



**UNIVERSIDAD DE CHILE**

**FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS**

**ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS**

**VARAMIENTOS DE CETÁCEOS REGISTRADOS ENTRE LOS AÑOS 2015 Y  
2020 EN CHILE: FRECUENCIA Y HALLAZGOS PATOLÓGICOS MÁS  
COMUNES.**

**CINTYA YANARA AGURTO ALARCÓN**

Memoria para optar al Título

Profesional de Médico

Veterinario

Departamento de Patología

Animal

PROFESOR GUÍA: Dr. Mauricio Ulloa Encina

SANTIAGO, CHILE

AÑO 2021



**UNIVERSIDAD DE CHILE**

**FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS**

**ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS**

**VARAMIENTOS DE CETÁCEOS REGISTRADOS ENTRE LOS AÑOS 2015 Y  
2020 EN CHILE: FRECUENCIA Y HALLAZGOS PATOLÓGICOS MÁS  
COMUNES.**

**CINTYA YANARA AGURTO ALARCÓN**

Memoria para optar al Título Profesional de Médico Veterinario

Departamento de Patología Animal

Nota Final\* .....

Prof. guía Mauricio Ulloa

Firma.....

Profesor Corrector Federico Cifuentes

Firma.....

Profesor Corrector Mariana Acuña

Firma.....

SANTIAGO, CHILE

AÑO 2021

## **Agradecimientos**

A mi familia porque pese a no estar de acuerdo en un inicio con que estudiara esta profesión, me apoyaron. A mis amigas Isidora, Valentina, Camila, Geraldine y Catalina, que incluso a la distancia siempre están presentes, apoyándome y sosteniéndome en cada uno de mis pasos. A mis mascotas por ser fuente constante de inspiración y alivio, especialmente a mi gato Kairos, por acompañarme mientras estudiaba y escribía esta tesis. A mi profesor guía, el Dr. Ulloa por su acompañamiento y dedicación. Al Dr. Lecocq y Dra. Jara por recibirme en su laboratorio y enseñarme no solo temas académicos sino también motivarme a ser una persona íntegra.

Agradecer especialmente a las personas que llevan años en mi vida y han vivido todo este proceso conmigo, y también a todas aquellas que se fueron sumando durante este año. A Simón por su paciencia y contención en los momentos críticos. A mi querida practicante Josefa, por compartir juntas las tardes en la clínica y motivarme a enfrentar aquellas cosas que ya no resonaban conmigo. Al Dr. Rivas por haberme recibido en su clínica y darme la oportunidad de aprender mucho más de medicina menor.

Finalmente mencionar a quienes fueron parte en algún punto de este proceso, a quienes por una u otra razón ya no son parte de mi vida, pese a ello estaré eternamente agradecida.

## Índice de contenidos

I.	Resumen	
II.	Introducción	
<b>1</b>	<b>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>11</b>
1.1	Orden Cetácea	11
1.2	Importancia biológica de los cetáceos y conservación en Chile	16
1.3	Varamientos	17
1.4	Identificación y descripción de hallazgos patológicos	18
1.4.1	<i>Heridas cortantes y lesiones por objeto contundente</i>	18
	<i>Las heridas cortantes se clasifican según el patrón de la lesión:</i>	18
1.4.2	<i>Asfixia mecánica</i>	19
1.4.3	<i>Hemorragia</i>	19
1.5	Necropsia y muestreo	20
1.6	Causas probables de varamientos en Chile	21
1.6.1	<i>Factores Antrópicos</i>	21
1.6.2	<i>Factores naturales:</i>	35
<b>1</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>39</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>39</b>
<b>3</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>40</b>
3.1	Obtención de datos de varamientos en Chile	40
3.2	Organización de la información obtenida	41
3.3	Gráficos de datos de varamientos en Chile	42
3.4	Análisis de resultados y discusión	43
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>44</b>
4.1	Varamientos período 2015-2020	44
4.2	Especies registradas en varamientos	45
4.3	Ubicación geográfica de los varamientos registrados	47
4.4	Estado inicial ejemplares varados:	49
4.5	Sexo de ejemplares registrados	49

4.6	Edades registradas en varamientos.....	50
4.7	Necropsias realizadas .....	51
4.8	Hallazgos patológicos y causas probables de ellos .....	52
4.9	Causas probables de varamientos 2015-2020 .....	55
4.10	Causas probables de muerte .....	58
<b>5</b>	<b>DICUSIÓN .....</b>	<b>60</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSIÓN .....</b>	<b>64</b>
<b>7</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>65</b>

## Índice de tablas

TABLA 1. ESPECIES DE CETÁCEOS ENCONTRADAS EN CHILE: SUB ORDEN <i>MYSTICETI</i> .....	12
TABLA 2. ESPECIES DE CETÁCEOS REGISTRADOS EN CHILE: SUB ORDEN <i>ODONTOCETI</i> .....	13
TABLA 3. DIVERSIDAD CETÁCEOS EN CHILE CCC Y ULLOA, 2021. ....	15
TABLA 4. BASE DE DATOS SOBRE VARAMIENTOS DE CETÁCEOS EN CHILE 2015-2020 .....	42
TABLA 5. ESPECIES REGISTRADAS EN VARAMIENTOS DE CHILE, AÑOS 2015-2020. ....	45
TABLA 6. N° DE EVENTOS Y EJEMPLARES REGISTRADOS POR REGIÓN, CHILE.....	48
TABLA 7. N° DE EJEMPLARES REGISTRADOS SEGÚN SU ESTADO INICIAL .....	49
TABLA 8. N° DE EJEMPLARES SEGÚN EDADES REGISTRADAS.....	50
TABLA 9. N° DE NECROPSIAS SIN INFORMACIÓN, NO REALIZADAS Y REALIZADAS. ....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. PROCESO DE REALIZACIÓN DEL PROYECTO .....	40
FIGURA 2. VARAMIENTOS ENTRE AÑOS 2015-2020 .....	44
FIGURA 3. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE VARAMIENTOS DE CETÁCEOS 2015- 2020 .....	48
FIGURA 4. ESTADO INICIAL DE EJEMPLARES.....	49
FIGURA 5. EJEMPLARES REGISTRADOS SEGÚN SEXO EN VARAMIENTOS AÑOS 2015-2020 .....	50
FIGURA 6. EDADES REGISTRADAS EN EVENTOS DE VARAMIENTOS AÑOS 2015 2020 .....	50
FIGURA 7. NECROPSIAS REALIZADAS A CETÁCEOS VARADOS,.....	51
FIGURA 8. HALLAZGOS PATOLÓGICOS EN VARAMIENTOS 2015-2020 .....	53
FIGURA 9. HALLAZGOS OBSERVADOS EN VARAMIENTOS DE CETÁCEOS 2015-2020 .....	54
FIGURA 10. N° DE REGISTROS DE CAUSAS PROBABLES DE HALLAZGOS PATOLÓGICOS OBSERVADOS EN VARAMIENTOS DE CETÁCEOS 2015-2020 .....	55
FIGURA 11. CAUSAS PROBABLES DE VARAMIENTO EN CETÁCEOS AÑOS 2015-2020, DE ACUERDO CON EL N° DE EJEMPLARES REGISTRADOS .....	57
FIGURA 12. CAUSAS PROBABLES DE VARAMIENTO EN CETÁCEOS, RESPECTO CON EL N° DE EVENTOS REGISTRADOS .....	57
FIGURA 13. CAUSAS PROBABLES DE MUERTE EN CETÁCEOS AÑOS 2015-2020 .....	59
FIGURA 14. CAUSAS PROBABLES DE MUERTE EN CETÁCEOS 2015-2020 .....	59

## **i. RESUMEN**

En las últimas décadas, el interés en la investigación de cetáceos para su conservación ha aumentado, debido a su relevancia en el contexto de las cadenas tróficas oceánicas. Los varamientos son una de las situaciones más preocupantes en relación con la conservación de estas especies, y en el caso de Chile, debido a su geografía y gran extensión del borde costero, se dificulta el monitoreo y acceso a estos eventos, complejizando su estudio.

El objetivo de esta investigación es describir los varamientos registrados en Chile, y al mismo tiempo, comparar los hallazgos patológicos observados con las posibles causas de varamientos o muerte, para posteriormente desarrollar propuestas para la prevención y / o mitigación de estos eventos. De acuerdo con los datos obtenidos, los varamientos masivos probablemente tuvieron su origen en una causa aguda, tales como la intoxicación por biotoxinas o traumas del complejo auditivo. Sin embargo, el mayor número de eventos tiene como causa el enmallamiento y las colisiones con embarcaciones, siendo ambas antropogénicas. Pese a lo observado, en la mayoría de los casos la causa probable del varamiento es indeterminada, la descripción de lesiones no está suficientemente detallada y el porcentaje de necropsias realizadas es reducido; requiriendo mayor coordinación para corregir estas falencias.

Palabras clave: cetáceos, misticetos, odontocetos, varamientos, patología, necropsia.

## ABSTRACT

In recent decades, interest in research on cetaceans for their conservation has increased, because of their relevance in the context of oceanic trophic chains. Strandings are one of the most worrying issues in relation to the conservation of these species, and in the case of Chile, due to its geography and large extension of the coastline, monitoring and access to these events is difficult, making their study more complex.

The objective of this research is to describe the strandings registered in Chile, and at the same time, to compare the pathological findings observed with the possible causes of strandings or death, to subsequently develop proposals for the prevention and/or mitigation of these events. According to the data obtained, mass strandings probably had their origin in an acute cause, such as intoxication by biotoxins or trauma to the auditory complex. Furthermore, the greatest number of events were caused by entanglement and collisions with boats, both of which are anthropogenic. However, in most cases the probable cause of stranding is undetermined, the description of injuries is not sufficiently detailed, and the percentage of necropsies performed is low, requiring greater coordination to correct these deficiencies.

Keywords: *cetaceans, mysticeti, odontoceti, strandings, pathology, necropsy.*

## ii. INTRODUCCIÓN

La orden cetácea, engloba a dos subórdenes: *Mysticeti* (ballenas y rorcuales barbados) y *Odontoceti* o cetáceos dentados que, junto a los manatíes, son los únicos mamíferos completamente adaptados a la vida acuática (Martín, 2018). Debido a sus particulares características muchas son consideradas especie bandera, es decir, especies carismáticas que sirven como símbolo para atraer apoyo para el desarrollo de programas de conservación que involucren tanto a estos grupos de especies como a otros asociados (Isasi, 2011). A menudo, una especie bandera es una especie de gran importancia ecológica, y los registros de presencia/ausencia de algunas de éstas son útiles para caracterizar la integridad faunística y establecer esquemas de monitoreo de impactos antrópicos o del cambio climático (Rumiz, 2010).

En Chile la diversidad de especies de cetáceos es abundante, se han registrado un total de 9 misticetos y 36 especies de odontocetos (Ulloa, 2021). Todas estas especies han sido declaradas Monumento Natural (Decreto 230/2008). Además, los espacios marítimos de soberanía y jurisdicción nacional han sido declarados zona libre de caza de cetáceos (Ley 20.293). Pese a ello, aún existen amenazas que las afectan (Fundación Meri, s.f.).

El aumento de la actividad humana ha llevado a un incremento considerable del tránsito marítimo durante la última década (Colpaert *et al.* 2016), siendo las colisiones con barcos una amenaza para las ballenas (Bezamat *et al.* 2014). Respecto a la contaminación marina, los odontocetos son vulnerables ante los derrames de petróleo (Yuewen y Adzigbli, 2018), mientras que la contaminación acústica puede alterar el comportamiento normal de los odontocetos (Farré, 2005), incluso actividades como el sonar naval, pueden llevar a la muerte y al varamiento de algunas especies (Brakes y Simmonds, 2013). Por último, el turismo de observación de cetáceos también está asociado alteraciones en el comportamiento de cetáceos a corto y largo plazo (Bedjer *et al.* 2006).

El Servicio Nacional de Pesca o SERNAPESCA, es el principal organismo que monitorea y registra los varamientos en Chile (SERNAPESCA, 2019), ante la necesidad de establecer las

causas más probables de estos eventos son relevantes la necropsia y toma de muestras biológicas (Chirife *et. al.* 2014). Estos procedimientos, generarán una serie de datos, que ayudan a establecer, confirmar o refutar hipótesis sobre la causa de un varamiento. Así mismo, permite evaluar el estatus sanitario, la presencia de potenciales zoonosis y el nivel de intervención humana sobre las poblaciones de mamíferos marinos, siendo esta información una base para investigar o prevenir futuros eventos de varamiento (AMEVEFAS, 2017). Sin embargo, en Chile no se realiza necropsia y toma de muestra en cada varamiento registrado, sumado a ello son diversas las organizaciones o instituciones quienes registran y analizan estos eventos, por lo que hay una dispersión de los datos. En vista de lo expuesto, la presente memoria de título describirá los registros de varamientos y los hallazgos patológicos observados, también se compararán estos hallazgos con las causas más probables, para posteriormente discutir cuáles podrían ser las más frecuentes, permitiendo contextualizar la situación de nuestro país respecto a los varamientos.

# 1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

## 1.1 Orden Cetácea

Los mamíferos marinos, una denominación funcional más que sistemática, representan un conjunto de cerca de 138 especies en el mundo, agrupados en tres órdenes: Cetácea (delfines, ballenas, marsopas, cachalotes, zifios y mesoplodontes), Sirenia (manatíes y dugongos) y Carnívora (lobos marinos, focas, nutrias, morsa y oso polar). Son animales más o menos heterogéneos en tamaño, aspecto y origen evolutivo, que comparten, en mayor o menor grado, la condición de tener al medio acuático —ya sea marino, estuarino o de agua dulce— como el hogar del que dependen parcial o totalmente para vivir. La mayoría de los mamíferos marinos del mundo pertenece al orden Cetácea (Capella y Gibbons, 2008). Esta orden ha evolucionado para adaptarse totalmente al medio acuático, mediante el desarrollo de una forma hidrodinámica, el cambio de las extremidades anteriores por aletas pectorales y también adquirieron una aleta caudal y una dorsal, así como una gruesa capa de grasa que funciona como aislante térmico. Otras adaptaciones a nivel esquelético y muscular se relacionan con el tipo de alimentación (Del Castillo, 2016).

El orden Cetácea se divide en dos subórdenes: Mysticeti (cetáceos con barbas) y Odontoceti (cetáceos dentados). El suborden Odontoceti incluye 10 Familias con al menos 71 especies, estas se distribuyen en tres Superfamilias principales: *Delphinoidea* (delfines oceánicos, marsopas y monodóntidos), *Ziphoidea* (zífidos), *Physeteroidea* (cachalotes). Algunas características distintivas de los odontocetos incluyen la presencia de una sola apertura nasal externa, la presencia de asimetría direccional en sus cráneos, y la presencia de un melón (tejido graso vinculado al sistema de ecolocalización) en la parte anterior de la región facial (Del Castillo, 2016). Mientras que, en el caso de los mysticetos, se reconocen en general 14 especies, distribuidas en cuatro familias: las ballenas francas y cabeza de arco (*Balaenidae*, balénidos); ballenas francas pigmeas (*Neobalenidae*, neobalénidos); ballenas grises (*Eschrichtiidae*, *eschrichtiids*); y "rorcuales" (*Balaenopteridae*, balaenópteros). Muchos

autores utilizan ahora "rorcual" para los ocho balaenoptéridos (del nórdico "*rørkval*, ballena con pliegues en su garganta"), aunque el término debería aplicarse a las siete especies de *Balaenoptera*, reconociendo a las ballenas jorobadas como un género separado (*Megaptera novaeangliae*). Las ballenas con barbas (*Mysticeti*) difieren del otro suborden *Odontoceti* por su falta de dientes funcionales, en cambio, se alimentan de organismos marinos relativamente muy pequeños, por medio de un aparato de alimentación por filtro compuesto de placas de barbas ("hueso de ballena") unido a la encía de la mandíbula superior. Otras diferencias con los odontocetos incluyen apertura nasal par, cráneo simétrico, y ausencia de costillas que se articulan con el esternón (Bannister, 2018).

