



UNIVERSIDAD  
SAN SEBASTIAN

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA NATURALEZA  
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA  
CARRERA MEDICINA VETERINARIA  
SEDE CONCEPCIÓN**

**ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LOS REGISTROS DE VARAMIENTOS DE  
CETÁCEOS EN CHILE ENTRE LOS AÑOS 2012-2022**

Memoria para optar al título de Médico Veterinario

Profesor Tutor: Mg. Nelson A. Sandoval C. MV  
Estudiante: **Josefa Ayleen Rodriguez Jara**

® JOSEFA AYLEEN RODRÍGUEZ JARA; NELSON ANDRÉS SANDOVAL CANCINO

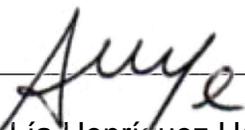
Se autoriza la reproducción parcial o total de esta obra, con fines académicos, por cualquier forma, medio o procedimiento, siempre y cuando se incluya la cita bibliográfica del documento.

Concepción, Chile

2024

## CALIFICACIÓN DE LA MEMORIA

En Concepción, el día 9 de Julio del 2024, los abajo firmantes dejan constancia que la alumna JOSEFA AYLEEN RODRÍGUEZ JARA de la carrera de MEDICINA VETERINARIA ha aprobado la memoria para optar al título de MÉDICO VETERINARIO con una nota de 6,0.



---

Dra. Ana Lía Henríquez Herrera. MV.  
Profesora Evaluadora

---

Mg. Edson Freddy Montero Cabrera. MV.  
Profesor Evaluador



---

Mg. Nelson Andrés Sandoval Cancino. MV.  
Profesor Patrocinante

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS .....	V
ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICOS .....	VI
RESUMEN.....	VIII
ABSTRACT.....	VIII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. HIPÓTESIS .....	6
3. OBJETIVOS .....	7
4. MATERIAL Y MÉTODO .....	8
5. RESULTADOS.....	13
6. DISCUSIÓN.....	24
7. CONCLUSIONES.....	28
8. REFERENCIAS.....	29
9. ANEXOS .....	36

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Lista de Especies de Cetáceos registradas en aguas chilenas .....	35
Tabla 2. Varamientos y Ejemplares afectados entre los años 2012 al 2022 .....	36
Tabla 3. Varamientos y número de ejemplares de especies pertenecientes al suborden Misticeto y Odontoceto .....	36
Tabla 4. Condición del ejemplar encontrado .....	36
Tabla 5. Temporalidad mensual por subórdenes .....	37
Tabla 6. Registro de varamientos por región.....	37
Tabla 7. Obtención de muestras.....	38
Tabla 8. Realización de necropsias.....	38
Tabla 9. Distribución espacial de varamientos por zonas geográficas .....	38
Tabla 10. Estacionalidad del total de varamientos .....	39
Tabla 11. Estacionalidad en varamientos por suborden.....	39

## ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICOS

Gráfico 1: Varamientos de cetáceos en Chile por año .....	13
Gráfico 2: Ejemplares de cetáceos varados en Chile por año .....	14
Gráfico 3: Varamientos pertenecientes al suborden Odontocetos y Mysticetos .....	14
Gráfico 4: Ejemplares pertenecientes al suborden Odontocetos y Mysticetos .....	15
Gráfico 5: Especies registradas en varamientos .....	16
Gráfico 6: Condición de ejemplares afectados .....	17
Gráfico 7: Temporalidad mensual por suborden.....	17
Gráfico 8: Registro de varamientos por región .....	18
Gráfico 9: Ejemplares afectados por región.....	19
Gráfico 10: Obtención de muestras por varamientos .....	19
Gráfico 11: Realización de necropsias por varamientos.....	20
Gráfico 12: Varamientos por zonas geográficas.....	21
Gráfico 13: Varamientos por estación .....	22
Gráfico 14: Estacionalidad de varamientos por suborden .....	22
Figura 1: Mapa de densidad de varamientos registrados por regiones .....	40

## RESUMEN

El Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA) corresponde a la institución gubernamental del estado de Chile quien monitorea y registra los varamientos de mamíferos marinos. En particular, Chile alberga una gran diversidad de cetáceos en sus mares, alrededor del 46% del total de las especies que se han descrito a nivel mundial, los cuales desempeñan un importante rol ecosistémico. Sin embargo, el 37% de los cetáceos del mundo, se encuentran según la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) en una categoría amenazada o casi amenazada. Debido a ello, es de suma importancia conocer las causas que determinan estos eventos. Así mismo, el registro de varamientos corresponde a una fuente oficial que proporciona el estado Chileno para una vista general de la problemática que presenta el país y que diversos estudios complementan sus investigaciones con esta base. No obstante, aún se evidencia la dificultad que requiere la recolección de datos ante estos eventos, estableciendo en muchas categorías, el estado indeterminado de la información o simplemente inexistente.

