies. Society for Marine
- CP (2019). *Contaminación del océano*. <https://cuidemoselplaneta.org/contaminacion-oceano/>
- Delgado-Suárez, I., Lozano-Bilbao, E., Hardisson, A., Paz, S., & Gutiérrez, Á. J. (2023). Metal and trace element concentrations in cetaceans worldwide: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 192, 115010. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115010>
- Efeverde. (2019). *Las ballenas, amenazadas por la contaminación acústica del océano*. EFE: Verde. [https://www.efeverde.com/noticias/las-ballenas-](https://www.efeverde.com/noticias/las-ballenas-amenazadas-la-)

contaminacion-acustica-del-oceano/

- Ginebra (2007). *Los cetáceos sufren cada vez más las consecuencias del cambio climático*. El país. https://elpais.com/sociedad/2007/05/22/actualidad/1179784802_850215.html
- Gutiérrez Crespo, Beatriz, et al. (2007) "Actuacion en varamientos de cetaceos." *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, vol. 1, no. 2, July 2007, pp. 178+. *Gale onefile: Informe Académico*, link.gale.com/apps/doc/A233608368/IFME?U=brooklaw_main&sid=googlescholar&xid=1e33dc47.
- Ibarra, R. I. P., Barraza, J. E. B., & Pineda, L. P. (2021). Registro de varamientos de cetáceos en El Salvador entre 1995 y 2019. *Realidad reflexión*, 54 (ISSN 1992-6510 e-ISSN 2520-9299).
- ICB. (2017). *El rol de los cetáceos en el funcionamiento de los ecosistemas*. Instituto de Conservación de Ballenas. <https://ballenas.org.ar/conservacion/el-rol-de-los-cetaceos-en-el-funcionamiento-de-los-ecosistemas/>
- ISM. (2021). *Contaminación Marina*. ISM - Instituto Superior del Medio Ambiente. <https://www.ismedioambiente.com/programas-formativos/contaminacion-marina/>
- Ji, X., Yang, L., Wu, F., Yao, L., Bao, Y., Liu, X., Yin, Y., Hu, L., Qu, G., Fu, J., Yang, R., Wang, X., Shi, J., & Jiang, G. (2022). Identification of mercury-containing nanoparticles in the liver and muscle of cetaceans. *Journal of Hazardous Materials*, 424, 127759.
- López Martínez, R. M., Zetino Calderón, A. M., Sánchez Flores, D. M., & Fautino Vicente, C. R. (2023). Avances en la investigación científica de cetáceos en América Central durante la década 2011-2021. *REVISTA MINERVA*, Vol. 6 Núm. 1 (2023), 49-59. <https://minerva.sic.ues.edu.sv/Minerva>
- MARN (2021a). *Gobierno ejecuta operativo para disposición final de restos de ballena varada en playa Las Flores, en La Libertad*. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. <https://marn.gob.sv/gobierno-ejecuta-operativo-para-disposicion-final-de-restos-de-ballena-varada-en-playa-las-flores-en-la-libertad/>
- MARN (2021b). *Un total de 49 varamientos de cetáceos han sido registrados en la costa salvadoreña durante los últimos 24 años*. Ministerio de Medio Ambiente y

Recursos Naturales. <https://marn.gob.sv/un-total-de-49-varamientos-de-cetaceos-han-sido-registrados-en-la-costa-salvadorena-durante-los-ultimos-24-anos/>

- MARN (2022). El Salvador es parte de esfuerzo regional para la conservación de ballenas. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales <https://www.ambiente.gob.sv/el-salvador-es-parte-de-esfuerzo-regional-para-la-conservacion-de-ballenas/>
- Gierloff-Emden, H. G. (1976). *La costa de El Salvador: monografía morfológica-oceanográfica*. Ministerio de Educación, Dirección de Publicaciones
- National Geographic. (2017). *Las ballenas contribuyen a mejorar la salud de nuestros océanos*. <https://www.nationalgeographic.es/animales/las-ballenas-contribuyen-a-mejorar-la-salud-de-nuestros-oceanos>
- O.Thomas, C. (2019). *¿Cómo se clasifican los cetáceos y cuáles son?* Misanimales. Recuperado 30 de octubre de 2021, de <https://misanimales.com/como-se-clasifican-los-cetaceos/>
- Partal, Y. (2021). *Cetáceos. Pequeños y gigantes mamíferos de los océanos*. Zoo Portraits. <https://www.zooportraits.com/es/cetaceos-mamiferos-oceanicos/>
- Perrin, WF (2021). Base de datos mundial de cetáceos. Consultado en <http://www.marinespecies.org/cetacea> el 2021-12-10
- Price, S. A., Bininda-Emonds, O. R. Y Gittleman, J. L. (2005). A complete phylogeny of the whales, dolphins and even-toed hoofed mammals (Cetartiodactyla). *Biological reviews*, 80(3), 445-473.
- Ramos, B. (2021). *¿QUÉ ES UN VARAMIENTO?* Cursos de Ingeniería, Medio Ambiente y Calidad. <http://eimaformacion.com/que-es-un-varamiento/>
- SEMARNAT. (2009). *Biodiversidad - cetáceos*. GOBIERNO DE MEXICO. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/indicadores17/conjuntob/06_biodiversidad/06_biodiv_cetaceos_presion.html
- Taxateca. (s. F.). *Order Cetartiodactyla*. <https://taxateca.com/ordencetartiodactyla.htmlx>. Recuperado 10 de diciembre de 2021, de <https://taxateca.com/ordencetartiodactyla.html>

- Verdehuelva. (2010). *Línea verdehuelva*. Línea Verde.
[Http://www.lineaverdehuelva.com/lv/consejos-ambientales/contaminantes/Contaminacion-por-metales-pesados.asp](http://www.lineaverdehuelva.com/lv/consejos-ambientales/contaminantes/Contaminacion-por-metales-pesados.asp)

- Worms. (2021). Cetacea. Obtenido de
<http://marinespecies.org/aphia.php?P=taxdetails&id=2688>

11. Anexo: Ficha de atención de varamientos de cetáceos en El Salvador.

FICHA DE VARAMIENTO DE CETÁCEOS

Ficha N°: ____ Fecha (día/mes/año): _____ Hora: _____

Nombre común del espécimen: _____

Nombre científico del espécimen: _____

Ubicación Playa: _____ Localidad: _____ Municipio: _____
Departamento: _____ Datos del observador/encargado del varamiento Nombre: _____

Teléfono fijo: _____ Teléfono móvil: _____ Correo electrónico: _____
Entidad: _____

Observación inicial

1- Estado de preservación

Vivo: ____ Muerte reciente: ____ Descomposición moderada: ____ Descomposición avanzada: ____ Huesos momificados: ____ Desconocido: ____

2- Sexo

Macho: ____ Hembra: ____ Indeterminado: ____

3- Edad relativa

Viejo: ____ Adulto: ____ Joven: ____ Cría: ____ Neonato: ____

4- Cuerpo

Delgado: ____ Robusto: ____ Marcas: ____ Laceraciones: ____ Cicatrices: ____ Marcas causadas por otros animales: ____ Presenta parásitos externos: ____