En las aguas territoriales se han observado 9 especies de mysticetos, en cuanto a los odontocetos se registran un número de 36 especies (Ulloa, 2021)

Tabla 1. Especies de cetáceos encontradas en Chile: sub orden *mysticeti*

Nombre Común	Nombre Científico
Ballena Azul	<i>Balaenoptera musculus</i>
Ballena de Aleta, Rorcual Común, Fin	<i>Balaenoptera physalus</i>
Ballena de Bryde o Rorcual de Edén	<i>Balaenoptera brydei</i>
Ballena Franca Austral	<i>Eubalaena australis</i>
Ballena Franca Pigmea	<i>Caperea marginata</i>
Ballena Jorobada	<i>Megaptera novaeangliae</i>
Ballena Minke	<i>Balaenoptera acutorostrata</i>
Ballena minke antártica	<i>Balaenoptera bonaerensis</i>
Ballena Sei, Rorcual Bacalao, Rorcual de Rudolphi	<i>Balaenoptera borealis</i>

Tabla 2. Especies de cetáceos registrados en Chile: sub orden *odontoceti*

<b>Nombre Común</b>	<b>Nombre Científico</b>
Ballena Nariz de Botella Del Sur	<i>Hyperodon planifrons</i>
Ballena Picuda de Arnoux	<i>Berardius arnouxii</i>
Ballena Picuda de Cuvier	<i>Ziphius cavirostris</i>
Ballena Picuda de Blainville	<i>Mesoplodon densirostris</i>
Ballena Picuda de Gray	<i>Mesoplodon grayi</i>
Ballena Picuda de Héctor	<i>Mesoplodon hectori</i>
Ballena Picuda de Layard	<i>Mesoplodon layardi</i>
Ballena Picuda de Shepherd	<i>Tasmacetus shepherdi</i>
Cachalote	<i>Physeter macrocephalus</i>
Cachalote Enano	<i>Kogia sima</i>
Cachalote Enano de Cabeza Corta, Cachalote Pigmeo	<i>Kogia breviceps</i>
Calderón de Aleta Corta	<i>Globicephala macrorhynchus</i>
Calderón Negro	<i>Globicephala melas</i>
Delfín común de rostro largo	<i>Delphinus capensis</i>
Delfín Austral	<i>Lagenorhynchus australis</i>
Delfín Chileno	<i>Cephalorhynchus eutropia</i>
Delfín Común	<i>Delphinus delphis</i>
Delfín Cruzado	<i>Lagenorhynchus cruciger</i>
Delfín de Diente Áspero	<i>Steno bredanensis</i>

Delfín de Pico Largo, Delfín Girador	<i>Stenella longirostris</i>
Delfín Gris	<i>Grampus griseus</i>
Delfín Liso	<i>Lissodelphis peronii</i>
Delfín Listado	<i>Stenella coeruleoalba</i>
Delfín Manchado Esbelto	<i>Stenella attenuata</i>
Delfín Naríz de Botella	<i>Tursiops truncatus</i>
Delfín Oscuro	<i>Lagenorhynchus obscurus</i>
Falsa Orca	<i>Pseudorca crassidens</i>
Marsopa Anteojo	<i>Australophocoena dioptrica</i>
Marsopa Espinosa	<i>Phocoena spinipinnis</i>
Mesoplodon de Bahamonde	<i>Mesoplodon traversii</i>
Mesoplodon peruano	<i>Mesoplodon peruvianus</i>
Orca	<i>Orcinus orca</i>
Orca pigmea	<i>Orcinus attenuatus</i>
Orca antártica	<i>Orcinus glacialis</i>
Tonina Overa	<i>Cephalorhynchus commersoni</i>
Zifio de Arnoux	<i>Berardius arnuxii</i>

Tabla 3. Diversidad cetáceos en Chile, comunicación personal (Ulloa, 2021).

ORDEN	FAMILIA	Especies Mundial	Especies Chile	% Chile
Misticeti	Balaenidae	4	1	25.0
	Neobalaenidae	1	1	100.0
	Eschrichtiidae	1	0	0.0
	Balaenopteridae	8	7	87.5
		14	9	64.3
Odontoceti	Physeteridae	1	1	100.0
	Kogiidae	2	2	100.0
	Ziphiidae	21	11	47.6
	Delphinidae	36	20	52.8
	Phocoenidae	6	2	33.3
	Monodontidae	2	0	0.0
	Iniidae	1	0	0.0
	Lipotidae	1	0	0.0
	Planistidae	1	0	0.0
	Pontoporiidae	1	0	0.0
		72	36	47.2
	TOTAL	86	45	52.3

## 1.2 Importancia biológica de los cetáceos y conservación en Chile

De acuerdo con la UICN existe una elevada y creciente pérdida de biodiversidad tanto terrestre como marina, mediante la legislación internacional se ha logrado el reconocimiento de ciertos bienes globales o comunes de la humanidad permitiendo la protección de estos. La conservación de cetáceos es un tema de preocupación mundial, dada la característica de estas especies de ser tanto especie paraguas como bandera ya que mediante la protección de estas especies es posible preservar otras especies menos carismáticas y sus ecosistemas (Isasi, 2011). Debido a la disminución de las poblaciones de mysticetos por la cacería comercial del siglo pasado, sus roles en el ecosistema marino no habían sido reconocidos. Actualmente se considera que pueden influir en los ecosistemas marinos en al menos cuatro formas: como predadores de peces e invertebrados, como presas de predadores como la orca, como cadáveres, proporcionando refugio y nutrientes a otras especies, y como transportadoras de nutrientes desde las profundidades a la superficie. Sumado a ello en 2016, la IWC reconoció la contribución ecológica de los cetáceos a la productividad primaria y a la captura de carbono por primera vez, situándola en el centro de su trabajo. (ICCB, 2017).

Respecto a la legislación chilena en cuanto a la conservación de cetáceos, , en virtud de la convención de Washington, el año 2008 se declara todo el mar chileno como “Santuario de Ballenas”, creando la Ley 20.293, que protege a los cetáceos y define una serie de normas para asegurar su conservación, sin embargo, la situación es compleja ya que el ecosistema marino se encuentra amenazado por: sobrepesca, contaminación desde zonas industriales cercanas a la costa y alteraciones ecológicas debido a especies introducidas (Boldt, 2016). Y, por último, si bien hay algunas iniciativas de investigación científica, existe aún poca gestión en materia de conservación de cetáceos (Huke, *et. al.* 2006).

### 1.3 Varamientos

Tradicionalmente, el varamiento de un mamífero marino se define como un ejemplar “que vacila en tierra enfermo, débil o simplemente perdido”. Sin embargo, los años de investigación de estos, han dado lugar a una comprensión más amplia y detallada que incluye: animales que son encontrados muertos en la costa, cetáceos encontrados vivos en costa, pinnípedos encontrados enfermos o heridos en la costa, y animales que están "fuera de hábitat". En algunos casos, los mamíferos marinos encontrados enredados en redes de pesca o en desechos, y cadáveres marinos encontrados flotando en el mar también se consideran varados (Moore *et. al.* 2017). En el caso de los cetáceos, una baja supervivencia de los adultos, tras varios años, o una mortalidad masiva puede tener consecuencias negativas para la abundancia de las poblaciones. Los varamientos masivos de cetáceos (excluyendo casos madre-cría) provocan la muerte de hasta cientos de individuos en un solo evento, suceden tanto en especies de misticetos como de odontocetos, de los cuales el mayor número de varamientos ocurre en estos últimos (Hamilton, 2018).

En cuanto a las causas más probables de estos, investigaciones recientes sugieren que factores ambientales, tales como la fluctuación estacional o la ubicación geográfica, influirían en el aumento de varamientos masivos. Pese a ello, aunque ha habido numerosas teorías avanzadas, pocas están respaldadas por evidencia concreta. No hay una sola explicación concluyente que explique todos los varamientos individuales y masivos en todo el mundo (Williams, 2018). Referente al impacto de los varamientos en la conservación de esta biodiversidad, de acuerdo con un estudio de 50 años de varamientos en Chile, se estima que en nuestro país estos eventos suceden en un 80% más que la estimación global (Alvarado, *et. al.* 2020). Algunos autores señalan que existe una tendencia al aumento de estos eventos desde el año 2016 en las costas del país, sumado a ello, debido a la dificultad en la recopilación de datos debido a la geografía de nuestro país y a la dispersión de la información obtenida pues son diversos los organismos tanto estatales como privados que han registrado los varamientos (Alvarado, *et. al.* 2020), es que surge la necesidad de recopilar y revisar la información respecto al estado actual de los varamientos en Chile.

## **1.4 Identificación y descripción de hallazgos patológicos**

A continuación, se especificarán algunas de las lesiones que podrían encontrarse durante el análisis macroscópico de ejemplares varados, se detallarán puntualmente las diferencias entre heridas cortantes y contusas, hallazgos en casos de asfixia mecánica y la determinación antemortem o postmortem de una hemorragia.

### **1.4.1 Heridas cortantes y lesiones por objeto contundente**

Las heridas cortantes se clasifican según el patrón de la lesión:

- Heridas punzantes: la profundidad de la herida supera su longitud y es el resultado del movimiento del eje largo de la hoja en el plano aproximadamente perpendicular a la superficie del cuerpo
- Heridas incisivas: cortes en los que la longitud supera la profundidad; heridas cortantes, que son producidas por instrumentos pesados, como cuchillas, hélices de embarcaciones, hachas y machetes, con una herida incisa en la piel y fracturas óseas y/o un surco ranura en el hueso
- Heridas terapéuticas/diagnósticas: resultan de una intervención veterinaria.

Las lesiones por objeto contundente producen 4 tipos principales de lesiones:

- Contusiones
- Abrasiones
- Laceraciones
- Fracturas óseas

A diferencia de las lesiones por objeto contundente, las heridas cortantes no presentan laceraciones o puentes de tejido blando entre los bordes de la herida, y el borde de la herida no es irregular, siendo lineales o angulares. Por otra parte, los bordes de las lesiones por objeto contundente son irregulares; el desgarro del tejido es frecuente. Las lesiones afiladas pueden ser o no letales, y esto puede determinarse sólo si se realiza una necropsia detallada con un cuidadoso examen externo e interno (De Siqueira *et. al.* 2016).

#### **1.4.2 Asfixia mecánica**

Los 5 postulados clásicos de la muerte por asfixia de cianosis, fluidez de la sangre, congestión del ventrículo derecho, congestión visceral y petequias están ahora refutados y se denominan a menudo "el quinteto obsolecente". Los patólogos veterinarios saben que la cianosis, la fluidez de la sangre y la congestión visceral son hallazgos comunes postmortem y no son etiológicamente específicos. La respiración restringida por la presión externa en el pecho y/o abdomen o por una postura adquirida son tipos de asfixia mecánica. Los animales atrapados en una postura que impide la respiración produciendo presión en el tórax (presión de los órganos, reduce la circulación cerebral) o estrechamiento de las vías respiratorias, morirán si no son capaces de salir por sí mismos. En estos casos, las lesiones, si están presentes, pueden no ser informativas, puesto que la congestión y petequias que se producen pueden ser difíciles de distinguir de la hipóstasis postmortem (McEwen, 2016).

#### **1.4.3 Hemorragia**

La hemorragia postmortem suele distinguirse microscópicamente por el confinamiento de la sangre en un único plano fascial. Por el contrario, la hemorragia antemortem se extiende a

través de varios planos tisulares. Sin embargo, si el cuerpo está en putrefacción, esta determinación es difícil (De Siqueira *et. al.* 2016).

### **1.5 Necropsia y muestreo**

Para determinar la causa de muerte asociada a los varamientos es importante la realización de una necropsia y toma de muestras biológicas (Chirife *et. al.* 2014). Este procedimiento, generará una serie de datos, observaciones y diagnósticos que ayudan a establecer, confirmar o refutar hipótesis sobre la causa de un varamiento. Así mismo, el monitoreo de patógenos específicos y el análisis de causas antrópicas de varamientos es de suma importancia para evaluar el estatus sanitario, la presencia de potenciales zoonosis y el nivel de intervención humana sobre las poblaciones de mamíferos marinos (AMEVEFAS, 2017). De esta forma, el estudio sistemático de las ballenas varadas, por ejemplo, permite entre otras cosas, realizar un seguimiento de las tendencias poblacionales de la especie, aprender sobre nutrición, genética, biología, salud, etc. (Chirife *et. al.* 2014). Esta es información básica de gran valor que permitirá en futuros eventos contar con información de base para investigar las causas probables de un varamiento (AMEVEFAS, 2017). La complejidad de identificar las causas de estos eventos, por medio de la necropsia, se debe a la falta de acceso oportuno a cadáveres frescos y, en varios casos, a la falta de una respuesta coordinada para realizar necropsias. Las necropsias y tomas de muestra para el diagnóstico post mortem suelen complicarse debido a serios desafíos logísticos, incluyendo el acceso a la extensa y accidentada costa chilena y el transporte de suministros y personal. Esto, en varios de los casos, impide la realización de un examen exhaustivo y compromete la calidad del material de diagnóstico obtenido (Alvarado *et. al.* 2020). Sumado a esto el hecho de que la mayoría de los varamientos en Chile aparecen en el borde costero después de uno o varios días de producida la muerte del o los ejemplares (Ulloa, 2021).

La necropsia debe ser realizada en lo posible en menos de 48 horas posterior a la muerte del ejemplar, sin embargo, carcasas en descomposición y sobre todo con señales de acción humana, también pueden aportar información genética y de la historia de vida del animal. La realización de esta actividad, ya sea en campo o en un laboratorio, debe ser metódica y

exhaustiva, iniciando con el registro fotográfico del lugar donde fue hallado el o los ejemplares, morfometría del ejemplar (incluyendo espesor de la grasa o *blubber*), evaluación del estado de la carcasa, examen externo de piel, dientes e integumentos, toma de muestra sanguínea, piel y grasa, y finalmente un examen interno que implique la extracción de los órganos, incluyendo en este caso el oído, para estudios referentes a traumas de la región auditiva. Toda lesión, secreción u exudado debe ser correctamente descrito y tener registro fotográfico de ello (AMEFEVAS, 2017).

Para una mayor comprensión de este trabajo, se considerará evento de varamiento a todo aquel que incluya las características recién mencionadas y a las actividades realizadas ante esto, tales como registro, toma de muestra, necropsia, rehabilitación y disposición final del ejemplar vivo o muerto. Según los informes de varamientos de SERNAPESCA, entre los años 2018 y 2019, se observó un incremento de estos eventos (SERNAPESCA, 2019), para abordar las posibles causas, a continuación, se detallarán 10 de los posibles factores que inciden en el varamiento de cetáceos, dividiéndose en factores antrópicos y causas naturales.

## **1.6 Causas probables de varamientos en Chile**

### **1.6.1 Factores Antrópicos**

#### **1.6.1.1 Pesca y acuicultura**

Asociado a la actividad pesquera, existen principalmente dos tipos de interacciones con los mamíferos marinos. Por un lado, las de tipo directo (también conocida como operativas o técnicas) en las que los animales suelen entrar en contacto físico con los artes de pesca o dispositivos de captura de peces, lo que genera efectos negativos tanto para los cetáceos como para la especie objetivo de la pesca. Por otra parte, las interacciones indirectas (también

conocidas como biológicas o ecológicas) son aquellas en las que tanto mamíferos marinos como la industria pesquera, compiten por las especies de peces (Obusan, 2016).

Dado que las poblaciones de cetáceos y la actividad pesquera coinciden en las mismas áreas geográficas, las interacciones entre ambas son inevitables, la remoción de la pesca por parte de los mamíferos marinos incrementa las posibilidades de recibir lesiones o incluso morir al enmallarse incidentalmente (Cáceres, 2016). La "pesca fantasma" refiriéndose a redes de enmalle o trampas que han sido extraviadas o abandonadas, supone un problema debido al enmalle continuo de animales marinos que se atascan en ellos y mueren. En los últimos años, esto ha empeorado debido a la introducción de equipos sintéticos con alta durabilidad. Aunque es muy difícil tener un número global preciso, las estimaciones sugieren que los artes de pesca extraviados o abandonados constituyen aproximadamente el 10% (640,000 toneladas) de las basuras marinas (Campoy y Beiras, 2018).

En Chile, ha sido informada la pesca incidental de orcas, cachalotes y lobos marinos. Sumado a ello debido a estos hábitos, estas especies sufren hoy en día una deplorable reputación entre la mayoría de los pescadores, los cuales para repeler a los mamíferos han adoptado medidas drásticas como fusiles o arpones de mano, entre otras, amenazando la sobrevivencia no sólo de aquellas especies que interactúan, sino que también con aquellas que no, generalmente, por desconocimiento. (Arata y Huke-Gaete, 2005). Por ejemplo, durante el año 2003, en la pesquería artesanal de la X región, pese a que la tasa de depredación por lobos marinos fue mínima, los pescadores artesanales implementaron una serie de medidas para reducir este problema como son el disparar con escopeta a los lobos (8 individuos muertos) y cachalotes (un individuo herido), así como también embestir con la embarcación a los cetáceos (en una oportunidad a ballenas azules). Por lo tanto, es necesario implementar un plan educativo para los pescadores al respecto de la diversidad de mamíferos marinos y su biología, además de realizar investigaciones dedicadas y detalladas con el fin de intentar mitigar el problema mediante procedimientos inocuos para ambas partes involucradas (Moreno *et. al.* 2003).

La forma más común de trauma antropogénico en pequeños cetáceos es el ahogamiento debido a la captura incidental, de acuerdo con un estudio a través de hallazgos patológicos a la necropsia, realizado en 2020, la mayoría de los pequeños especies de cetáceos de tamaño

pequeño y mediano se vieron afectadas por la interacción con la faena de pesca y ahogamiento. El diagnóstico de esta condición es difícil en cadáveres con autólisis moderada o avanzada, por lo tanto, la magnitud real de este problema es difícil de evaluar cuando el acceso a los cadáveres frescos varados es limitado. No obstante, otro estudio *in situ* realizado en el centro-sur y sur de Chile destacó que las especies más comúnmente capturadas de forma accidental son delfín de *Commerson* (*Cephalorhynchus commersonii*), delfín chileno (*C. eutropia*), el delfín mular y la marsopa de *Burmeister* (Alvarado *et. al.* 2020). Por otro lado, en base a una investigación del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), durante el 2018 y 2019 se capturaron accidentalmente pequeños cetáceos de la familia Delphinidae (orca, delfín nariz de botella, delfín oscuro, delfín común y un delfín sin identificar). El total de pequeños cetáceos capturados fue 102, donde 39 de ellos resultaron muertos. La especie con mayor captura fue el delfín común con 56 individuos, mientras que el delfín oscuro fue la especie con mayor mortalidad registrándose 19 individuos muertos (IFOP, 2020).