De acuerdo con lo anterior, surge la siguiente pregunta ¿Existe alguna relación entre las especies que varan y su distribución espacio temporal?

El presente estudio tuvo como objetivo, realizar un análisis descriptivo de los varamientos de cetáceos de la base de datos del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura en Chile entre los años 2012 al 2022, además de evaluar si existe una relación entre la distribución y la temporalidad con el que se produjeron, con el propósito de mantener una base actualizada que guíe al fortalecimiento de las posibles causas de varamientos en el país y planes de acción para su conservación.

En la ventana temporal establecida, hubo un total de 423 varamientos y 1086 cetáceos afectados que fueron analizados. Donde un 65% correspondió a Odontocetos y el 35% a Mysticetos. La especie que presentó un mayor registro ante estas contingencias fue la Marsopa espinosa (*Phocoena spinipinnis*), con un total de 88 casos reportados (21%).

Desafortunadamente, el 85% de los cetáceos fueron encontrados muertos, mientras que sólo el 14% vivos. La región de Valparaíso registró la mayor cantidad de casos, con un 13%, en contraste con la región de La Araucanía, que representó únicamente el 1%.

Por último, hubo un total de 26% de muestras y un 12% de necropsias realizadas en los años del análisis.

Las frecuencias de varamientos obtenidas, clasificadas según su distribución de acuerdo con zonas geográficas en Chile y temporalidad en base a la estación del año en el que se presentaron, fueron sometidas a un análisis estadístico de Chi cuadrado, estableciendo que, bajo las condiciones de este estudio, si hubo una relación estadísticamente significativa entre ambas variables ( $p < 0,05$ ). Por lo tanto, se concluye que los varamientos de cetáceos registrados en Chile están relacionados respecto a su zona geográfica como estación del año en que ocurren, siendo más frecuentes en la zona norte del país y durante verano.

Palabras claves: Cetácea, Chile, Mamíferos marinos, Registro

## ABSTRACT

The National Fisheries and Aquaculture Service (SERNAPESCA) corresponds to the government institution of the state of Chile that monitors and records strandings of marine mammals. Specifically, Chile is home to a great diversity of cetaceans, around 46% of the total species that have been described across the world, which play a key role in the ecosystem. However, 37% of cetaceans worldwide are found according to the Red List of the International Union for Conservation of Nature (IUCN) in an endangered or near-threatened category.

Due to this, it is of utmost importance to know the causes that determine these events. Likewise, the record of strandings corresponds to an official source provided by the Chilean state for a general view of the problems that the country presents and that numerous studies complement their investigations with this basis. However, the difficulty that data collection requires in these events is still evident, establishing in many categories the indeterminate state of the information or simply non-existent.

According to the above, the following question arises: Is there any relation between the species that stranded and their spatiotemporal distribution?

The objective of this study was to carry out a descriptive analysis of the strandings of cetaceans from the database of the National Fisheries and Aquaculture Service in Chile between the years 2012 to 2022. Together with evaluating whether there is a relation between distribution and temporality, with which they occurred, to maintain an updated database that guides the strengthening of the probable causes of strandings in the country and action plans for their conservation.

In the established time window, there were a total of 423 strandings and 1,086 affected cetaceans that were analyzed, where 65% corresponded to Odontocetes and 35% to Mysticetes. The species with the highest record of these contingencies was the Burmeister's porpoise (*Phocoena spinipinnis*), with a total of 88 reported cases (21%).

Unfortunately, 85% of the cetaceans were found dead, while only 14% were found alive. The Valparaíso region recorded the highest number of cases, with 13%, in contrast to the Araucanía region, which represented only 1%.

Finally, there were a total of 26% of samples and 12% of necropsies performed in the years of analysis.

The stranding frequencies obtained, classified according to their distribution according to geographic areas in Chile and temporality based on the season of the year in which they occurred, were subjected to a Chi square statistical analysis, establishing that under the conditions of this study, there was a statistically significant relationship between both variables ( $p < 0.05$ ). Therefore, it is concluded that the cetacean strandings recorded in Chile are related to their geographic area and the season of the year in which they occur, being more frequent in the northern part of the country and during summer.

Keywords: Cetacean, Chile, Marine mammals, Registry

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Generalidades

Chile se caracteriza por poseer un extenso litoral, abarcando 4.270 kilómetros de longitud, donde sus costas son predominantemente rocosas y acantiladas (Morales et al., 2019). Desde Arica (18°S) hasta la Isla de Chiloé (41°S) la línea costera es continua, suave y carece de quiebres o rasgos geográficos mayores, por otro lado, desde los 41°S hasta Cabo de Hornos (56°S) la composición es reemplazada por fiordos, estuarios, canales y golfos (Camus, 2001).

Entre los seres vivos que habitan las costas de nuestro país, se identifican 43 especies de cetáceos de las 94 descritas a nivel mundial, es decir, un 46% del total de las especies (Committee on Taxonomy, 2023). Estas aguas se destacan por ser ricas en nutrientes gracias a la surgencia costera entre las zonas norte y centro-sur (Pavés et al., 2020) sustentando ecosistemas de gran importancia para la preservación de la biodiversidad (Salvador y Avaria, 2008). Como resultado, permite una elevada productividad que mantiene una amplia diversidad de mamíferos marinos que actúan como “centinelas” proporcionando información sobre el estado de conservación del ecosistema en que habitan (Bossart, 2011).

Los cetáceos en particular, influyen potencialmente en los ecosistemas marinos gracias a su larga vida y el gran tamaño que poseen algunas especies que además presentan una amplia distribución global siendo residentes costeros a largo plazo y demandando un alto consumo de alimento a diferencia de otros mamíferos marinos, lo que evidencia la necesidad de ecosistemas saludables para su supervivencia y gracias a su adaptación a los ambientes acuáticos, son especialmente aptos para reflejar la variabilidad y degradación de estos hábitats (Pavés et al., 2020; Bossart, 2011; Roman et al., 2014).

En el país, estos animales son amparados bajo la Ley N° 20.293, en su Artículo 2° del año 2008 señala que:

Se prohíbe dar muerte, cazar, capturar, acosar, tener, poseer, transportar, desembarcar, elaborar o realizar cualquier proceso de transformación, así como la comercialización o almacenamiento de cualquier especie de cetáceo que habite o surque los espacios marítimos de soberanía y jurisdicción nacional (párr. 2).

Sin embargo, una de las amenazas que se describen a nivel mundial entre los mamíferos marinos, es la captura incidental en artes de pesca o *bycatch* y la colisión con buques como la causa más común de mortalidad en estas especies. Y aunque su determinación en relación a las redes de enmalle sobre todo en pequeños cetáceos demuestra ser difícil, en países en desarrollo donde la pesca artesanal es extensa y las redes son utilizadas, se estima que eventualmente las capturas incidentales se incrementarán incluso sin contar con su monitoreo (Reeves et al., 2003; Brownell et al., 2019; Schipper et al., 2008). Situación inquietante ya que Chile es uno de los principales productores de pescado y productos pesqueros del mundo (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2023).

A pesar de la importancia que implican estas especies, la realidad es que aún hay desconocimiento sobre el estado de salud y las principales causas que generan mortalidad en sus poblaciones, por lo tanto, es crucial comprender y controlar los factores ambientales y humanos que amenazan su bienestar (Alvarado-Rybak et al., 2020a).

## **1.2 Cetáceos**

El infraorden cetáceo, se divide en dos subórdenes: Mysticetos y Odontocetos (D'Elía et al., 2020). Los misticetos o más conocidos como ballenas barbadas, son seres vivos de gran envergadura que poseen cientos de barbas compuestas por queratina con el propósito de filtrar el alimento. Por otro lado, los odontocetos, son cetáceos dentados, englobando más representantes como los delfines, marsopas, zifios y cachalotes. Caracterizándose por tener un único espiráculo en lugar de dos como las ballenas barbadas, con la capacidad en algunos individuos de ecolocalizar (Lalli y Parsons, 1997). En la actualidad, se describen 94 especies de cetáceos reconocidas a nivel mundial, de las cuales: 15 (16%) corresponden al suborden Mysticeti y 79 (84%) a Odontoceti (Committee on Taxonomy, 2023). En Chile, están presentes 9 (60%) especies de Mysticetos de las 15 descritas y 34 (43%) especies de Odontocetos (D'Elía et al., 2020), siendo el Delfín chileno (*Cephalorhynchus eutropia*) la única especie endémica de cetáceo en el país (Yañez, 1948).

Desafortunadamente, las especies marinas resultan ser menos estudiadas que los mamíferos terrestres debido a la complejidad de su estudio (Schipper et al., 2008). Los

cetáceos son el grupo con un mayor porcentaje de especies amenazadas con relación a otros vertebrados e invertebrados. Según la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) el 26% del total de las especies en el mundo se encuentran en algún estado de amenaza (En Peligro crítico (CR); En peligro (EN); Vulnerable (VU)), el 11% estarían clasificadas como Casi amenazado (NT) y el 10% de cetáceos carecen de datos, por otro lado, algunos estudios estiman que, de estas últimas poblaciones, entre 2 y 3 especies podrían estar igualmente amenazadas (Braulik et al., 2023).