En cuanto a la acuicultura, la interacción de los mamíferos marinos con esta actividad suele ser negativa, estos resultan afectados por pérdida de hábitat y por medidas de mitigación tales como redes, disparos y artefactos acústicos que impiden el acercamiento, lo cual causa el abandono de las áreas o incluso la muerte de los animales. En cuanto a los efectos de algunas medidas de protección ante la depredación de salmones, existen pruebas de delfines y lobos muertos en redes anti-lobo en algunas partes de la isla Grande de Chiloé, así como datos que apuntan a la matanza directa de estos animales para impedir que se aproximen a las jaulas de salmones. A pesar de que no existen datos empíricos sobre si la presencia de balsas-jaulas de salmones influyen o alteran directamente los patrones de movimiento o el uso del hábitat por parte de los delfines, se han observado delfines chilenos evitando granjas salmoneras en los fiordos (Huke, *et. al.* 2006).

#### **1.6.1.2 Turismo de observación de cetáceos**

La observación de cetáceos puede proporcionar muchos beneficios socioeconómicos, y también podría ayudar a la conservación. Sin embargo, esto tiene muchos impactos directos

e indirectos sobre estas especies (Parsons, 2012). A corto plazo, en mysticetos se pueden observar cambios drásticos en los tiempos de inmersión, cohesión de grupos o cambios en la velocidad y dirección de desplazamiento (Christiansen *et. al.* 2013). Diversos cambios de comportamiento fueron observados en ballenas jorobadas en Perú, mientras que los grupos con cría evitan las embarcaciones aumentando el tiempo de inmersión, cambios de rumbo y disminuyendo su número de respiraciones, los grupos sin cría aumentan la velocidad de desplazamiento, el tiempo en superficie y el número de respiraciones (García, 2019).

La presencia y proximidad de los barcos turísticos, sería la principal causa de la disminución en la abundancia de delfines en períodos de mayor exposición. Así, el tamaño de la embarcación puede constituir una fuente de perturbación, siendo probable que estas sean más intrusivas que las de investigación. Por otro lado, otros factores como el ruido del motor, también pueden ser una fuente de perturbación, dada la dependencia acústica de los cetáceos para la comunicación, orientación y detección de depredadores/presas; el turismo de observación de cetáceos causa efectos a corto plazo en el comportamiento de los animales, aumentando su movimiento y la proporción de inmersiones activas (Bejder *et. al.* 2006).

Por último, se demostró las hembras viajaban con más frecuencia en presencia de embarcaciones turísticas, y se especula que estos cambios a corto plazo podrían conducir a cambios a largo plazo en el uso del hábitat por las hembras lactantes (Christiansen, 2010) y/o conducir a disminuir el éxito reproductivo de especies de cetáceos o a disminuir la abundancia de sus poblaciones generando efectos negativos en la población (Bedjer *et. al.* 2006).

Chile tampoco se ha visto ajeno a este fenómeno, debido a la gran diversidad de especies que visitan nuestras aguas. Si bien cuenta con el “Reglamento General de Observación de Mamíferos, Reptiles y Aves Hidrobiológicas y del Registro de Avistamiento de Cetáceos” (D.S. N°38-2011), este es poco conocido por turistas y público en general. De acuerdo con una investigación en la Reserva Marina Isla Chañaral, mediante la observación de ballenas a través de un teodolito, se apreció una alteración en el comportamiento de la ballena fin durante la actividad turística, particularmente en la reorientación (mayor durante el post turismo) y linealidad (menor con y post turismo), y para la conducta de descanso (mayor

durante el post turismo). Estos cambios estarían relacionados con una respuesta de evasión ante la presencia de embarcaciones de turismo, sin embargo, es importante señalar que la intensidad del turismo en el área de estudio es moderada, debido a que la mayoría de las observaciones presentaron entre una y dos embarcaciones de turismo, y en una menor proporción más de tres embarcaciones, con un máximo de cinco (Sepúlveda, *et. al.* 2017). Por lo tanto, se sugieren más estudios dentro de la Reserva Marina Isla Chañaral u otras donde se realicen actividades de avistamiento de cetáceos para evaluar la intensidad y tiempo en que el turismo pueda realizarse sin afectar el comportamiento de cetáceos.

### **1.6.1.3 Colisiones**

Las colisiones de barcos con cetáceos son una preocupación mayor en el contexto de la conservación de estos mamíferos, cuya incidencia ha aumentado rápidamente debido al aumento del tránsito marino global, en cuanto a velocidad y tamaño de flota. Las medidas necesarias para disminuir esta amenaza incluyen diagnósticos definitivos más confiables para los informes del número de colisiones y la incidencia de mortalidad por impacto de barcos (Sierra *et. al.* 2014). Por otra parte, las colisiones con barcos constituyen una amenaza para las ballenas grandes, lo que ha quedado registrado en diversos informes. Sin embargo, muchas de éstas probablemente no se detectan o no se informan (Bezamat *et. al.* 2014). Esto es particularmente grave en poblaciones de misticetos o rorcuales, pues las poblaciones de la mayoría de las especies amenazadas por riesgo de colisión fueron diezmadas durante el siglo pasado, específicamente en la época de caza de ballenas, a causa de lo cual varias de ellas aún no se han recuperado (Jackson *et. al.* 2016). Los choques con barcos pueden provocar traumatismos agudos, con graves cortes en la piel, comprometiendo a menudo el tejido subcutáneo y la musculatura esquelética, así como la amputación de extremidades y/o evisceración. Sin embargo, es difícil determinar la naturaleza pre o post mortem de estos hallazgos. Se requiere urgentemente de una mejora en la metodología para reconocer las lesiones indicativas de colisiones con embarcación. Varias publicaciones han establecido diversos criterios para lesiones y mortalidad causadas por choques de barcos en cetáceos y

pinnípedos, de las cuales destacan: uno o varios cortes, comprobación de fracturas óseas antemortem, hematomas y/o hemorragias (Sierra *et. al.* 2014).

Respecto al tránsito marino en Chile, según lo observado en la bahía de Mejillones, el área principal de agregación de las ballenas se encuentra muy cerca (menos de 1000 m) a una de las rutas principales utilizadas por grandes buques de carga (Pacheco *et. al.* 2015) y, sumado a ello, las rutas de navegación de embarcaciones de pesca coinciden con la distribución de pequeños cetáceos. Además de lo anterior, la velocidad de los buques mercantes suele superar el límite máximo permitido por la ley chilena (García, 2019). En nuestro país, existen registros publicados de tres posibles colisiones de buques con ballenas. Durante el 2009 se reportó la primera colisión confirmada de una ballena grande en Chile, la cual se identificó como una ballena sei hembra (Brownell *et. al.* 2009). El segundo reporte de colisión corresponde al varamiento de una ballena azul durante el año 2014, en la bahía de Puerto Montt, que habría llegado muerta o moribunda a pocos metros de la costanera de esa ciudad; el ejemplar presentaba una fractura expuesta en su aleta pectoral derecha, que podría atribuirse, probablemente a una colisión con una embarcación de gran tamaño (CCC, 2014). Posteriormente en el año 2019, se registró una denuncia por colisión de un ejemplar de ballena azul en la región de Tarapacá (SERNAPESCA, 2019).

Según lo observado en un análisis de hallazgos patológicos de algunos varamientos acontecidos en Chile entre 2010 y 2020, se identificaron dos rorcuales subadultos con severo traumatismo, siendo altamente probable debido a la colisión con una embarcación grande. Estos animales se encontraron cerca de dos puertos con alto tránsito marítimo, lo que podría haber aumentado las probabilidades de colisión con un barco (Alvarado *et. al.* 2020).

En cuanto a monitoreos realizados en Chile, durante el programa de conservación de ballenas azules Alfaguara del Centro de Conservación Cetácea (CCC), realizado en 2008 en la Isla de Chiloé demostró, respecto a la conducta de alimentación y defecación de las ballenas jorobadas y azules, que las aguas del noroeste de la Isla de Chiloé y norte de la región de Los Lagos son una de las áreas de alimentación más importantes en el hemisferio sur para la especie (CCC, 2008). Las inspecciones realizadas en 2007 y 2009, revelaron que poco más de 100 animales se encuentran en el área de alimentación del sur de Chile, por lo tanto, resulta

preocupante el alto número de embarcaciones de gran tamaño y la alta concentración de ballenas azules, así como la presencia de lesiones en la piel de individuos de esta población. Como prueba del riesgo de colisión, en enero de 2009, un crucero de turismo arribó a Puerto Montt con una ballena sei muerta en la proa (CCC, 2009). Para la prevención de estos eventos, la CCC ya había entregado algunas recomendaciones, entre las cuales se destacaban: reducciones de velocidad de las embarcaciones en las zonas con alta concentración de ballenas, cambios estacionales en las rutas de navegación, y reducción de la contaminación costera generada por la industria de la salmonicultura intensiva (CCC, 2008).

En cuanto a la normativa chilena, durante el 2018 se proclamó una nueva normativa donde se reconoce que el tránsito marino y su consecuencial riesgo de colisión con cetáceos, son uno de los factores que pueden causar lesiones y/o la muerte de estos individuos. Siendo además la zona de Chiloé y la costa del océano Pacífico áreas importantes de alimentación y crianza no solo de la ballena azul, sino también de otras especies en peligro de extinción como lo son la ballena sei y la franca austral. Se reconoce además que en el área ya han existido muertes de cetáceos asociadas a colisiones y que el impacto puede suponer un riesgo además para la tripulación, aumentando este riesgo durante la noche debido a la conducta de alimentación. Por ello, se entregaron una serie de medidas para mitigar o prevenir las colisiones (Armada de Chile, 2018). Sin embargo, a pesar de que esta normativa presenta un avance, cabe decir que no hay ninguna penalización asociada a ella en lo que respecta a eventos de colisión con cetáceos.

#### **1.6.1.4 Contaminación**

Otra de las amenazas antropogénicas a la que se ven enfrentados estos mamíferos es la exposición a elevados niveles de contaminantes, sean tanto acústicos como la polución procedente de actividades industriales o de la pesca (Ávila *et. al.* 2018). Para los cetáceos, las amenazas planteadas por los desechos marinos son múltiples y van desde impactos directos en la salud y mortalidad a posibles efectos secundarios como resultado de la

degradación del hábitat, la transferencia de contaminantes químicos y los efectos sobre poblaciones de presas (Baulch y Perry, 2019).

#### **1.6.1.4.1 Plásticos y desechos pesqueros**

Respecto a la contaminación por plástico, el 80% de la contaminación marina deriva de fuentes terrestres. Incluso en el caso de países como Chile, alejados de los grandes centros de producción y consumo, se evidencia una incipiente contaminación por plástico (Elías, 2015).

Los impactos más comunes se encuentran asociados a la ingesta de desechos o al enmallamiento, causando lesiones o la muerte de muchos animales (Poeta *et. al.* 2017). La ingestión de macropásticos puede provocar asfixia o una sensación artificial de estar lleno, pudiendo llevar a la muerte por inanición. Otros efectos negativos son la desnutrición y lesiones internas tales como la perforación u obstrucción del tracto digestivo y la formación de úlceras (Campoy y Beiras, 2018). Esta última, ocurre cuando los elementos de desecho se consumen de modo intencional o accidental, a través de la depredación de organismos contaminados durante el proceso de alimentación por filtración (misticetos) (Poeta *et. al.* 2017). Por otra parte, el enmallamiento puede causar lesiones externas o alterar la capacidad de natación de los animales, afectando la alimentación y la huida de los depredadores. Sumado a ello, las crías de varias especies marinas pueden verse especialmente afectadas debido a la estrangulación, a medida que el animal crece (Campoy y Beiras, 2018).

#### **1.6.1.4.2 Contaminantes orgánicos persistentes (COP)**

Dentro de las sustancias con actividad hormonal destacan los compuestos aromáticos clorados (pesticidas organoclorados y PCB), metales pesados y compuestos organometálicos. Los mamíferos marinos se encuentran entre los grupos de animales silvestres que muestran

síntomas de daños endocrinos y reproductivos, como se refleja en la disminución significativa de algunas poblaciones. Sin embargo, pocos estudios han podido demostrar de forma inequívoca el efecto de los contaminantes sobre el sistema endocrino, debido a la falta de conocimiento sobre la fisiología de sus sistemas hormonales, sus adaptaciones específicas y las diferentes estrategias utilizadas por cada especie para adaptarse a su medio (Starrantino, 2018).

Entre los contaminantes químicos, los contaminantes orgánicos persistentes (COP) pueden permanecer en el medio ambiente durante un tiempo significativo (Gui *et. al.* 2014). Entre estos, los bifenilos policlorados (PCB), según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), están entre los doce contaminantes más nocivos fabricados por el ser humano. Luego de su detección en vida silvestre durante los años 60 en altos niveles de concentración, el uso y fabricación de estos pesticidas comenzó a ser prohibido. Gracias a estas restricciones legislativas, pesticidas como el DDT y de dieldrín, han disminuido significativamente en los depredadores marinos en Europa. Sin embargo, tras una reducción gradual, todavía persisten en concentraciones excesivamente altas en algunos cetáceos (Jepson y Law, 2016). Además, debido a su naturaleza lipofílica se pueden biomagnificar en la cadena trófica, alcanzando niveles muy altos entre los depredadores tope (Pinzone *et. al.* 2015) y, dado que los mamíferos marinos son los principales depredadores de las cadenas tróficas del medio marino, representan la mayor acumulación de niveles de contaminantes lipofílicos de larga duración (Law, 2014), de los cuales, una gran variedad presenta la capacidad de actuar como imitadores hormonales y alterar el funcionamiento del sistema endocrino, pudiendo desencadenar efectos adversos a distintos niveles en los organismos expuestos (Starrantino, 2018). Estas alteraciones también contribuyen al aumento de brotes de enfermedades infecciosas (Desforges *et. al.* 2015).

#### **1.6.1.4.3 Metales pesados**

Entre los metales que pueden producir efectos adversos sobre la salud, se encuentran algunos que en concentraciones traza, pueden ser esenciales para la vida, y otros como el mercurio,

cadmio y plomo que no cumplen ningún papel biológico (metales no esenciales) y que son muy tóxicos incluso a pequeñas concentraciones. La exposición crónica o subcrónica a concentraciones menores de las que producen efectos tóxicos, pueden alterar la composición y/o funcionalidad del sistema inmune. Por ello, se sospecha que muchas poblaciones animales expuestas y/o dependientes de ciertos ambientes contaminados, como, por ejemplo, los cetáceos, puedan estar sufriendo el efecto inmunosupresor de los xenobióticos presentes en el medio marino, sin que en la actualidad se conozca el alcance de esa situación, ni se pueda valorar la responsabilidad de este factor en la disminución observada de la supervivencia de muchas especies (Cámara *et. al.* 2003).

De acuerdo con estudios realizados en nuestro país, las concentraciones tanto de elementos traza como de contaminantes orgánicos persistentes, medidas en los calderones varados en las costas de Chile, son menores de las reportadas para la misma especie provenientes de Australia o Nueva Zelanda (García, 2019). Sin embargo, se detectó presencia de Tl<sup>+</sup>, residuo de la industria metalúrgica, que puede producir efectos tóxicos en mamíferos debido a su competencia con K<sup>+</sup> en procesos metabólicos. Dada su característica longevidad y su calidad de depredadores de los niveles más altos de la cadena alimenticia en el medio marino, la orden odontoceta se encuentra mayormente expuesta, y si bien los efectos tóxicos que puede provocar este elemento traza en los mamíferos marinos son desconocidos, el hecho de que fue encontrado en ecosistemas remotos puede indicar su persistencia en el medio ambiente, y una mayor vulnerabilidad de estas especies a sufrir mortalidades masivas (García *et. al.* 2019).

#### **1.6.1.4.4 Petróleo**

Los cetáceos pueden estar expuestos a petróleo e hidrocarburos a través del contacto directo y también mediante la inhalación de fracciones volátiles, la ingestión directa o mediante presas contaminadas. Se ha sugerido que los cetáceos presentan una baja vulnerabilidad, debido a una serie de características: el petróleo no penetra fácilmente en la piel de los cetáceos, debido a su grosor, ausencia de pelos y frecuente descamación, incluso varios

autores sugieren que la amenaza de mayor preocupación es la inhalación de fracciones volátiles tóxicas, los cuales pueden provocar inflamación de las membranas mucosas y congestionar los pulmones, generando una neumonía, pudiendo incluso acumularse en la sangre y otros tejidos, lo que a su vez, puede provocar daños en el hígado y neurológicos.

La exposición a hidrocarburos es probablemente más problemática para especies cuyas áreas de distribución son restringidas; especies con zonas de alimentación y reproducción específicas son más vulnerables que aquellas que habitan en mar abierto. También se señala que los cetáceos con dietas limitadas o específicas serían más afectados por un derrame de petróleo; la ocurrencia y la magnitud de los efectos nutricionales dependerían de la intensidad y propagación del petróleo y de su impacto en posibles presas alternativas. El nivel trófico del alimento de los cetáceos también puede afectar a su exposición al petróleo, teniendo cada nivel un potencial específico para retener y transferir residuos de hidrocarburos. Debido a sus conductas de alimentación y características anatómicas, los misticetos tienen el potencial de ingerir petróleo y/o ensuciar sus barbas utilizadas para filtrar el alimento de las grandes cantidades de agua que pasan a través de ellas; se ha observado que el flujo continuo de agua contaminada con hidrocarburos genera leves disminuciones de la tasa de filtración. En cuanto a especies de alimentación bentónica, podrían estar en riesgo de ingerir petróleo sedimentado. Por otra parte, la mayoría de los odontocetos no se enfrentarían a problemas, excepto, posiblemente, cuando los delfines llevan a los bancos de presas a la superficie.