Ahora bien, las ballenas y delfines actúan como especies “Carismáticas” lo que los hace ser especialmente buenos centinelas por el atractivo público que generan ya que resultan ser más eficaces para atraer la atención y la acción de la sociedad ante las amenazas que enfrentan sus hábitats (Dierauf y Gulland, 2001). Y gracias a su rol en numerosos servicios que son cada vez más valorados por el papel fundamental que desempeñan, los factores que amenazan hoy en día su conservación impactan no sólo al individuo, sino que también su ecosistema (Roman et al., 2014). A modo de ejemplo, las ballenas por su gran tamaño concentran energía y nutrientes oceánicos en donde los recursos suelen ser limitados o se encuentran dispersos, como el aporte de nutrientes mediante la excreción de heces y orinas en sus áreas de alimentación (Roman y McCarthy, 2010), o incluso sus cadáveres ricos en proteínas y lípidos, son la forma más grande de detritus que cae de la superficie del océano (Roman et al., 2014). Por otro lado, cuando se sumergen para alimentarse, aportan energía mecánica en las aguas ejerciendo un efecto de mezcla que puede ser muy importante en condiciones de escaso viento (Dewar et al. 2006). Además, los cetáceos son importantes depredadores que controlan la abundancia de zooplancton y la población de peces en algunas zonas del océano (Alava, 2009), así mismo, la relevancia de su abundancia poblacional es una herramienta biológica en el secuestro de carbono para enfrentar el cambio climático (Pearson et al., 2023).

### **1.3 Varamientos**

Un varamiento, es definido como cualquier criatura que haya quedado en una posición indefensa, ya sea enfermo, débil o simplemente perdido. Aunque el término también aplica para animales encontrados muertos en la costa, cadáveres flotando en el mar,

animales fuera de su hábitat o en algunos casos, especies que quedan enredados en artes de pesca o desechos marinos (Moore et al., 2018). Dependiendo de la magnitud del evento, pueden ser clasificados como: evento único; hasta dos cetáceos varados distintos de una hembra y su cría ( $\leq 2$  individuos), eventos masivos (3 – 24 individuos) o varamientos inusualmente grandes ( $> 25$  individuos) (Alvarado-Rybak et al., 2020b). Atribuyendo múltiples causas de origen natural como antropogénicas. Entre las causas naturales se incluyen: desnutrición, enfermedades, traumatismos, depredación, separación materna, mala navegación y exposición a biotoxinas (Gulland et al., 2018). Las amenazas originadas por la intervención humana por otro lado incluyen: la explotación directa, la captura incidental o *bycatch*, efectos indirectos de las industrias pesqueras, colisión con barcos, degradación del hábitat, contaminación química, contaminación acústica, entre otros (Reeves et al. 2003).

Durante los últimos años, el reporte de varamientos ha ido en aumento en el país, (Galletti y Cabrera, 2021; Alvarado-Rybak et al., 2020b; Kraft et al., 2023). Donde uno de los casos más emblemáticos, ocurrió el año 2015 en la región de Aysén en el Golfo de Penas, donde 343 individuos principalmente Ballenas Sei (*Balaenoptera borealis*), vararon sincrónicamente a lo largo de la costa, estableciendo el varamiento masivo de ballenas barbadas más grande jamás registrado (Fretwell et al., 2019).

Debido a la extensa línea costera y las características geográficas que esta posee, ante varamientos de fauna marina, resulta complejo el acceso, monitoreo y seguimiento de estos eventos (Ulloa, 2023). En este contexto, SERNAPESCA cumple el importante rol de monitorear los varamientos (Kraft et al., 2023). No obstante, la tarea desempeñada por la institución es de carácter complejo ya que se requiere de personal capacitado que trabaje coordinadamente en una extensa costa de difícil acceso, lo cual establece un registro con diversos datos omitidos o indeterminados (Alvarado-Rybak et al., 2020b; Kraft et al., 2023). Como resultado, los varamientos son reconocidas fuentes de información gracias al valor de los datos científicos que pueden ser recolectados, que brindan la oportunidad de la toma de muestras que en condiciones normales son inaccesibles para la investigación, seguimiento y diagnóstico de salud o enfermedad (Gulland et al., 2018), pero que a diferencia de otros grupos de especies, los cetáceos requieren mayor tiempo y capital para un estudio que entregue evaluaciones sólidas

(Braulik et al., 2017; Kaschner et al., 2012). Esto se debe a que suelen encontrarse en densidades bajas, pasan la mayor parte del tiempo bajo el agua y su distribución abarca extensas áreas generalmente alejadas de las costas (Jewell et al., 2012).

Un estudio realizado en Chile por el Centro de Conservación Cetácea entre los años 1970 al 2005, reveló resultados de 72 registros de varamientos, en donde se mencionaba la dificultad que propone determinar las causas de muerte ante estos episodios y aun comprobándolas, los estudios carecen de suficiente evidencia para establecerlas con certeza. No obstante, se sugiere que las principales causas tienen relación con factores antropogénicos (Galletti y Cabrera, 2021).

En base a lo mencionado, surge la pregunta: ¿Existe alguna relación entre las especies que varan y su distribución espacio temporal? Galletti y Cabrera (2021) recomiendan estandarizar los antecedentes recolectados ante varamientos y establecer diversas categorías y criterios para una base de datos actualizada que proporcione más información tanto del individuo como del ecosistema. La recopilación rápida y relativamente rentable de generar datos de referencias sólidas sobre las comunidades de cetáceos, sus amenazas, ubicaciones geográficas, identificación de especies, permitiría la determinación de zonas donde existe una mayor necesidad o beneficio de la acción de un plan de conservación (Braulik et al., 2017).

Por consiguiente, el presente estudio tiene como finalidad establecer un análisis del registro de varamientos de cetáceos en Chile, realizando una recopilación de la información para la identificación de las especies con mayor frecuencia a varar con relación a su distribución espacio temporal y la determinación de los datos del registro que son indeterminados a fin de evidenciar los datos que requieran de mayor participación para su recolección.

## 2. HIPÓTESIS

### 2.1 Hipótesis nula ( $H_0$ )

- No existe relación entre los varamientos respecto a su zona geográfica.
- No existe relación entre los varamientos respecto a su temporada del año.

### 2.2 Hipótesis alterna ( $H_1$ )

- Si existe relación entre los varamientos respecto a su zona geográfica.
- Si existe relación entre los varamientos respecto a su estación del año.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo general**

- Analizar los varamientos de cetáceos en Chile entre los años 2012 al 2022.

#### **3.2 Objetivos específicos**

1. Categorizar los datos obtenidos del registro de varamientos de cetáceos.
2. Identificar las especies y zonas geográficas con mayor frecuencia de eventos registrados.
3. Determinar si existe relación entre los varamientos, la zona geográfica y temporalidad en la que ocurren.

## 4. MATERIAL Y MÉTODO

### 4.1 Materiales

- Computador portátil
- Internet
- Base de datos digitales de SERNAPESCA <http://www.sernapesca.cl/informacion-utilidad/registro-de-varamientos>
- Excel
- Software RStudio (versión 2024.04.2+764)

### 4.2. Tipo de estudio

El presente estudio corresponde a uno de tipo descriptivo con carácter retrospectivo donde se analiza y describe la información recolectada del registro de varamientos de SERNAPESCA, enfocado en los cetáceos de Chile, a partir de una base de datos observacional.

### 4.3 Ventana temporal utilizada

Para este estudio se utilizaron los datos obtenidos del registro de varamientos entre los años 2012 al 2022.

### 4.4 Población de análisis

La población de análisis corresponde a mamíferos marinos del infraorden Cetacea, la cual incluye a las 9 especies del suborden Mysticeti, representados por las ballenas barbadas las cuales se dividen en 3 familias: *Balaenidae* (1 especie), *Balaenopteridae* (7 especies) y *Cetotheriidae* (1 especie).

Y a las 34 especies descritas del suborden Odontoceti, los cuales son representados por 5 familias: Delfines; familia *Delphinidae* (19 especies), Marsopas; familia *Phocoenidae* (2 especies), Cachalote; familia *Physeteridae* (1 especie), Cachalote pigmeo y enano; familia *Kogiidae* (2 especies) y Zifios; familia *Ziphiidae* (10 especies).

Se considera en el análisis toda especie descrita en la (Tabla 1, Anexo 1), que haya sido registrada por SERNAPESCA en su base de datos.

## **4.5 Metodología**

Se obtiene la base de datos de varamientos de especies hidrobiológicas mediante la página oficial del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, descargándose como archivo (.xlsx), posteriormente se trabaja con el Software Microsoft Excel 2023 versión 16.77.1, donde se realiza una limpieza de la información y se excluye aquellos datos que no se van a categorizar para este estudio, tales como:

- Especies que no corresponden al infraorden Cetácea: Aves, Mustélidos, Pinnípedos y Quelonios.
- Años que no pertenecen al periodo comprendido de 2012 al 2022.