La baja vulnerabilidad también se ve fundamentada en que los cetáceos parecen ser capaces de detectar el petróleo, sin embargo, ello depende de si pueden discriminar visualmente el derrame y el tamaño de este. Sin embargo, la evitación del petróleo por parte de los delfines salvajes no se produce en todas las circunstancias y en algunos casos estos modifican su comportamiento, disminuyendo las tasas de respiración, y aumentando la duración de las inmersiones y los cambios de rumbo para minimizar el contacto con el petróleo de la superficie (Helm, *et.al.* 2015).

#### 1.6.1.4.5 Contaminación acústica

Los mamíferos marinos viven en un medio a través del cual el sonido se propaga mejor, por lo que han evolucionado para utilizarlo tanto activa como pasivamente, en todos los aspectos de su comportamiento (Erbe, 2018). Actualmente, el ruido subacuático antropogénico es reconocido como un problema mundial, y estudios recientes han demostrado una amplia gama de efectos negativos en una variedad de taxones (Williams *et. al.* 2015), este puede ser generado por una variedad de actividades, como el transporte comercial, el petróleo y exploración, desarrollo y construcción de gas, operaciones navales (por ejemplo, sonares militares), pesca (por ejemplo, dispositivos acústicos de disuasión y acoso), investigación (por ejemplo, pistolas de aire), construcción, rompehielos y navegación recreativa (Colpaert, 2016). Actividades como el sonar naval y de barcos pesqueros, y las perforaciones petrolíferas pueden llevar a la muerte y al varamiento de algunas especies (Brakes y Simmonds, 2013). En muchas áreas oceánicas, la fuente predominante de ruido de baja frecuencia generado por el hombre (20-200 Hz) proviene de las hélices y los motores de buques de transporte comercial. Estas frecuencias de sonido se pueden propagar de manera eficiente a largas distancias en el entorno marino de aguas profundas (Starrantino, 2018). Por otra parte, los dispositivos de energía renovable marina pueden producir niveles de ruido más bajos que muchas otras fuentes antropogénicas, sin embargo, tienen el potencial de causar una exposición prolongada a organismos marinos sésiles (Williams, 2015).

Cualquier sonido puede considerarse como "ruido" cuando enmascara, o introduce ambigüedad en la recepción e interpretación de señales de interés de los animales, o cuando induce respuestas fisiológicas o de comportamiento perjudiciales (Starrantino, 2018), siendo esta la primera consecuencia negativa. El ruido antropogénico en el medio marino puede alterar la detección y emisión de señales acústicas de los odontocetos, afectando su comportamiento social, base de la comunicación e interacción con su medio natural (ecolocalización) (Farré, 2005). Dado que el ruido del transporte comercial ocurre en el mismo rango de frecuencia que las vocalizaciones de las ballenas barbadas, estos animales son particularmente vulnerables a los efectos del enmascaramiento debido a grandes

cantidades de ruido de la nave (Colpaert, 2016). En cuanto a los impactos en el comportamiento de estas especies, la contaminación acústica puede causar que los mamíferos marinos interrumpan su alimentación o alteren sus vocalizaciones (Gómez *et. al.* 2016). Otros cambios conductuales se asocian a alteraciones en las rutas migratorias, evitar las habituales zonas de alimentación y reproducción y otros hábitats importantes; así como daños psicológicos y stress, haciendo a los animales más vulnerables a patologías, como el ataque de virus, bacterias o parásitos. En consecuencia, si los efectos se mantienen en el tiempo conlleva a una menor supervivencia y volumen de las poblaciones de estas especies (Oceana, 2004).

Los efectos, letales y subletales, pueden ocurrir como consecuencias directas o indirectas a la exposición al ruido, debido a sus respuestas conductuales. Esto puede ocasionar varamientos, desorientación, reducción de la eficiencia de búsqueda de alimento y alteración de otras funciones biológicas importantes para la homeostasis (Starrantino, 2018). El radio en el que ocurre este cambio comportamental es de una media de 25 km, aunque en algunas especies de ballenas puede llegar a sobrepasar los 50 km. Por la utilización de bajas y medianas frecuencias, parecería que los mysticetos deberían ser más sensibles, pero existen evidencias de que algunos odontocetos de inmersión profunda como cachalotes o zifios, pueden captar bajas frecuencias y por tanto serían más a estas fuentes de sonido, en estos cetáceos la huida rápida de una fuente de sonido los puede llevar hacia una zona más próxima a la fuente de sonido. (Farré, 2005).

Estas especies pueden verse particularmente amenazadas por sonares de baja frecuencia y alta intensidad, los cuales pueden producir efectos sobre los cetáceos hasta a 100 kilómetros de distancia. Los efectos del uso de sonares en maniobras navales, van desde la pérdida total o parcial de audición, u otros traumas en tejidos (sobre todo en cavidades u órganos que almacenan aire), hasta la muerte por hemorragia en los pulmones. Un estudio de impacto ambiental realizado por la Armada estadounidense demostró que los zifios podían verse afectados por el uso del sonar, de hecho, la mayoría de los animales que suelen encontrarse varados en las costas víctimas de las maniobras navales corresponden a individuos de la familia de los zífidos o ballenas de hocico de los géneros *Ziphius* y *Mesoplodon* (Oceana, 2004).

Entre las consecuencias físicas asociadas al uso de sonares, se encuentra el síndrome de émbolos gaseosos/grasos en el zifio de Cuvier, siendo esta especie el mamífero que mayor profundidad y tiempo puede estar sumergido. La hipótesis más aceptada actualmente, es que los zifios reaccionan con una respuesta comportamental de estrés agudo a la exposición a sonares de alta intensidad, que alteran su homeostasia y los mecanismos fisiológicos que controlan el equilibrio de gases en condiciones normales. Todo ello desemboca en las embolias gaseosas y grasas descubiertas en las necropsias (Starrantino, 2018). También, se ha comprobado que el uso de sonar con una longitud de onda de 290 Hz a tan sólo 500 metros provoca vértigo y aturdimiento sobre este animal. Inclusive se ha comprobado que bastan sonidos de tan sólo 150 db para dañar gravemente a un cetáceo, mientras que los sonares LFAS (sonar activo de baja frecuencia) superan los 200 dB (Oceana, 2004).

El problema respecto a los efectos de la contaminación acústica radica en la dificultad para evaluar estos probables impactos, debido a la evidencia limitada de los factores que influyen en estos, desde la capacidad auditiva de los animales hasta las características de los sonidos emitidos en ambientes naturales (Mcgregor *et. al.* 2013). Por ejemplo, el repertorio acústico de las ballenas con barba consiste en sonidos de baja frecuencia y longitud de onda larga, que se propagan de manera eficiente bajo el agua, lo que potencialmente permite la comunicación a grandes distancias en el océano abierto. Sin embargo, el ruido de los barcos también alcanza medias e incluso altas frecuencias ultrasónicas utilizadas por los odontocetos para comunicarse y ecolocalizar. Aunque las altas frecuencias no alcanzan distancias tan grandes, esto puede afectar a los cetáceos a rangos de centenares de metros (Starrantino, 2018).

Según audiogramas electrofisiológicos y de comportamiento indican que el pico de sensibilidad en los odontocetos varía según la especie: puede ir desde 12 kHz en orcas a más de 100 kHz en marsopa de puerto. En delfínidos, los picos de sensibilidad varían entre 40 y 80 kHz (Del Castillo, 2016). De acuerdo con estudios en mamíferos terrestres, que permiten predecir el impacto en mamíferos acuáticos, la gran amplitud y el aumento rápido de blastos puede causar rotura de las membranas de las ventanas timpánica, ovalada y redonda y provocar la fractura o desprendimiento de los huesecillos del oído medio. Otros hallazgos a

la histopatología son necrosis celular (incluyendo hinchazón y ruptura de la membrana) y apoptosis celular (Starrantino, 2018). Por ello, pese a que existen relativamente pocos estudios de los niveles de tolerancia máxima y de producción de lesiones por efecto de un sonido mantenido, la mayoría coincide en situar en 180 dB el máximo absoluto de exposición para estos animales, para evitar la producción de lesiones irreversibles (Farré, 2005).

## **1.6.2 Factores naturales:**

### **1.6.2.1 Agentes biológicos:**

Entre los factores biológicos que pueden llevar a la muerte y/o varamiento de poblaciones de cetáceos se encuentran las infecciones virales, fúngicas y bacterianas (Starrantino, 2018), también es importante incluir los eventos de varamiento asociados a la intoxicación con biotoxinas (ejemplo: varamiento masivo en Golfo de Penas). Como se ha mencionado anteriormente, su característica longevidad y capacidad de ser predadores de niveles tróficos superiores, hacen que estas especies sirvan como importantes centinelas. Si bien la evaluación del estado de salud de los cetáceos silvestres es difícil de llevar a cabo sin captura, la observación de lesiones cutáneas permite identificar enfermedades como la lobomiosis por *Lacazia loboi*, dermatitis causada por herpesvirus y lesiones romboidales causadas por *Erysipelothrix rhusiopathiae*, una enfermedad potencialmente letal (Powell *et. al.* 2018). En el caso de Chile, alrededor del año 2006, se detectó por primera vez la presencia de heridas en la piel de tursiones y delfines chilenos, las cuales podrían haber estado relacionadas con la degradación del medio ambiente, como efecto de la contaminación o de enfermedades exóticas probablemente asociadas a la acuicultura. No obstante, es necesario realizar más investigaciones para evaluar estas hipótesis (Huke, *et. al.* 2006).

El incremento en la prevalencia de las lesiones cutáneas en cetáceos puede indicar inmunidad debilitada, posiblemente como resultado del estrés causado por la perturbación ambiental, la degradación del hábitat debido al aumento de los efectos antropogénicos, la

infección simultánea y/o la presencia de contaminantes en el medio ambiente (Powell *et. al.* 2018). Uno de los factores que se ha cuestionado respecto a su impacto en la fauna marina, son los manejos en salmonicultura, esto debido a los métodos de cría de peces que incluyen el hacinamiento y la falta de barreras sanitarias, por lo cual se ha masificado el uso de antibióticos como profilácticos (Cabello, 2006). Asociado a esto, la creciente evidencia muestra que esta liberación de medicamentos al medio acuático tiene el potencial de seleccionar bacterias resistentes tanto en la columna de agua como en los sedimentos marinos (Oceana, 2018).

Respecto a infecciones parasitarias, de acuerdo con necropsias realizadas a 15 ejemplares varados entre 2010 y 2019, se observó parasitismo y enfermedades derivadas de ello en algunos odontocetos, incluyendo la neumonía verminosa y la vasculitis debida a *P. inflexus* en las marsopas de *Burmestair*. Este nematodo es un parásito que puede causar mortalidad directa o provocar una neumonía bacteriana secundaria con consecuencias mortales. En el caso de los nemátodos de los senos respiratorios y perióticos dentro del género *Stenurus*, se ha sugerido que pueden potencialmente afectar a la audición y a la ecolocalización, y pese a que las lesiones observadas en el estudio eran significativas, no hay evidencias de que estas hayan complicado la huida al enmallamiento o aumentado el riesgo por fallas en la ecolocalización, puesto que para evaluar el impacto real de los parásitos de *Stenurus spp.* en marsopas de *Burmestair* era necesario un examen histopatológico, el cual no pudo ser realizado (Alvarado *et. al.* 2020).

#### **1.6.2.2 Factores climáticos y estacionales: El niño y floraciones algales nocivas**

El ácido domoico (DA) es una neurotoxina que puede causar intoxicación amnésica por mariscos en humanos, con síntomas que incluyen vómitos, convulsiones pérdida de memoria y desorientación. En el caso de los mamíferos marinos tales como leones marinos y focas, han mostrado una disfunción neurológica, esto debido a lesiones cerebrales especialmente en el hipocampo, lo que podría conducir a un comportamiento de navegación inadaptado y la consiguiente mortalidad en la naturaleza (Bengston *et. al.* 2016). Si bien la intoxicación

mediante biotoxinas es un agente biológico, la razón de porqué se decidió abordarlo en este ítem es debido a su posible relación con el cambio climático.

Durante las últimas décadas se ha descrito un debilitamiento en el patrón de precipitaciones en el sector de la Patagonia Chilena, el cual ha sido atribuido al cambio climático, de origen antropogénico, a través de un debilitamiento de la intensidad de los vientos del oeste. Asociado a esto, desde la década de los 70° el índice del Modo Anular Austral (SAM) registra una transición hacia su fase positiva, lo cual ha hecho más frecuentes fenómenos climáticos como El Niño. La sequía, los cambios en la productividad primaria y la inestabilidad de la columna de agua producidos por estas variaciones climáticas serían la causa de eventos como el que ocurrió durante el verano del 2016, cuando una intensa y extensa sequía favoreció una proliferación de algas nocivas, que produjo en pocos días una mortalidad de salmones en cantidad similar a la que toda la salmonicultura chilena registra en dos años de producción (Aguayo, 2019).

Otra de las razones de la aparición de FANs, estaría asociada al aporte de nitrógeno a las aguas costeras por la producción de salmónidos y pese a que el número de estas especies dañinas parece haber disminuido en Chile, los informes de nuevas especies dañinas y eventos de floración han aumentado en los últimos tres decenios (Bushman, 2006). Como referencia del efecto de un mayor aporte de nutrientes al mar y su relación con las FANs, experimentos de fertilización con hierro en el Océano Antártico revelaron que no sólo el enriquecimiento en hierro estimula el crecimiento de *Pseudonitzschia spp.*, una de las especies de diatomeas dominantes en la región, sino que además la especie también responde a la adición de hierro produciendo DA (Bengston. *et. al.* 2016).

Durante el 2015 en el Golfo de Penas, se reportó el mayor varamiento de la historia, registrándose la muerte de 369 individuos en el lapso de varios meses, en cinco de los ejemplares analizados, no se determinaron signos de interacción humana en la muerte de estos animales. También, por la posición de las ballenas en la orilla (cráneo posado sobre su parte dorsal), se postuló que los animales murieron aparentemente cuando aún estaban en el agua y las corrientes marinas y los vientos los arrastraron hasta la orilla, por ello, algunos autores se refirieron a este evento como mortalidad masiva en lugar de varada múltiple. En

dicho varamiento se encontraron rastros de toxina en los vectores y en el contenido estomacal y restos de células de *Pseudonitzschia* en el contenido intestinal, esto apoyado con la alta presencia de *Pseudonitzschia* durante febrero y marzo de 2015 medida en las estaciones del Programa de Monitoreo de Mareas Rojas de Chile (Ulloa *et. al.* 2016). Debido a ello la hipótesis más probable fue la de intoxicación con biotoxinas por FAN, y aunque esta habría estado posiblemente relacionada al fenómeno del niño (Häussermann, *et. al.* 2017), no deja de ser relevante el incremento de las FANs ya sea asociado a fenómenos climáticos o al aporte de nitrógeno u otros nutrientes al mar y su impacto como posible causa de varamientos masivos.

El ácido domoico es soluble en agua y es de vida media muy corta en la mayoría de los compartimentos tisulares, además de tener una escasa capacidad para penetrar la barrera hematoencefálica, por lo que la intoxicación se debe a exposiciones agudas, potenciada por la biomagnificación a través de la cadena trófica, presentando un mayor riesgo aquellos depredadores de niveles tróficos más altos, como los odontocetos (Bengston *et. al.* 2016).

La mortalidad masiva por intoxicación causada por FANs ha sido descrita para otras dos especies de cetáceos en todo el mundo, esto es de gran importancia por el efecto que podría tener a nivel de poblaciones, en particular para aquellas especies vulnerables o en peligro de extinción, como lo son los mysticetos (Ulloa *et. al.* 2016). Aunque se sabe menos sobre los efectos a largo plazo de la exposición crónica, la patología toxicológica por neurotoxinas descrita en mamíferos permite hipotetizar que podría contribuir sustancialmente a la desorientación de los cetáceos llevando al varamiento (Bengston *et. al.* 2016).

## **1 OBJETIVO GENERAL**

Describir la ocurrencia y los hallazgos patológicos más comunes observados en varamientos de cetáceos registrados durante el período 2015-2020 en Chile.

## **2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Describir la ocurrencia de los varamientos en Chile entre los años 2015 y 2020, considerando su respectiva ubicación geográfica y características de el o los animales registrados.
2. Identificar los hallazgos patológicos más comunes registrados en varamientos de cetáceos en Chile entre los años 2015 y 2020.
3. Comparar información respecto a los hallazgos patológicos y las causas probables de varamientos de cetáceos registrados durante el período 2015-2020 en Chile.

### 3 MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación (Fig. 1) usará como unidad animal a aquellas especies pertenecientes a la orden cetácea, subórdenes *odontoceti* y *misticeti*, identificadas en varamientos ocurridos entre los años 2015 y 2020 de Chile.