Luego, se procede a tabular los siguientes datos descritos en el mismo registro:

- Año
- Cantidad de ejemplares varados por evento
- Especie (Nombre común/Nombre científico)
- Condición del ejemplar (Vivo/Muerto)
- Mes
- Región
- Obtención de muestras (Si/No)
- Realización de necropsias (Si/No)

Después del ordenamiento de los datos y la obtención de los resultados, se realiza un análisis estadístico para responder a la pregunta de investigación del estudio.

## **4.6 Categorización de la información**

A partir de la base de datos de SERNAPESCA, se asigna una fila para cada evento reportado, los que corresponden a un varamiento y las columnas corresponden a las variables indicadas a continuación:

### **4.6.1 Año y Mes**

Se tabula en la planilla Excel los 11 años (2012 al 2022) de registros de varamientos junto con los meses establecidos (Enero, Febrero, Marzo, Abril, Mayo, Junio, Julio, Agosto, Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre).

#### **4.6.2 Cantidad de ejemplares varados por evento**

Se considera la variable cantidad de ejemplares varados por evento para calcular el número total de individuos por contingencia durante el periodo comprendido.

#### **4.6.3 Especies**

Se analizan los reportes de las 43 especies de cetáceos presentes en Chile. Se considera en el análisis dos categorías que corresponden a “Delfín sin identificar” y “Ballena sin identificar”. Además, se tabula la información de acuerdo con el suborden en que las especies pertenezcan.

#### **4.6.4 Condición del ejemplar**

El registro reporta el estado del individuo en el que fue encontrado. Se establece el siguiente criterio:

- Vivo
- Muerto
- No registrado: reporte donde no se especifica si el ejemplar se encontraba vivo o muerto

#### **4.6.5 Región**

Las áreas geográficas corresponden a 15 regiones de las 16 presentes en el País: Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta, Atacama, Coquimbo, Valparaíso, Libertador General Bernardo O'Higgins, Maule, Ñuble, Biobío, La Araucanía, Los Ríos, Los Lagos, Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo y la Región de Magallanes y la Antártica Chilena. Se excluye del análisis la Región Metropolitana de Santiago ya que no se encuentra presente en el registro. Para este estudio, los datos obtenidos de la región de Ñuble serán recopilados en conjunto a la región del Biobío debido a que en el periodo que se analiza la base de datos, Ñuble no corresponde a una región hasta el año 2017 (Ley N° 21.033, 2017).

#### **4.6.6 Obtención de muestras y Realización de necropsias:**

Para ambas categorías se establece los siguientes criterios:

- SI: reportes que hayan registrado la obtención y realización de muestras y necropsias
- No: reportes que no registren la obtención y realización de muestras y necropsias
- No registrado: reportes en los que no se haya indicado si se realizó o no toma de muestra o necropsia.

#### **4.7 Análisis de datos**

Se utiliza estadística descriptiva para la recopilación y análisis de todos los datos obtenidos que fueron tabulados en planillas Excel, donde se calcula la frecuencia relativa y absoluta de cada variable.

Para la evaluación de la hipótesis establecida, se utiliza la prueba estadística de Chi cuadrado por ser un método no paramétrico que sirve para analizar la fuerza de la asociación entre dos variables cuantitativas (McHugh, 2013). En este caso, para estudiar la relación de los varamientos respecto a su distribución espacio (Varamientos por zonas geográficas) y temporalidad (Varamientos por estacionalidad). Los resultados se entregan mediante gráficos o tablas.

##### **4.7.1 Prueba de Chi cuadrado**

Para el análisis de la hipótesis que se establece en el estudio, se utiliza Chi cuadrado con el propósito de determinar si las variables “Distribución” y “Temporalidad” de los varamientos, se encuentran relacionadas o no.

La distribución se determina de acuerdo con la frecuencia de varamientos que se obtiene por las regiones reportadas, que serán agrupadas en zonas geográficas:

- Zona norte: Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta, Coquimbo.
- Zona centro: Valparaíso, Libertador General Bernardo O'Higgins, Maule, Biobío.
- Zona sur: La Araucanía, Los Ríos, Los Lagos, Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo, Magallanes y Antártica Chilena.

y la temporalidad se establece, de acuerdo con la presentación de los varamientos en cada estación del año:

- Verano: 21 de diciembre al 20 de marzo
- Invierno: 21 de marzo al 20 de junio

- Otoño: 21 de junio al 20 de septiembre
- Primavera: 21 de septiembre al 20 de diciembre.

Los datos son llevados al Software RStudio para su análisis y cálculo de Chi cuadrado.