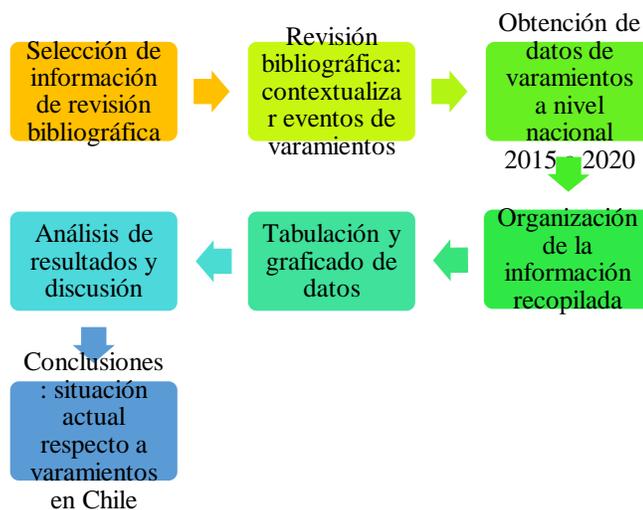


Figura 1. Proceso de realización del proyecto

#### 3.1 Obtención de datos de varamientos en Chile

Para la obtención de datos a nivel país, la información seleccionada corresponderá a los registros de SERNAPESCA, utilizando para ello la base de datos de varamientos, publicada en su página web [www.sernapesca.cl](http://www.sernapesca.cl). Para una mayor comprensión de los hallazgos registrados se requerirá bibliografía actualizada de varamientos ocurridos en Chile, para ello se contará con publicaciones científicas de la Fundación Huinay, las cuales corresponden a

la descripción de ocurrencia de varamientos en Chile y a los hallazgos patológicos observados en algunos de los varamientos acontecidos entre 2010 y 2019.

Posteriormente se organizará la información recopilada desde la base de datos de varamientos de SERNAPESCA. A partir de la tabla en formato Excel, la información será seleccionada descartando todos aquellos varamientos que no corresponden a cetáceos, aquellos que, aunque estén registrados como varamiento corresponden a avistamiento. En caso de haber incongruencia entre los datos de identificación del o los ejemplares (especie, edad, cantidad) y la información de la columna de observaciones, se considerará para el estudio aquella indicada en las columnas de correspondientes a identificación del ejemplar, por otra parte, aquellos varamientos mencionados dos o más veces correspondiendo al mismo evento se considerará solo el primer registro del evento, descartándose los anteriores. En cuanto a la información contradictoria entre la columna disposición final y aquella señalada en observaciones, se privilegiará aquella descrita en la columna disposición final, y se dejará como en trámite en aquellas que estaban en proceso de decidir cuál sería el destino final del cuerpo del o los ejemplares. Se cambió la especie en uno de los registros correspondiente a un varamiento de ballena franca (*Eubalaena australis*) pues se confirmó mediante comunicación personal con el Dr. Mauricio Ulloa, que dicho varamiento correspondía a una ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*).

### **3.2 Organización de la información obtenida**

Luego, estos datos serán reorganizados en las categorías de interés ubicadas en columnas, diseñando así una nueva tabla que simplifique y facilite el análisis de datos. Esta tabla, también en formato Excel incluirá las siguientes columnas: especie (nombre común y científico), cantidad de ejemplares, estado inicial o al momento de identificar el o los ejemplares (vivo o muerto), año, sexo, edad (adulto, sub adulto, juvenil, cría), ubicación geográfica (comuna, región y registro GPS), si se realizó necropsia o no, lugar de realización de necropsia, muestras que hayan sido tomadas (piel, grasa, barbas, dientes, órganos internos o sangre) hallazgo patológico (heridas superficiales, heridas cortopunzantes, hematomas,

cortes, secreciones, ausencia de musculatura o extremidades, contusiones, fracturas, parasitismo, ausencia de piel, cambios de coloración de piel o mucosas), causa probable del hallazgo (antrópica, enmallamiento, asociado a arrastre mareal, depredación de otros cetáceos, aves carroñeras, faenamiento, colisión o sin información), causa probable de varamiento, causa probable de muerte y la disposición final del ejemplar, siendo las categorías para ejemplares vivos: liberado o reinsertado, y para cadáveres: enterrado, dejado en el lugar o in situ, donado a institución, reubicado o dejado en medio marino. En caso de que alguno de estos datos no estuviese registrado se procederá a omitirlo, completando el espacio con Sin información (S. info) y en el caso de las causas probables corresponderá a indeterminado.

Tabla 4. Base de datos sobre varamientos de cetáceos en Chile 2015-2020

Especie	N. com.	N. Científico	Año	Cantidad	Sexo	Edad	Comun.	Región	Latitud	Longitud	Muestra	Necropsia	Lugar necropsia	Hallazgos	Causa probable de hallazgo	Causa probable de varamiento	Causa probable de muerte	Destino final		
Balena zifada		<i>Mequalena rooseffii</i>	2015	1	M	I	SUB-A	Chilo	Los Lagos	41° 22' 31.44" S	74° 2' 0.24" W	S. info	-	S. info	S. info	Indeterminada	Indeterminada	Indeterminada	In situ	
Orca austral		<i>Lagenorhynchus australis</i>	2015	1	M	II	J	Chilo	Los Lagos	41° 22' 31.44" S	74° 2' 0.24" W	S. info	-	S. info	Lesión + heridas epiteliales + lesión	Enmallamiento	Indeterminada	Indeterminada	Indeterminada	In situ
Morsa española		<i>Phocoena spinipinnis</i>	2015	1	M	I	J	Antofagasta	Antofagasta	23° 38' 40.83" S	70° 24' 6.9" W	S. info	-	S. info	Cortes superficiales	Indeterminada	Indeterminada	Indeterminada	Donado a institución	
Balena zifada		<i>Mequalena rooseffii</i>	2015	1	M	I	A	Chilo	Los Lagos	42° 28' 29" S	74° 7' 30.9" W	S. info	-	S. info	Hematoma mandibular y coágulo	Indeterminada	Indeterminada	Indeterminada	Enterrado in situ	
Balena azul		<i>Balaenoptera musculus</i>	2015	1	V	II	A	Valparaíso	Valparaíso	33° 11' 41.12" S	78° 4' 17.12" W	S. info	-	S. info	S. info	Indeterminada	Indeterminada	Indeterminada	Liberado	
Orca chilena		<i>Lagenorhynchus australis</i>	2015	1	M	II	C	Valparaíso	Valparaíso	33° 11' 41.12" S	78° 4' 17.12" W	S. info	-	S. info	Cortes superficiales + mordeduras	Indeterminada	Indeterminada	Indeterminada	Donado a institución	
Balena picuda de Cuz		<i>Ziphius cavirostris</i>	2015	1	M	I	S. info	Antofagasta	Antofagasta	23° 42' 37.7" S	70° 29' 9.69" W	S. info	-	S. info	S. info	Indeterminada	Indeterminada	Indeterminada	S. info	
Orca tipo		<i>Lagenorhynchus patens</i>	2015	1	V	II	A	Talca	Antofagasta	23° 39' 8.9" S	70° 28' 46.43" W	S. info	-	S. info	Intoxicación química + traumatismo por	Enmallamiento	Enmallamiento	Indeterminada	Donado a institución	
Morsa española		<i>Phocoena spinipinnis</i>	2015	1	M	II	AC	Cobresal	Araucanía	47° 1' 23.52" S	70° 11' 7.42" W	S. info	-	S. info	S. info	Indeterminada	Indeterminada	Indeterminada	S. info	

### 3.3 Gráficos de datos de varamientos en Chile

Con los datos previamente tabulados, se graficarán características de las especies encontradas, estado inicial, sexo, edad, ubicación geográfica y si se realizó necropsia. Luego se cuantificarán los varamientos por año a contar desde 2015, los cuales serán graficados utilizando como variables el año y número de varamientos, para así visualizar su incremento, disminución o mantención. Posteriormente, graficará la ocurrencia de varamientos según especie entre el periodo 2015-2020. Luego se realizarán dos gráficos generales de los hallazgos patológicos observados en los varamientos entre 2015-2020, uno que incluya todo tipo de hallazgos y otro en el cual no se considere la descomposición y cambios asociados a ella. Para terminar, se realizará un gráfico para cada año respecto a la causa probable de los hallazgos y otro correspondiente a la sumatoria de cada categoría respecto a causa probable, durante el intervalo de años 2015-2020, además de un gráfico que comprenda posibles causas

de varamiento y otro acerca de las causas de muerte en cetáceos, para el período 2015-2020, para visualizar cuáles corresponden a aquellos de mayor porcentaje de ocurrencia durante los últimos 6 años y si estos tienen relación con los hallazgos patológicos registrados. Tanto los gráficos como las tablas serán realizadas mediante Microsoft Excel 365.

### **3.4 Análisis de resultados y discusión**

Finalmente, mediante la información recopilada acerca de los factores asociados a los varamientos y lo observado en los gráficos, se llevará a cabo una comparación respecto a la relación hallazgo-causa probable de este asociado a causa de varamiento y/o causa de muerte, desprendiendo de ello conclusiones en cuanto al contexto actual chileno, y a la suficiencia y prolijidad en cuanto a los registros realizados, discutiendo así, la prevención de varamientos por causa antrópica o derivados de la actividad antrópica y la implementación de mejoras respecto al registro y evaluación de los varamientos.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Varamientos período 2015-2020

Respecto a los resultados correspondientes a los varamientos durante el período 2015-2020, podemos observar que el número de eventos de varamientos se ha mantenido relativamente estable (Fig. 2), presentando un incremento gradual entre los años 2015 y 2019, contabilizándose 36, 37, 42, 45 y 46 eventos de varamiento, para cada año respectivamente. Sin embargo, durante el año 2020 se registra una leve baja (43 eventos registrados), pudiendo existir un sesgo en el número de registros, asociado a menor vigilancia por la pandemia. Respecto a la cantidad de ejemplares varados, el mayor número corresponde al año 2015, contabilizándose 402 ejemplares debido al mayor varamiento masivo de la historia (Ulloa *et. al.* 2016).

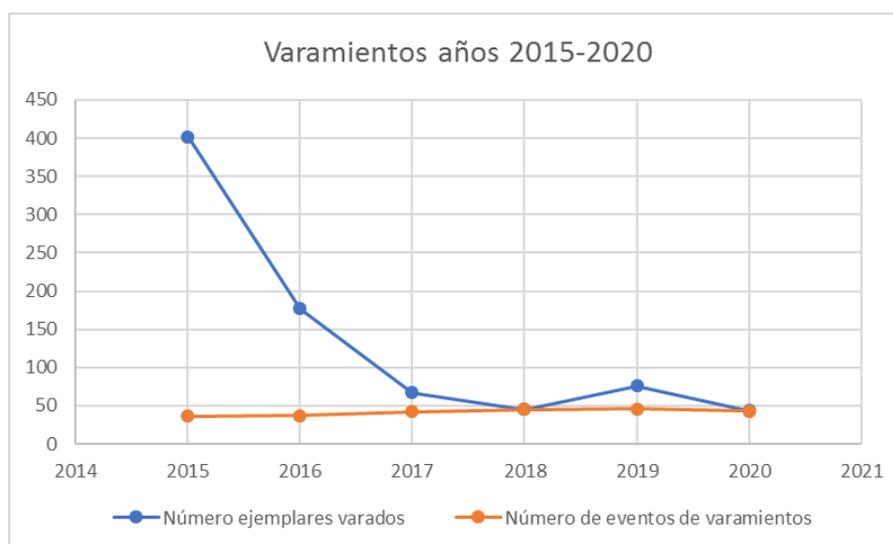


Figura 2. Varamientos entre años 2015-2020

## 4.2 Especies registradas en varamientos

De un total de 811 ejemplares varados (Tabla 5), las especies donde se contabilizó el mayor número de individuos, ordenados de mayor a menor, corresponden a: ballena sei 427 ejemplares, calderón negro 129 ejemplares y marsopa espinosa 53 ejemplares. Las dos primeras especies más afectadas tienen relación con los varamientos masivos en el año 2015 y 2016 respectivamente. En el caso de la marsopa espinosa, estos corresponden en su mayoría a varamientos individuales, registrando un mayor número de varamientos.

Tabla 5. Especies registradas en varamientos de Chile, años 2015-2020.

Etiquetas de fila	Suma de Cantidad
Ballena azul	8
Ballena de aleta, rorcual común, fin	20
Ballena franca austral	4
Ballena jorobada	15
Ballena minke	3
Ballena picuda de Cuvier	4
Ballena picuda de Gray	1
Ballena picuda de Layard	1
Ballena sei, rorcual bacalao, rorcual de Rudolphi	427
Ballena sin identificar	4
Cachalote	23
Cachalote enano	11
Cachalote enano de cabeza corta, cachalote pigmeo	1

Calderón de aleta corta	4
Calderón negro	129
Delfín austral	5
Delfín chileno	8
Delfín chileno	3
Delfín común	7
Delfín cruzado	1
Delfín de diente áspero	2
Delfín de pico largo	1
Delfín gris	32
Delfín liso	2
Delfín nariz de botella	5
Delfín oscuro	22
Delfín sin identificar	2
Falsa orca	4
Marsopa espinosa	53
No identificado	1
Orca	7
Rorcual de Bryde	1
<b>Total general</b>	<b>811</b>

### **4.3 Ubicación geográfica de los varamientos registrados**

La mayor cantidad de individuos se registró en el sur de Chile, en las regiones correspondientes a Aysén y Biobío (Tabla 6), pese a que el número de eventos de varamientos es similar a otras regiones, la gran cantidad de ejemplares varados se debe principalmente a los varamientos masivos de ballena sei y de calderón negro, ambos ocurridos en Aysén (Fig. 3). En el caso de la región del Biobío, dicha situación es similar ya que el número de ejemplares se debe a varamientos masivos de delfín común. Por otro lado, si comparamos el número de eventos, las mayores cifras fueron registradas en las regiones de Coquimbo y Valparaíso.

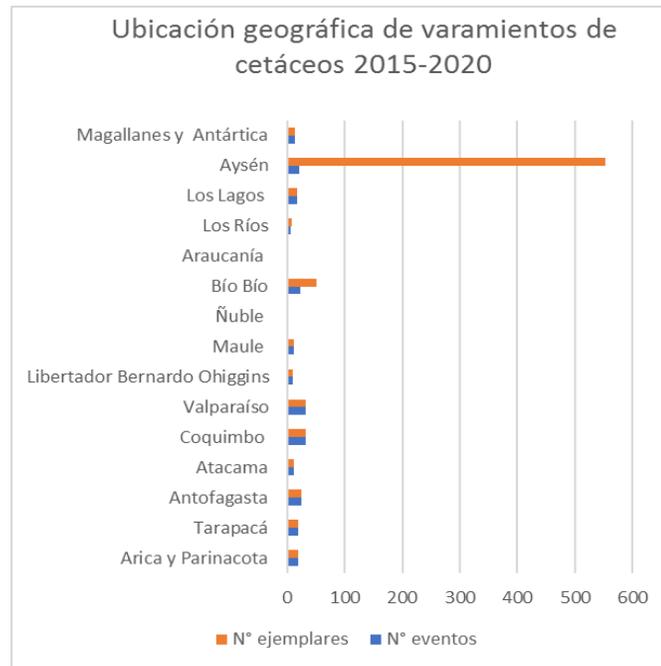


Figura 3. Ubicación geográfica de varamientos de cetáceos 2015- 2020

Tabla 6. N° de eventos y ejemplares registrados por región, Chile

Región	N° eventos	N° ejemplares
Arica y Parinacota	20	20
Tarapacá	19	19
Antofagasta	24	25
Atacama	11	11
Coquimbo	33	33
Valparaíso	33	33
Libertador Bernardo O'Higgins	9	9
Maule	11	11
Ñuble	1	1
Bio Bio	23	51
Araucanía	3	3
Los Rios	6	7
Los Lagos	18	18
Aysén	21	552
Magallanes y Antártica	13	14

#### 4.4 Estado inicial ejemplares varados:

Respecto al estado inicial de los ejemplares registrados en varamientos (Fig. 4), un 8% correspondiente a 63 ejemplares (Tabla 7) fueron reportados como vivos (V), mientras que el 92% correspondiente a 747 ejemplares fueron reportados como muertos (M). Un solo ejemplar no registra información (S. info).



Figura 4. Estado inicial de ejemplares registrados en eventos de varamiento

Tabla 7. N° de ejemplares registrados según su estado inicial

Estado inicial	Suma de Cantidad
M	747
S. info	1
V	63
<b>Total general</b>	<b>811</b>

#### 4.5 Sexo de ejemplares registrados

De acuerdo con lo expuesto en la Fig. 5, el 8% de los ejemplares corresponden a hembras (H), un 6% a machos (M) y un 15% incluyó a ambos sexos (A). Sin embargo, un 71% no fue determinado; también cabe señalar que en uno de los eventos se registró una hembra y su cría (HI).

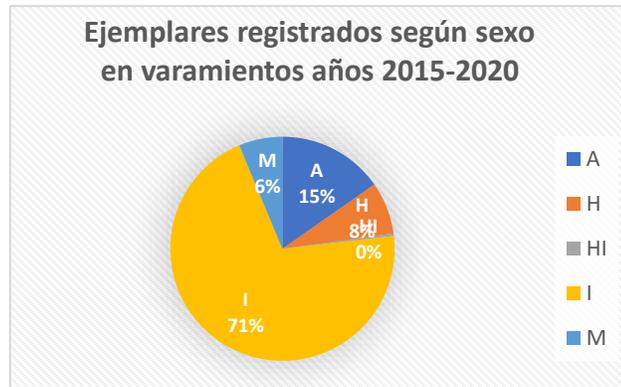


Figura 5. Ejemplares registrados según sexo en varamientos años 2015-2020

#### 4.6 Edades registradas en varamientos

En lo referente al registro de la edad de los ejemplares, el mayor número de individuos corresponde a adultos (A) con 506 ejemplares, en segundo lugar, se registran 124 individuos de todas las edades correspondientes al varamiento masivo de calderones negros. 62 ejemplares no poseen información respecto a la edad (S. info). Los casos referentes a crías (C), juveniles (J) o eventos que incluyen un adulto y juvenil o cría (C), corresponden a una cantidad limitada de ejemplares.