### **Cálculo estadístico Chi cuadrado:**

$$\chi^2 = \sum \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$$

Donde:

- $E_{ij}$  es la frecuencia esperada en la celda
- $O_{ij}$  es la frecuencia observada en la celda

Posteriormente, se compara el valor calculado de Chi cuadrado con el valor crítico de la distribución Chi Cuadrado con grados de libertad.

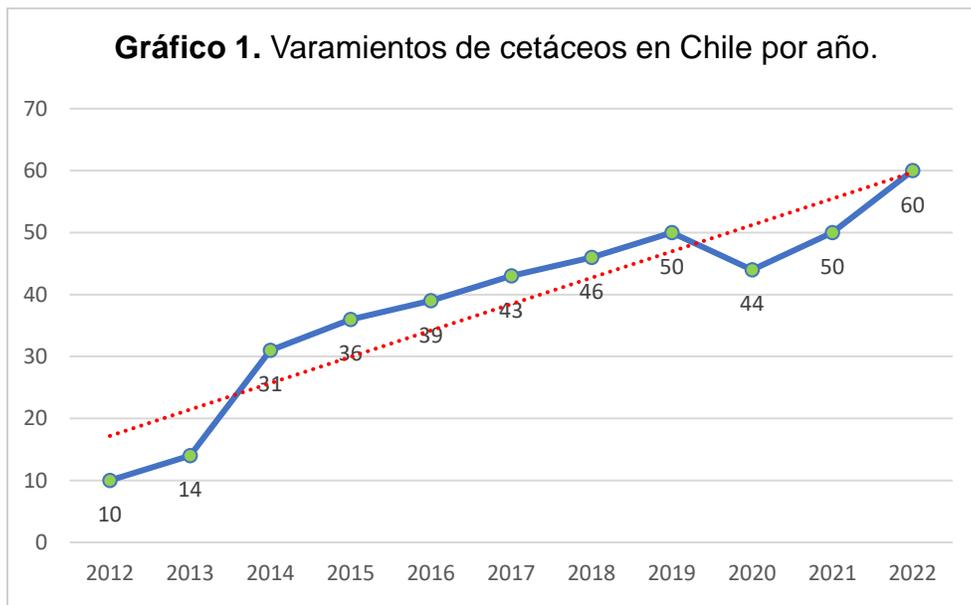
Interpretación:

- Si el valor p es menor que el nivel de significancia ( $p < 0,05$ ), rechazar la hipótesis nula y concluir que hay una asociación significativa entre las variables.
- Si el valor p es mayor que el nivel de significancia ( $p > 0,05$ ) rechazar hipótesis alterna y concluir que no hay una asociación significativa entre las variables. (McHugh, 2013).

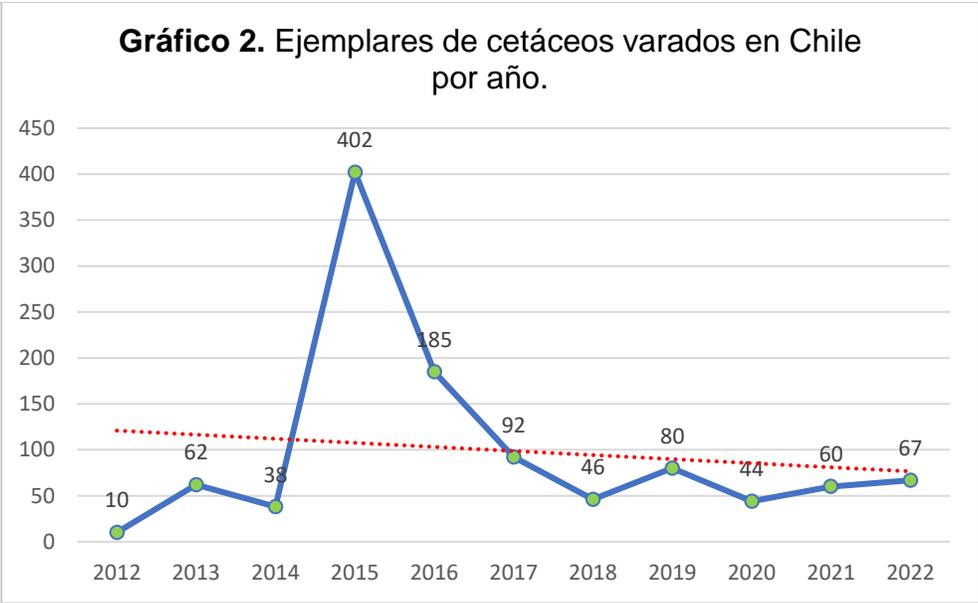
## 5. RESULTADOS

### 5.1 Registro de varamientos y ejemplares

Entre los años 2012 y 2022 se registra un total de 423 varamientos de cetáceos, afectando a 1086 individuos en total. Posicionándose el año 2022 con el mayor número de varamientos, representando el 14% del total de eventos, mientras que el año 2012 registra el menor número, con un 2% (Gráfico 1).