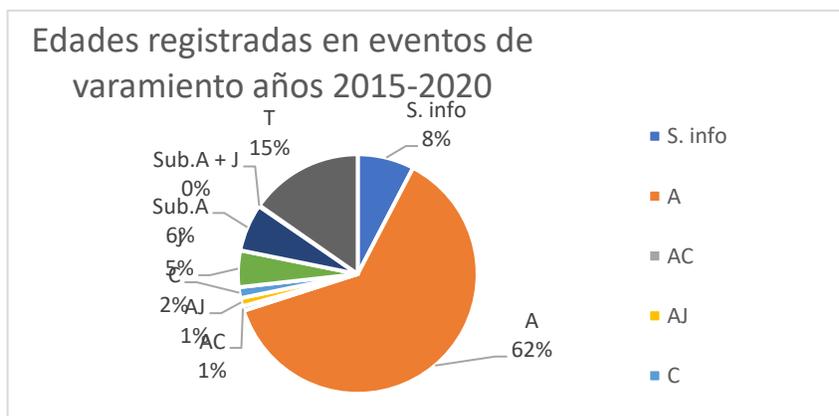


Figura 6. Edades registradas en eventos de varamientos años 2015 2020

Tabla 8. N° de ejemplares según edades

Edades registradas	Total parcial
S. info	62
A	506
AC	5
AJ	9
C	12
J	40
Sub.A	52
Sub.A + J	1
T	124
<b>Total general</b>	<b>811</b>

#### 4.7 Necropsias realizadas

De acuerdo con los registros de necropsias realizadas (Fig.7), en un 23% de los eventos de realizó necropsia a uno o varios ejemplares, mientras que en un 36% no se realizó debido a factores como la descomposición del ejemplar, dificultades para acceder al lugar debido a la geografía y problemas de coordinación. Se reporta un bajo número de necropsias realizadas (Tabla 9), estas fueron realizadas tanto en terreno (5), como en instituciones (6). Los otros 45 registros no contienen información del lugar donde fueron realizadas.



Figura 7. Necropsias realizadas a cetáceos varados, 2015-2020

Tabla 9. N° de necropsias sin información, no realizadas y realizadas.

¿Se realizó necropsia?	N° de necropsias realizadas
S. info	103
No	90
Sí	56
<b>Total general</b>	<b>249</b>

#### **4.8 Hallazgos patológicos y causas probables de ellos**

En base a lo descrito en la Fig. 8, en 57 de los eventos se registra descomposición, otros hallazgos asociados a este proceso natural son: huesos expuestos (2), pérdida de coloración de la piel (1), ausencia del globo ocular (8), orificios profundos (1), carcaza destruida (1) y la existencia de solo estructuras óseas (2). Para el caso de las lesiones superficiales encontramos: lesiones en epidermis (34), laceraciones (2) y desprendimiento de piel (5).

Al no considerar los hallazgos asociados a la descomposición, reunir las lesiones superficiales en un solo ítem y realizar misma acción en lo referente a órganos internos (Fig. 9), el 19% de los eventos registra heridas sin especificar zona afectada ni profundidad, un 15% de las lesiones son superficiales y en 13% de los registros no se observaron marcas ni heridas. Sin embargo, lesiones tales como el cercenamiento de musculatura o aletas (6%) o cortes (9%) son relevantes en cuanto a ataques antrópicos o faenamientos post mortem, en este caso se incluye también la evisceración (2%) y el desmembramiento como señales de actividad antrópica.

En el caso de los hallazgos de instrumentos de pesca o ulceraciones en la cola provocadas por enredos en redes o deshechos, suman un 8%, porcentaje similar a los resultados obtenidos respecto al enmallamiento como causa de varamiento. Otro tipo de hallazgos como fracturas o luxos fracturas de mandíbula o aletas (3%), ausencia de mandíbula o maxila (1%), evisceración (2%), desgarros (1%), hematomas o contusiones (3%), son relevantes a la hora de determinar si el varamiento fue provocado por una colisión con embarcación. En cuanto a lo referente a la asfixia, en estos casos se relacionó con la presencia de espuma en espiráculo o tráquea (asfixia por inmersión, 1%).

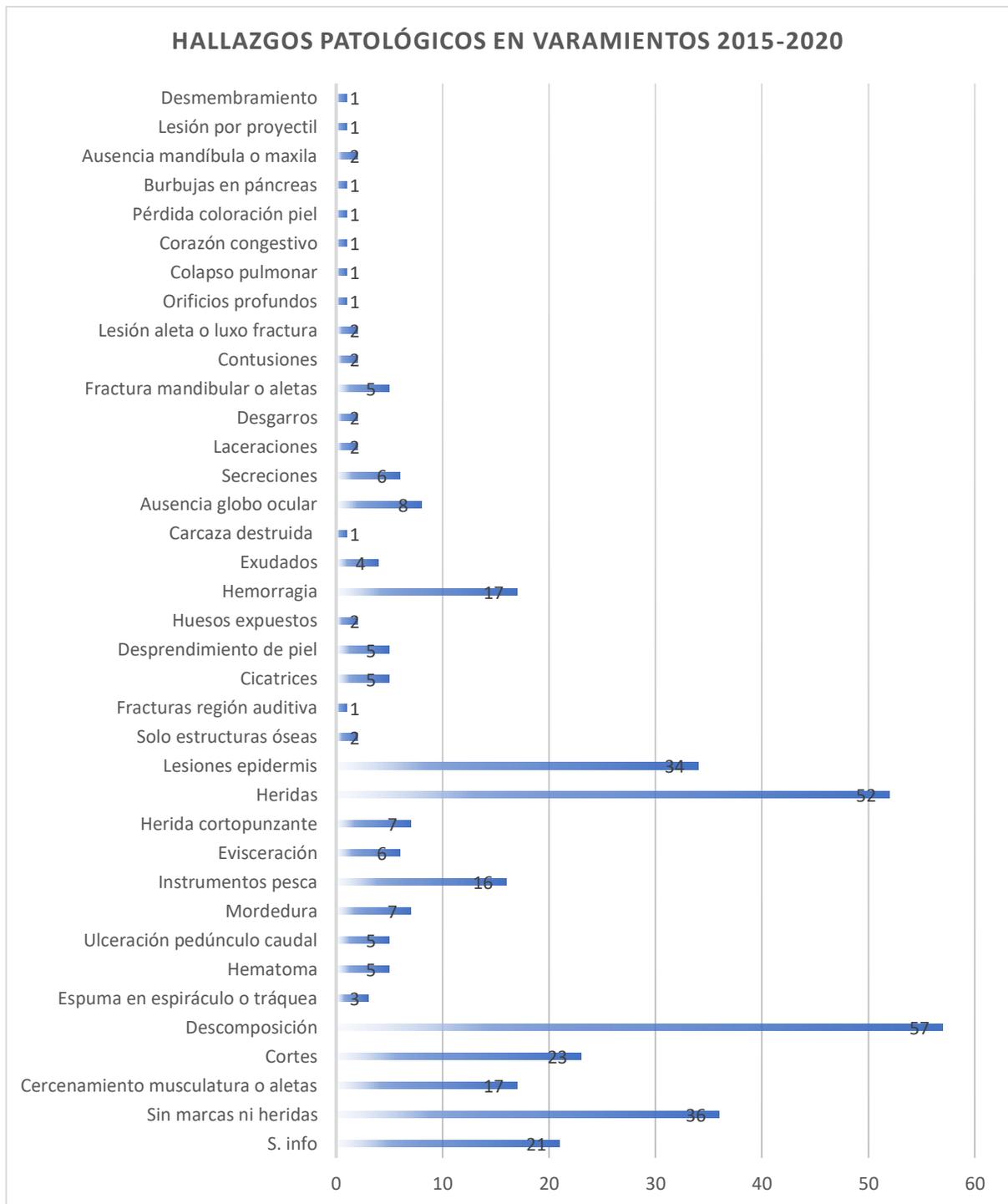


Figura 8. Hallazgos patológicos en varamientos 2015-2020



Figura 9. Hallazgos observados en varamientos de cetáceos 2015-2020

En cuanto a las posibles causas de los hallazgos descritos (Fig. 10), la depredación como causa de lesiones fue asociada a escualos u otros cetáceos como las orcas, 2 de 5 registros de este ítem, se describen como causa de varamiento o muerte. En cuanto a faenamiento todos corresponden a odontocetos: marsopa espinosa (8), cachalote enano (1), cachalote (1), delfín chileno (2), delfín austral (1) y delfín gris (1). Por lo tanto, el 57% de los faenamientos corresponden a marsopa espinosa.

La mayoría de las lesiones superficiales observadas fueron relacionadas al arrastre mareal y a las aves carroñeras, y 147 registros no tienen información respecto a la causa de las lesiones.

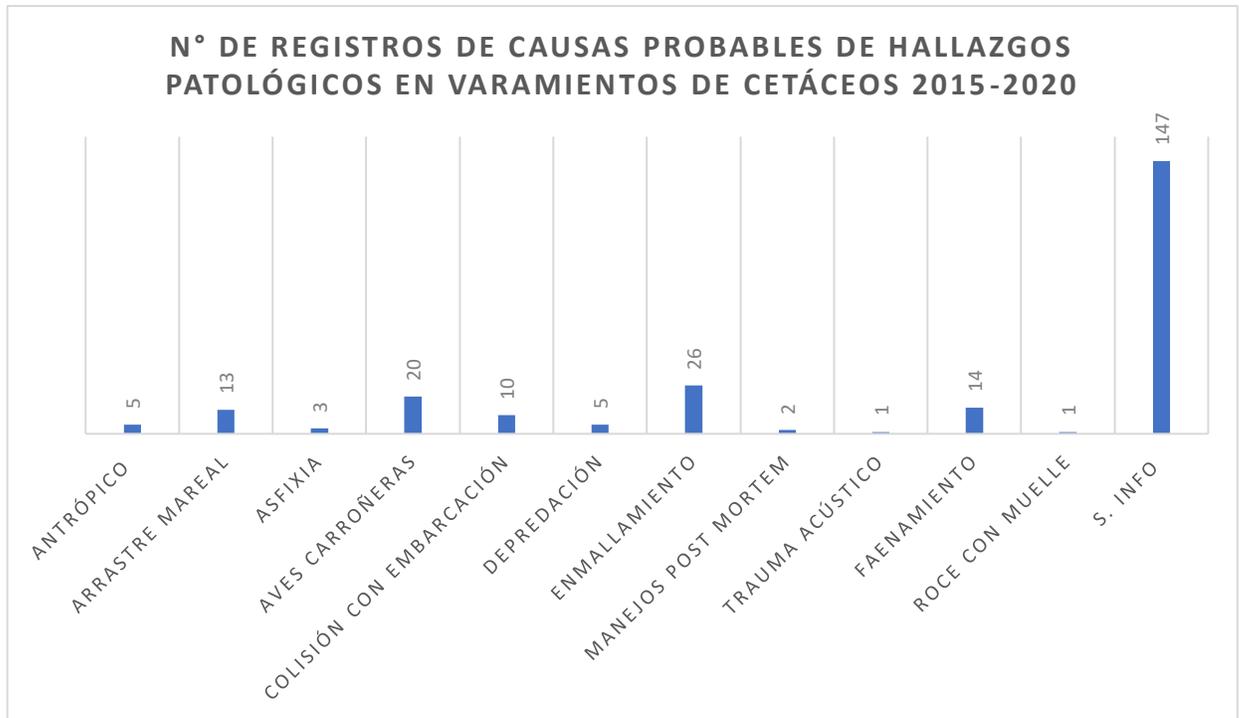


Figura 10. N° de registros de causas probables de hallazgos patológicos observados en varamientos de cetáceos 2015-2020

#### 4.9 Causas probables de varamientos 2015-2020

Las especies registradas en varamientos con la identificación de una posible causa fueron:

- Asfixia por inmersión: marsopa espinosa (2)
- Colisión con embarcación: ballena de aleta (4), ballena azul (2), ballena minke (1), delfín chileno (1) y ballena sin identificar (1)
- Depredación: ballena sei (2), ballena franca austral (1) y marsopa espinosa (1)
- Desorientación por geografía: calderón de aleta (1)
- Desorientación asociada a trauma acústico: calderón negro (124)

- Enmallamiento: ballena de aleta (2), ballena jorobada (7), ballena franca austral (1), ballena sei (2), cachalote (2), cachalote enano (1), calderón de aleta corta (1), delfín chileno (5), delfín común (1), delfín liso (1), marsopa espinosa (1), orca (5)
- Intoxicación con biotoxinas: ballena sei (367)
- Problemas de flotabilidad: delfín oscuro (1)

En base a lo expuesto en la Fig. 11, el varamiento de cetáceos en que se identificó la causa más probable y tuvo el mayor número de ejemplares varados, fue el de ballenas sei, relacionado con intoxicación por biotoxinas por floraciones algales nocivas (Haussermann *et. al.* 2017), seguido del varamiento de calderones negros, asociado a la desorientación posterior a un trauma acústico (Alvarado *et. al.* 2019). La tercera causa identificada, que reúne mayor cantidad de individuos, es el enmallamiento, ya sea en artes de pesca como con desechos de esta actividad. Y, en cuarto lugar, se encuentra como causa la colisión con embarcaciones, las cuales 8 de las 9 corresponden a ejemplares de misticetos.

Tanto el enmallamiento como las colisiones tienen un origen antrópico, si bien el número de ejemplares es menor que en los dos factores previamente mencionados, el número de eventos aumenta. Mientras que la intoxicación con biotoxinas o el trauma acústico apenas representan el 1% de los eventos (Fig. 12), el enmallamiento corresponde a un 10%, seguido por las colisiones con un 4% del número de eventos registrados, siendo la mayoría de los casos varamientos individuales.

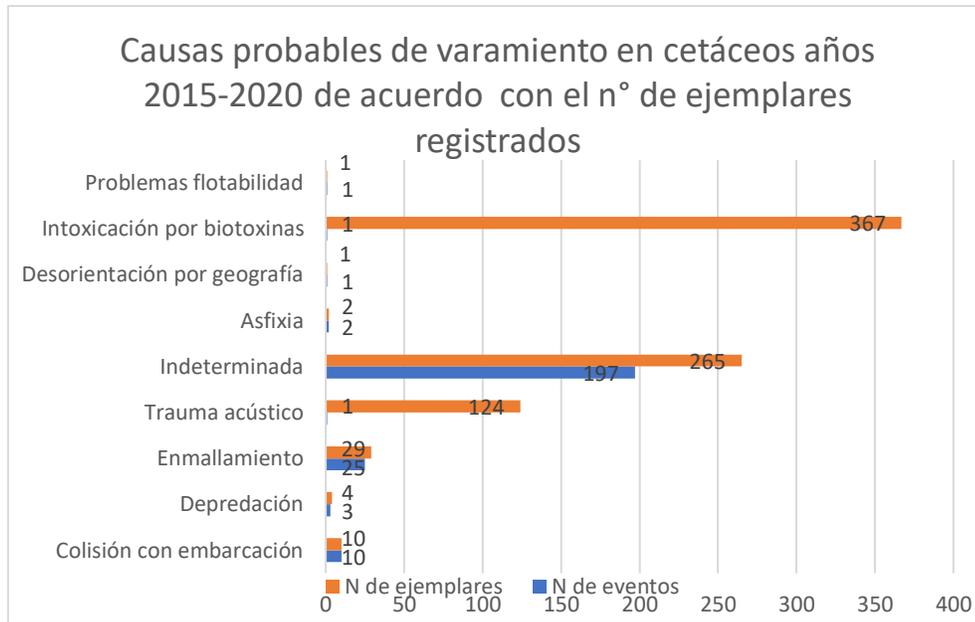


Figura 11. Causas probables de varamiento en cetáceos años 2015-2020, de acuerdo con el n° de ejemplares registrados

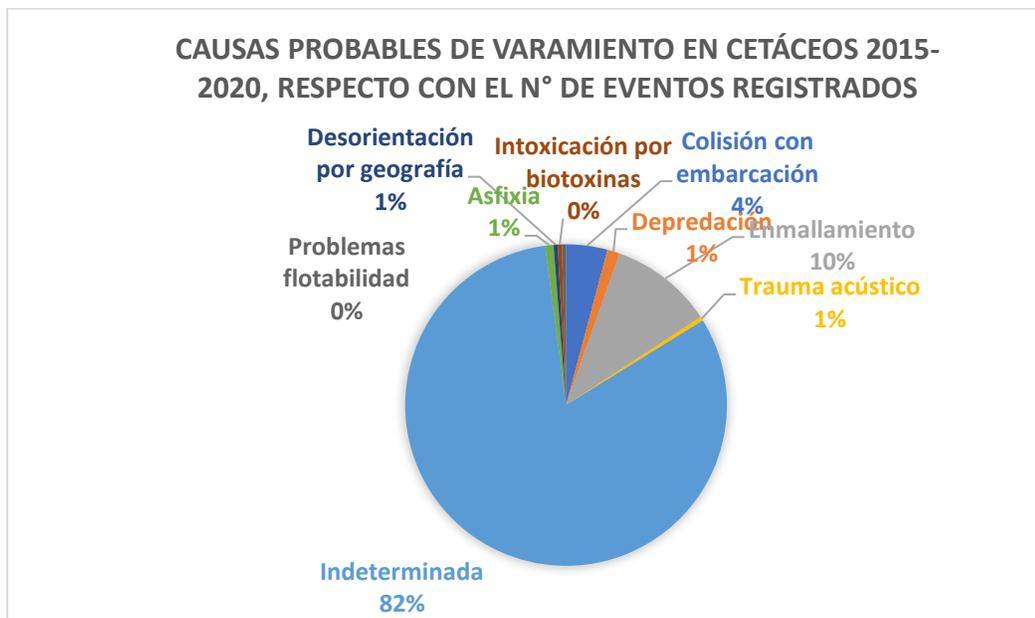


Figura 12. Causas probables de varamiento en cetáceos, respecto con el n° de eventos registrados

#### **4.10 Causas probables de muerte**

Referente a las causas probables de muerte, de un 10% de eventos de varamiento causados por enmallamiento (Fig. 12), este se reduce a un 7% (Fig. 14), puesto que en algunos casos los ejemplares lograron ser liberados. En el caso de las colisiones, todas fueron fatales. Eventos causantes de mortalidad como la depredación, asfixia o la intoxicación con FANs tuvieron un bajo número, en estos casos los individuos varados fueron encontrados muertos e incluso en estado de descomposición. Respecto a los registros de asfixia, 3 de 4 individuos fueron encontrados muertos posiblemente por inmersión y en uno de los casos, el ejemplar varó vivo, pero murió por asfixia por compresión, debido a la manipulación del público general.

Para finalizar, un 86% de los eventos registrados no reporta causa de muerte ni probable ni específica, quedando en la mayoría de los casos inconclusa. Respecto a la disposición final de los ejemplares muertos en 68 de los casos fueron donados a instituciones, 50 enterrados en el mismo lugar, 44 fueron dejados en el mismo lugar donde se encontró el cuerpo, 10 en el medio marino, 26 llevados a relleno sanitario y 2 fueron reubicados. De los ejemplares vivos se registran 8 liberados de enmallamiento y 12 reinsertados luego de varar a tierra. El número de eventos que no registra la disposición final es de 29.

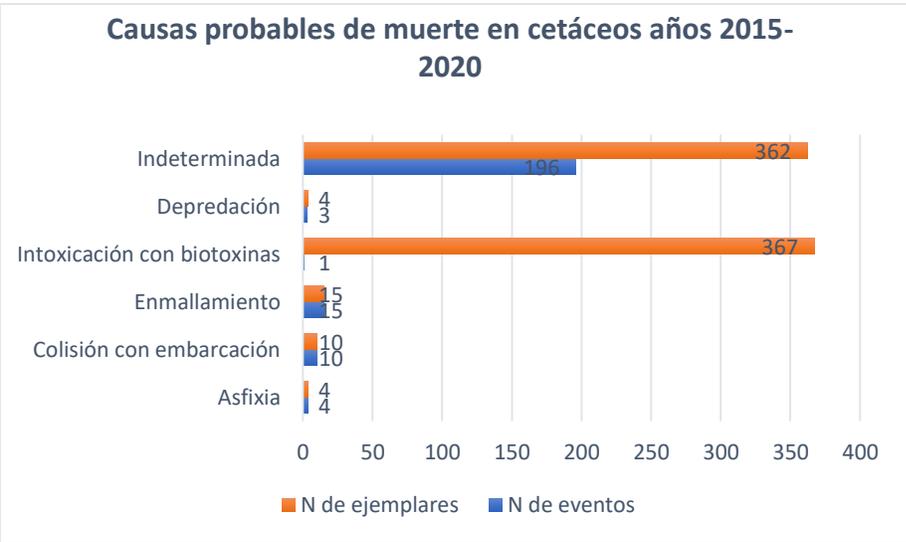


Figura 13. Causas probables de muerte en cetáceos años 2015-2020

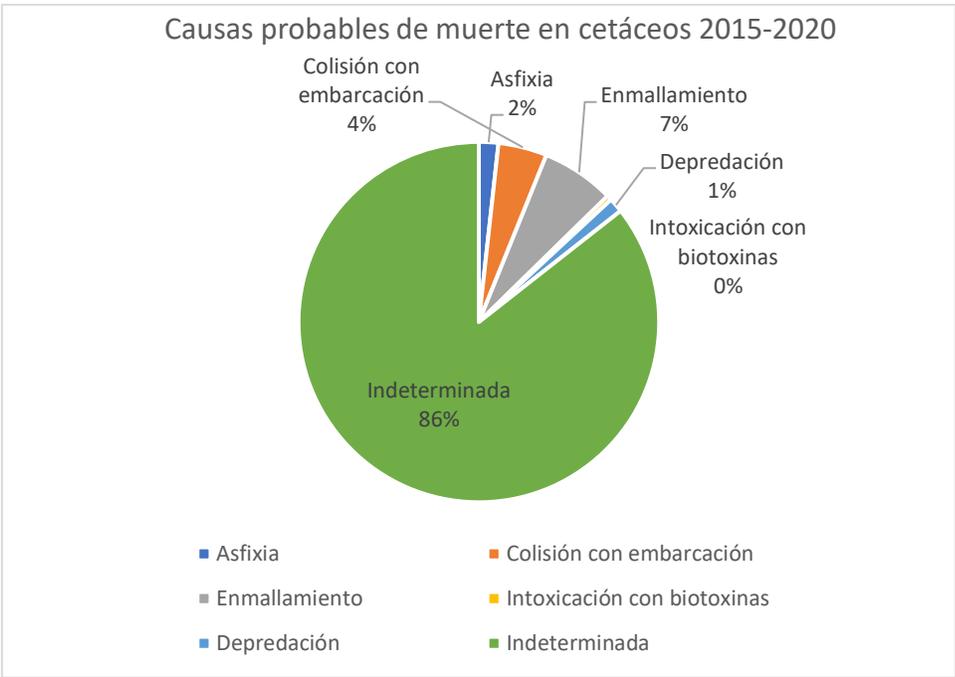


Figura 14. Causas probables de muerte en cetáceos 2015-2020

## 5 DICUSIÓN

Si desglosamos lo observado en los resultados en cuanto a la determinación de sexo, en un 71% de los ejemplares no pudo ser determinado, por lo que se sugiere incrementar la determinación del sexo a través de pruebas de ADN. Respecto a las edades registradas, ello indica que los varamientos ocurrirían mayoritariamente en ejemplares adultos. Por ello, se teoriza que probablemente la mayor mortalidad de individuos jóvenes sea mar adentro. También se infiere que la desorientación que lleva a varamientos masivos sea mucho más común en familias incluso de individuos sanos, que posean un alto nivel de cohesión como es el caso de los calderones negros (Alvarado *et. al.* 2019). Por otra parte, refiriéndonos al bajo número de necropsias realizadas y que en muchos casos se menciona la realización de ellas sin incluir conclusiones o información relevante, se estima que pudiese existir un sesgo importante tanto en los hallazgos patológicos como en las posibles causas de varamientos.

En lo referente a la ubicación geográfica de los varamientos, se registró un mayor número de ejemplares varados en la región de Aysén debido a varamientos masivos de más de cien individuos, en cambio en las regiones de Coquimbo y Valparaíso es donde se registró la mayor cantidad de eventos. Las diferencias entre estas 2 observaciones (n° de eventos vs n° de ejemplares), podría relacionarse a factores tales como la geografía, el clima y la cantidad de observadores, puesto que Chile posee la costa más larga del mundo y su población está distribuida desproporcionadamente (Alvarado, *et. al.* 2020). Debido a estas condicionantes, se puede relacionar el mayor número de eventos en Coquimbo y Valparaíso, con una mejor vigilancia debido a una mayor densidad poblacional, siendo la región de Valparaíso quien posee el mayor número de individuos por km<sup>2</sup> de estas 3 regiones, con una densidad de 111,27, seguido de Coquimbo con 18,67. Aysén en cambio, solo posee 0,96 habitantes por km<sup>2</sup> (INE, 2017). Por otra parte, el mayor número de ejemplares registrados en las regiones de Aysén y Biobío se explica por el mayor número de individuos que frecuentan las costas del sur, pues estas corresponden a zonas de alimentación de ballenas y odontocetos (CCC, 2008).

En cuanto al registro de hallazgos patológicos, esto es poco preciso. Otro punto importante para señalar, en lo referente a los hallazgos patológicos expuestos en este trabajo es que no en todos los casos estos se relacionaron con las posibles causas de varamiento o la muerte, un alto número de las lesiones registradas corresponden a signos asociados a descomposición, teniendo relación con este proceso natural o la acción de animales carroñeros. Por otra parte, también lesiones superficiales pueden ser ocasionadas por el roce con las rocas o la arena al momento de varamiento. En cuanto a lo referente a la depredación como causa de lesiones, esta fue asociada a través de la observación de desgarros o mordeduras, ocurriendo según lo registrado, por acción de escualos u otros cetáceos como las orcas, y no en todos los casos llevó al varamiento y/o la muerte. En el cambio, en los registros de faenamiento el cercenamiento de aletas o musculatura, la evisceración y los cortes limpios asociados a arma blanca fueron los principales hallazgos.

Tanto la depredación, como el faenamiento como causa de hallazgos, requieren una adecuada descripción e identificación de las lesiones, sobre todo en lo que respecta al faenamiento, dado el gran porcentaje de ejemplares de marsopa espinosa con rasgos de acción antrópica, la que fue reportada en la mayoría de los casos como post mortem. Respecto a lo expuesto en otros estudios que comprenden la observación de lesiones presentes en varamientos, de los 660 casos registrados, incluyendo cadáveres y cetáceos varados vivos, el 13% se debieron a enredos, lesiones profundas por hélices y golpes con embarcaciones, y el 5% fueron heridas punzantes debidas a puñaladas y arponazos (De Siqueiras *et. al.* 2016).

En cuanto a eventos causantes de mortalidad como la depredación, asfixia o la intoxicación con FANs, estos poseen un bajo número de registro y la mayoría de los individuos se encontraron en estado de descomposición. Sin embargo, causas como la depredación o la asfixia tienen un menor impacto en las poblaciones de individuos debido a una menor cantidad de ejemplares afectados, versus lo acontecido en casos de probable intoxicación con FANs o trauma acústico.

Comparativamente hablando desde una perspectiva de causas probables de varamiento, sucesos de carácter agudo y ocasional, como la intoxicación con FANs o la desorientación por trauma de la región auditiva, aunque tienen un número reducido de ocurrencia, pueden

llevar al varamiento de cientos de individuos, siendo importante por un lado el monitoreo de las FANs y su efecto sobre la fauna del lugar, y por otra parte, en el caso del trauma debido a ruidos intensos, el diseño de protocolos para pruebas militares o navales que prevengan el daño a las especies que habiten la zona de elección para la realización de pruebas y maniobras, evitando en su mayoría las zonas de alimentación y cría, con el fin de no perjudicar sus poblaciones.

Por otra parte, de los registros de asfixia en uno de los casos el ejemplar varó vivo, pero la manipulación del público general, quienes intentaron devolverlo al mar, provocó la asfixia del animal antes de que llegara SERNAPESCA a colaborar con la reinserción. Es por este tipo de casos particulares que se reitera la importancia de la educación al público en cuanto a la denuncia inmediata y la no participación en rescates por el riesgo hacia el animal y a ellos mismos.

En cuanto a las colisiones registradas, 8 de las 9 corresponden a misticetos, por lo que como se mencionó anteriormente, se reafirma que las especies con mayor riesgo de colisión son las grandes ballenas (Jackson *et. al.* 2016) y entre ellas, la ballena de aleta es la que registró el mayor número de colisiones (4/9), lo cual también ya ha sido señalado por otros autores, como una de las especies más vulnerables debido a su comportamiento de superficie (Alvarado, *et. al.* 2019).

Por otro lado, si analizamos el ítem referente al enmallamiento, en base a lo expuesto por Alvarado *et. al.* 2020 las especies más expuestas a la pesca incidental son pequeños y medianos cetáceos, destacándose delfines y marsopas. Sin embargo, de los datos obtenidos, las especies que fueron encontradas enmalladas, comprenden desde pequeños odontocetos hasta ballenas, por lo que queda aún analizar los riesgos que comprenden ciertos tipos de redes como lo son las robaleras o líneas para captura de bacalao (Cáceres *et. al.* 2016), para misticetos y grandes odontocetos como el cachalote.

El mismo estudio (Alvarado *et. al.* 2020) basado en la necropsia de cetáceos entre 2010 y 2020, estimó que el 47% (7/15) murió muy probablemente debido a trauma antropogénico. Otro estudio que consideró los varamientos entre 1970 y 2005, informados a través de la RAMMC, menciona que de las causas de muerte un 55% corresponde a indeterminada, 18%

a enmallamiento, 13% a captura directa con arma de fuego o arpón, 7% a causas no antropogénicas, 4% a colisión con embarcaciones y 3% a posible contaminación acústica o pérdida de hábitat (Galleti y Cabrera, 2006). Si se comparan esos datos con los obtenidos, se puede concluir que los porcentajes en cuanto a enmallamiento y colisiones son similares, sin embargo, en base a los registros de SERNAPESCA, el porcentaje de varamientos con causa indeterminada asciende a un 83% de los eventos.

La dificultad para la atención oportuna de los eventos de varamiento, asociada a la poca accesibilidad por la geografía, sobre todo en zonas australes, tiene como consecuencia un número reducido de necropsias y muestreo. Sumado a ello, se observan algunos errores en los registros o información insuficiente, muchos de los resultados de las necropsias o la realización de estas quedan pendientes o sin registrar en la base de datos. También, la desconexión entre las instituciones provoca datos incompletos.

Finalmente, las causas probables de varamientos que se pudieron identificar y que constituyen un mayor número de eventos, llama la atención su origen antrópico, y aunque en la mayoría de los casos corresponden a varamientos individuales, dado su origen podrían establecerse medidas para la mitigación de eventos como la pesca incidental o a las colisiones.

## 6 CONCLUSIÓN

Pese a que en algunas causas probables de varamiento o de muerte tales como asfixia, enmalle, colisión y ataques antrópicos, la necropsia aporta datos interesantes y permite asociar las lesiones con la causa del varamiento y/o la muerte. En la mayoría de los casos esto es insuficiente, por lo que es necesario tomar muestras para otros análisis y así determinar la causa probable del varamiento y/o la muerte del ejemplar, puesto que los hallazgos por sí solos, no en todos los casos están relacionados con la causa del evento. La determinación del origen de las lesiones y el tiempo de estas, la realización de necropsias de forma metódica, así como la descripción adecuada de los hallazgos, aportaría información mucho más clara y precisa respecto a los varamientos.

Se debe mejorar la coordinación entre todos los agentes que participan tanto del monitoreo de estos eventos, como de la necropsia, muestreo y estudios posteriores. Una adecuada coordinación entre la Armada de Chile, médicos veterinarios, SERNAPESCA, distintas ONG, instituciones y laboratorios, permitiría mejorar la vigilancia y el registro de estos eventos, así como también una mayor obtención de datos, a través de lo cual se podrán diseñar mejores planes de conservación y comprender de mejor manera las causas de los varamientos, para poder en lo posible prevenirlos o mitigarlos.

## 7 BIBLIOGRAFÍA

- **Aguayo, R. 2019.** Evaluación de los impactos del cambio climático antropogénico sobre los caudales de una cuenca transandina en Patagonia. Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias de la Ingeniería. Mención en Ingeniería Civil. Concepción Chile. Facultad de Ingeniería. Universidad de Concepción. 1p.
- **AMEVEFAS, 2017.** Manual de necropsia de odontocetos. AMEFEVAS. Chile. 4p.
- **Alvarado, M; Toro, F; Abarca, P; Paredes, E; Español, S; Seguel, S. 2020.** Pathological findings in cetaceans sporadically stranded along the Chilean coast. Mar. Sci. Vol.7: 684p.
- **Alvarado, M; Toro, F; Escobar, J; Kinsley, A; Sepúlveda, M; Capella, J; Azat, C; Cortés, G; Zimin, N; Mardones, F. 2020.** 50 Years of cetacean strandings reveal a concerning rise in Chilean Patagonia. Nat. Res. Vol. 10: 9511p.
- **Alvarado, M; Haro, D; Oyarzún, P; Dougnac, C; Gutierrez, J; Toledo, N; Leiva, N; Peña, C; Cifuentes, C; Muñoz, N; Monti, E; Casado, Daniel; Toro, F; Soto, C; Pincheira, B. 2019.** A Mass Stranding Event of Long-Finned Pilot Whales (*Globicephala melas*) in Southern Chile. Aqua. Mamm. Vol: 45(4), 447-455p
- **Arata, J; Huke Gaete, R. 2005.** Pesca incidental de aves y mamíferos: Devastación marina. Oceana. Chile. 51-55 p.
- **Armada de Chile, 2018.** Informa medidas necesarias para la disminución de los riesgos de colisión entre naves y grandes cetáceos e instruye acerca del registro de sus avistamientos. G.M. Castro Ordinario N° 12.600/ 339 /VRS. Castro, 26 Nov. 2018. 1-2p.
- **Ávila, I; Kaschner, K; Dormann, C. 2018.** Current global risks to marine mammals: Taking stock of the threats. Bio. Cons. Vol. 221: 44–58p.

- **Bannister, J. 2018.** Baleen whales (mysticeti). Wursig; B; Thewissen, J.G.M; Kovacs, K. 2018. Encyclopedia of marine mammal. Tercera edición. Elsevier. EEUU. 62-63p.
- **Baulch, S, Perry, C. 2019.** A sea of plastic: Evaluating the impacts of marine debris on cetaceans. Env. Inv. Age. (EIA). SC/64/E10: 1-24p.
- **Bedjer, L; Samuels, A; Whitehead, H; Gales, Nick; Mann, J; Connor, R; Heithaus, M; Watson-Capps, J; Flaherty, C. 2006.** Decline in relative abundance of bottlenose dolphins exposed to long-term disturbance. Cons. Bio. Vol. 20 (6): 1791–1798p.
- **Bengtson, S.M; Baddock, M.C; Takahashi, E; Dawson, A; Cropp, R . 2017.** Domoic Acid Poisoning as a Possible Cause of Seasonal Cetacean Mass Stranding Events in Tasmania, Australia. Bull. Env. Cont. Tox. Vol 98: 8–13p.
- **Bezamat, C; Wedekin, L; Simoes-Lopes, P. 2014** Potential ship strikes and density of humpback whales in the Abrolhos Bank breeding ground, Brazil. Aqua. Cons.: Mar. Freshw. Eco.
- **Boldt, J. 2016.** Estrategia de gestión local para la conservación de cetáceos en los Archipiélagos Patagónicos. Aysén. Chile. 1-2p.
- **Brakes, P; Simmonds, M.P. 2013.** Whales and dolphins: cognition, culture, conservation, and human perceptions. Mar. Mam. Sci. Vol. 29(2): 368–370p.
- **Brownell, R; Galletti, B; Carlson, C. 2009.** Vessel collision with a large whale off southern Chile [en línea]  
<<https://swfsc.noaa.gov/publications/CR/2009/2009Brownell2.pdf>> [consulta:06-08-2020]
- **Bushmann, A; Riquelme, V; Hernandez, M; Varela, D; Jimenez, J; Henriquez, L, Vergara, P; Guiñez, R; Filún, L. 2006.** A review of the impacts of salmonid farming on marine coastal ecosystems in the southeast Pacific. Jour. of Mar. Sci. Vol 63: 1338-1345p

- **Cabello, F. 2006.** Heavy use of prophylactic antibiotics in aquaculture: a growing problem for human and animal health and for the environment. *Env. Micro.* Vol 8(7): 1137–1144p.
- **Cáceres, B; Aguayo-Lobo, A; Acevedo, J. 2016.** Interacción entre la pesquería del bacalao de profundidad, *Dissostichus eleginoides* (Nototheniidae), con el cachalote y la orca en el sur de Chile: revisión del estado de conocimiento. *An. Inst. Pat. Chile.* Vol. 44(3):21-38p.
- **Cámara, S; Esperón, F.; de la Torre, A.; Carballo, M.; Aguayo, S.; Muñoz, MJ; Sánchez-Vizcaino, J.M. 2003.** Inmunotoxicidad en cetáceos. Parte I: metales pesados. *Rev. Can. Cie. Vet.* N°3. 30-45p.
- **Campoy, P; Beiras, R. 2018.** Efectos ecológicos de macro-, meso- y microplásticos. Departamento de Ecología e Biología Animal, Estación de Ciencias Mariñas de Toralla (ECIMAT). Universidad de Vigo. Proyecto REPESCAPLAS2. Actividad 4.3. 35 p.
- **Capella, J; Gibbons, J. S.F. 2008.** Mamíferos marinos, diversidad de especies. Capítulo 2: Nuestra diversidad biológica. Biodiversidad de Chile patrimonio y desafíos. 2º edición. Comisión nacional del medio ambiente. Chile. 234-236p.
- **CCC. 2008.** Informe anual Centro Conservación Cetácea. Centro Conservación Cetácea. Santiago, Chile. 13-14p.
- **CCC. 2009.** Informe anual Centro Conservación Cetácea. Centro de Conservación Cetácea. Santiago, Chile. 8-9p.
- **CCC. 2014.** Ballena Azul Muerta en Puerto Montt Alerta sobre Peligros de Colisión con Embarcaciones [en línea] <[http://www.ccc-chile.org/articulo-15-1107-170214\\_ballena\\_azul\\_muerta\\_en\\_puerto\\_montt\\_alerta\\_sobre\\_peligros\\_de\\_colision\\_con\\_embarcaciones.html](http://www.ccc-chile.org/articulo-15-1107-170214_ballena_azul_muerta_en_puerto_montt_alerta_sobre_peligros_de_colision_con_embarcaciones.html)> [consulta:18-08-2020]
- **Chirife, A; Uhart, M; Sironi, M; Rago, V; Rowntree, V. 2014.** Protocolo de necropsia ballena Franca Austral versión preliminar. Argentina. 17 p.

- **Christiansen, F; Lusseau, D; Stensland, E; Berggren, E. 2010.** Effects of tourist boats on the behaviour of Indo-Pacific bottlenose dolphins off the south coast of Zanzibar. *End. Spec. Res.* Vol. 11: 91–99.
- **Christiansen, F; Rasmussen, M; Lusseau, D. 2013.** Whale watching disrupts feeding activities of minke whales on a feeding ground. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* Vol. 478: 239–251p.
- **Colpaert, W; Landea, R; Chiang, R; Sayigh, L. 2016.** Blue whales of the Chiloé-Corcovado region, Chile: Potential for anthropogenic noise impacts. **In:** IV International Conference on the Effects of Noise on Aquatic Life. Dublin, Irlanda 10-16 Julio 2016. Acoustical society of America. Vol. 27. Proceedings of meetings of acoustic. 1-13 p.
- **Del Castillo, D. 2016.** "Desarrollo ontogenético craneano en cetáceos odontocetos del hemisferio sur". Grado académico de Doctora en ciencias biológicas. Buenos Aires, Argentina. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.,. 2-5p.
- **Desforges, J; Sonne, C; Levin, M; Siebert, U; De Guise, S; Dietz, R. 2015.** Immunotoxic effects of environmental pollutants in marine mammals [en línea]. *Env. Int.* Vol. 86 : 126–139p.
- **De Siqueira, A ; Campusano, S ; Salvagni, F ; Maiorka, P. 2016.** Forensic Veterinary Pathology: Sharp Injuries in Animals. *Vet. Path.* Vol. 53(5) 979-987p.
- **Elías, R. 2015.** Mar del plástico: una revisión de los problemas del plástico en el mar. *Rev. Invest. Desarr. Pesq.* N° 27: 83-105p.
- **Erbe, C; Dunlop, R; Dolman, S. 2018.** Effects of noise on marine mammals. **In:** Effects of Anthropogenic Noise on Animals. Springer. 277-309p.
- **Farré, M. 2005.** Protocolos especiales de las redes de varamiento y centros de recuperación, para la monitorización de los efectos de las prospecciones sísmicas en

- la fauna marina, especialmente en los cetáceos. Sociedad Española de Cetáceos. Madrid España. 13 p.
- **Fundación MERI, s.f.** Guía didáctica de cetáceos. MERI. Chile. 23p.
- **Galleti, B; Cabrera, C. 2006.** Varamiento de cetáceos en Chile 1970-2005 y su relación con impactos antropogénicos. **In:** Memorias del Taller de Trabajo sobre el Impacto de las Actividades Antropogénicas en Mamíferos Marinos en el Pacífico Sudeste. Comisión permanente del Pacífico Sur (CPPS), Programa de Naciones Unidas para el medio ambiente (PNUMA). Bogotá. Colombia. Noviembre 2006. 32-36p
- **García, 2019.** Interacciones positivas y negativas entre el ser humano y cetáceos en el pacífico sureste. Grado académico de Doctor en Ciencias Aplicada Mención Sistemas Marinos Costeros. Antofagasta, Chile. Universidad de Antofagasta, Facultad de Ciencias del Mar y Recursos Biológicos. 12-14 p.
- **García, A; Padilhac, J; Brazd, B; Ricciardie, R; Espejo, W; Chiang, G; Bahamonde, P. 2019.** Concentration of trace elements in long-finned pilot whales stranded in northern Patagonia, Chile. Mar. Poll. Bull. Vol. 151: 110822.
- **Gomez, C; Lawson, J.W; Wright, A.J; Buren, A; Tollit, D; Lesage, V. 2016.** A systematic review on the behavioural responses of wild marine mammals to noise: the disparity between science and policy. Can. Jour. of Zoo. Vol 94(12): 1-84.
- **Gui, D; Yu, R; He, C; Tu, Q; Chen, L; Wua, L. 2014,** Bioaccumulation and biomagnification of persistent organic pollutants in Indo-Pacific humpback dolphins (*Sousa chinensis*) from the Pearl River Estuary, China. Chem. Vol. 114: 106–113.
- **Hamilton, L.J. 2018.** Large mass strandings of selected odontocete species: statistics, locations, and relation to earth processes. J. Cetac. Res. Man. Vol. 19: 57–78.
- **Häussermann, V; Gutstein, C; Bedington, M; Cassis, D; Olavarria, C; Dale, A; Valenzuela, A; Perez, M. J; Sepúlveda, H; McConnell, K; Horwitz, F;**

- Försterra, G. 2017.** Largest baleen whale mass mortality during strong El Niño event is likely related to harmful toxic algal bloom. Peer J. 1 p.
- **Helm, R; Costa, D; DeBruyn, T; O’Shea, T; Wells, R; Williams, T. 2015.** Overview of Effects of Oil Spills on Marine Mammals. **In:** Handbook of Oil Spill Science and Technology. Primera edición. John Wiley & Sons, Inc. 455-477p
- **Huke, R; Viddi, F; Bello, M. 2006.** Conservación Marina en el sur de Chile. Imprenta America. Valdivia, Chile. 52-59p.
- **ICCB, 2017.** Rol de los Cetáceos en el funcionamiento de los ecosistemas: Definiendo las políticas de conservación marina en el Siglo 21. 28° Congreso Internacional de Biología de la Conservación. Soc. for Cons. Bio. 26 July 2017, Cartagena, Colombia. 6-8p.
- **IFOP, 2020.** Programa de observadores científicos: Programa de investigación y monitoreo del descarte y la captura de pesca incidental en pesquerías pelágicas, 2019-2020. Convenio de desempeño 2019. Subsecretaría de economía y EMT. 256p
- **INE. 2017.** Censo 2017. [en línea] <<http://resultados.censo2017.cl/>> [consulta 29-09-2021]
- **Isasi, C. 2011.** Los conceptos de especies indicadoras, paraguas, banderas y claves: su uso y abuso en ecología de la conservación. Asociación Interciencia. Vol. 36(1): 31-38p.
- **Jackson, J; Carroll, E; Smith, T; Zerbini, A; Patenaude, N; Baker, C. 2016** An integrated approach to historical population assessment of the great whales: case of the New Zealand southern right whale. R. Soc. open sci. Vol. 3: 150669p.
- **Jepson, P; Law, R. 2016** Persistent pollutants, persistent threats. Science. Vol 352 (6292): 1388-1389p.
- **Law, R. 2014** An overview of time trends in organic contaminant concentrations in marine mammals: Going up or down? Mar. Poll. Bull. Vol. 82. 7–10p.

- **Martín, N. 2018.** Anatomía comparada suborden Odontoceti. Título Médica Veterinaria. Cáceres, España. Facultad de veterinaria, Universidad de Extremadura. 9p.
- **McEwen, B. 2016.** Nondrowning Asphyxia in Veterinary, Forensic Pathology: Suffocation, Strangulation, and Mechanical Asphyxia. Vet Path. Vol. 53(5) 1037-1048p
- **Mcgregor, P; Horn, A; Leonard, M; Thomsen, F. 2013.** Anthropogenic Noise and Conservation. **In:** Animal Signals and Communication 2. Springer. 409-443 p.
- **Moore, K; Simeone, C; Brownell, R. 2018.** Strandings. **In:** Encyclopedia of marine mammal. Wursig; B; Thewissen, J.G.M; Kovacs, K. Tercera edición. Elsevier. EEUU. 945 p.
- **Moreno, C; Huke- Gaete, R; Arata, J. 2003.** “Proyecto: Interacción de la pesquería del bacalao de profundidad con mamíferos y aves marinas”. Valdivia. Chile. Facultad de ciencias. Universidad Austral de Chile. III p. Fondo de investigación pesquera. FIP n° 2001-31
- **Obusan, M; Rivera, W; Siringan, M; Aragonés. 2016.** Stranding events in the Philippines provide evidence for impacts of human interactions on cetaceans [en línea]  
<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0964569116302162?via%3Dihub>> [consulta:012-08-2020]
- **Oceana, 2004.** Muerte de cetáceos por el uso de sonar LFAS en las maniobras militares navales. Madrid. España. 4-7p
- **Oceana. 2018.** Uso de antibióticos en la salmonicultura chilena: causas, efectos y riesgos asociados. Oceana. Chile. 24-27p
- **Pacheco, A; Villegas, V; Riascos, J.M; Waerebeek, K.V. 2015.** Presence of fin whales (*Balaenoptera physalus*) in Mejillones Bay, a major seaport area in northern Chile. Rev. Bio. Mar. Ocean. Vol. 50 (2): 383-389p.

- **Parsons, E. 2012.** The Negative Impacts of Whale-Watching. *Jour. Mar. Bio.* Vol 2012. 1-9 p.
- **Pinzone, M; Budzinski, H; Tasciotti; Denis Ody, D; Lepoint, G; Schnitzler, J; Scholl, G; Thomé, J; Tapie, N; Eppe, G; Das, K. 2015.** POPs in free-ranging pilot whales, sperm whales and fin whales from the Mediterranean Sea: Influence of biological and ecological factors. *Env. Res.* Vol. 142: 185–196.
- **Poeta, G; Staffieri, E; Acosta, A; Battisti, C. 2017.** Ecological effects of anthropogenic litter on marine mammals: A global review with a “black-list” of impacted taxa. *Hystrix, Ital. Jour. Mam.* Vol 28 (2): 253–264.
- **Powell, S; Wallen, M; Bansal, S; Mann, J. 2018.** Epidemiological investigation of tattoo-like skin lesions among bottlenose dolphins in Shark Bay. *Sci. Tot. Env.* Vol 630: 774–780p.
- **Rumiz, D. 2010.** Roles ecológicos de los mamíferos medianos y grandes. **In:** Mamíferos medianos y grandes de Bolivia. Centro de Ecología Difusión Simón I. Patiño. Bolivia. 65-68 p.
- **Sepúlveda M; Santos, M Carvalho; Pavez, G. 2017.** **Whale. Watching en la Reserva marina Isla Chañaral:** Manejo y planificación para una actividad sustentable. Imprenta Socías. Santiago, Chile. 38-51 p.
- **SERNAPESCA, 2018** Rescates y varamientos de fauna marina 2018. SERNAPESCA. Chile. 8-9 p.
- **SERNAPESCA, 2019.** Rescates y varamientos de fauna marina 2019. SERNAPESCA. Chile. 7-12 p.
- **Sierra, E; Fernández, A; Espinosa de los Monteros, A; Arbelo, M; Díaz-Delgado, J; Andrada, M; Herráez, P. 2014.** Histopathological muscle findings may be essential for a definitive diagnosis of suspected sharp trauma associated with ship strikes in stranded cetaceans. *Plos one.* Vol 9(2): 1-8.

- **Starrantino, C. 2018** Efectos de los contaminantes sobre el sistema inmune de cetáceos. Grado en biología. San Cristóbal de la Laguna, España. Facultad de Ciencias de la Universidad de la Laguna. 19-20 p.
- **Ulloa, M; Huke-Gaete, R; Romano, B; Haussermann, V; Gutstein, S; Perez, M.J; Cassi, D; Garrido, G; Cáceres, B; Calderón, B; Aguayo, A. 2016.** Unusual mass mortality event of rorqual whales in the Gulf of Penas (Patagonia, Chile) during 2015. International Whaling Commission (IWC). Eslovenia. 16-25p.
- **Ulloa, M; SERNAPESCA. 2021.** Especies de cetáceos registradas en Chile: subórdenes mysticeti y odontoceti. Comunicación personal [19-10-2021]
- **Williams, O. 2018.** Biological and abiotic factors influencing cetacean mass strandings in the northeastern United States. Master of Science M.S. Marine Biology. EEUU. Nova Southeastern University Halmos College of Natural Sciences and Oceanography. p. 9-10.
- **Williams, R; Wright, A.J; Ashe, E; Blight, L.K; Bruintjes, R; Canessa, R; Clark, CW; Cullis-Suzuki, S; Dakin, DT; Erbe, C; Hammond, PS; Merchant, ND; O'Hara, PD; Purser, J, Radford, A.N; Simpson, S.D; Thomas, L; Wale, M.A. 2015.** Impacts of anthropogenic noise on marine life: Publication patterns, new discoveries, and future directions in research and management. *Oce. & Coast. Man.* Vol. 115: 17-24
- **Yuewen, D; Adzibli, L. 2018.** Assessing the Impact of Oil Spills on Marine Organisms. *Jour. of Ocean. and Mar. Res.* Vol 6 (1): 1-7.