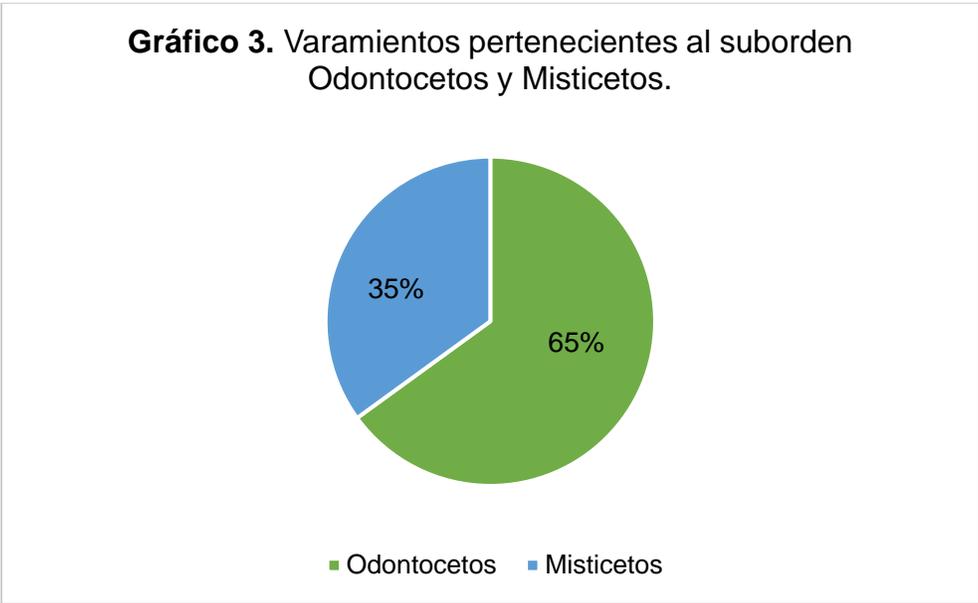


Asimismo, el año 2015 registra la mayor cantidad de ejemplares afectados, correspondiente al 37%, seguido del año 2016 con un 17% del total de individuos. En contraste, los años 2012 y 2014 presentan la menor cantidad de ejemplares, con un 1% y 3% de los individuos afectados respectivamente (Gráfico 2). Complementar con (Tabla 2, Anexo 2).

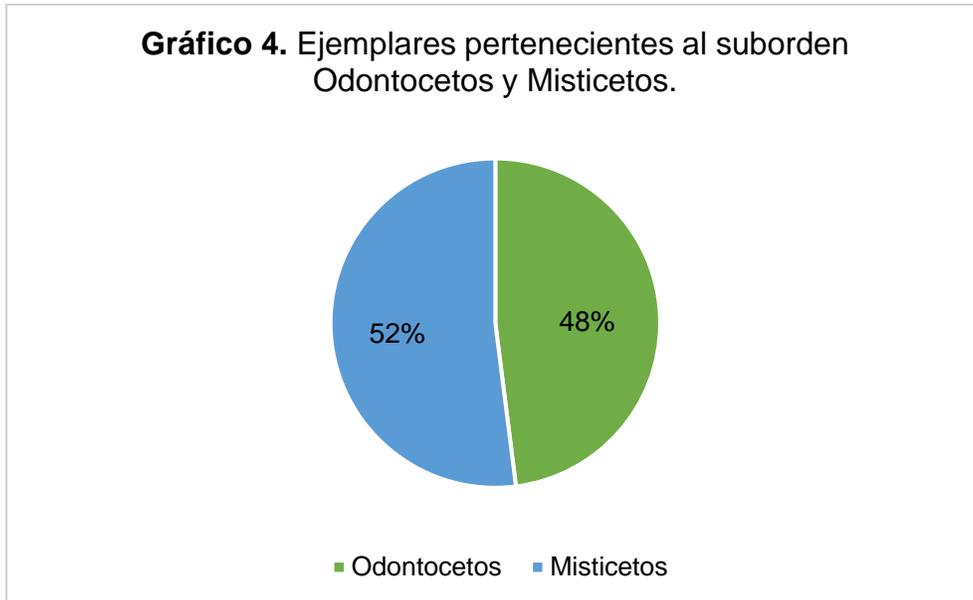


**5.2 Identificación de especies**

Del total de varamientos, el 65% corresponde al suborden Odontoceto y el 35% al suborden Mysticeto (Gráfico 3).

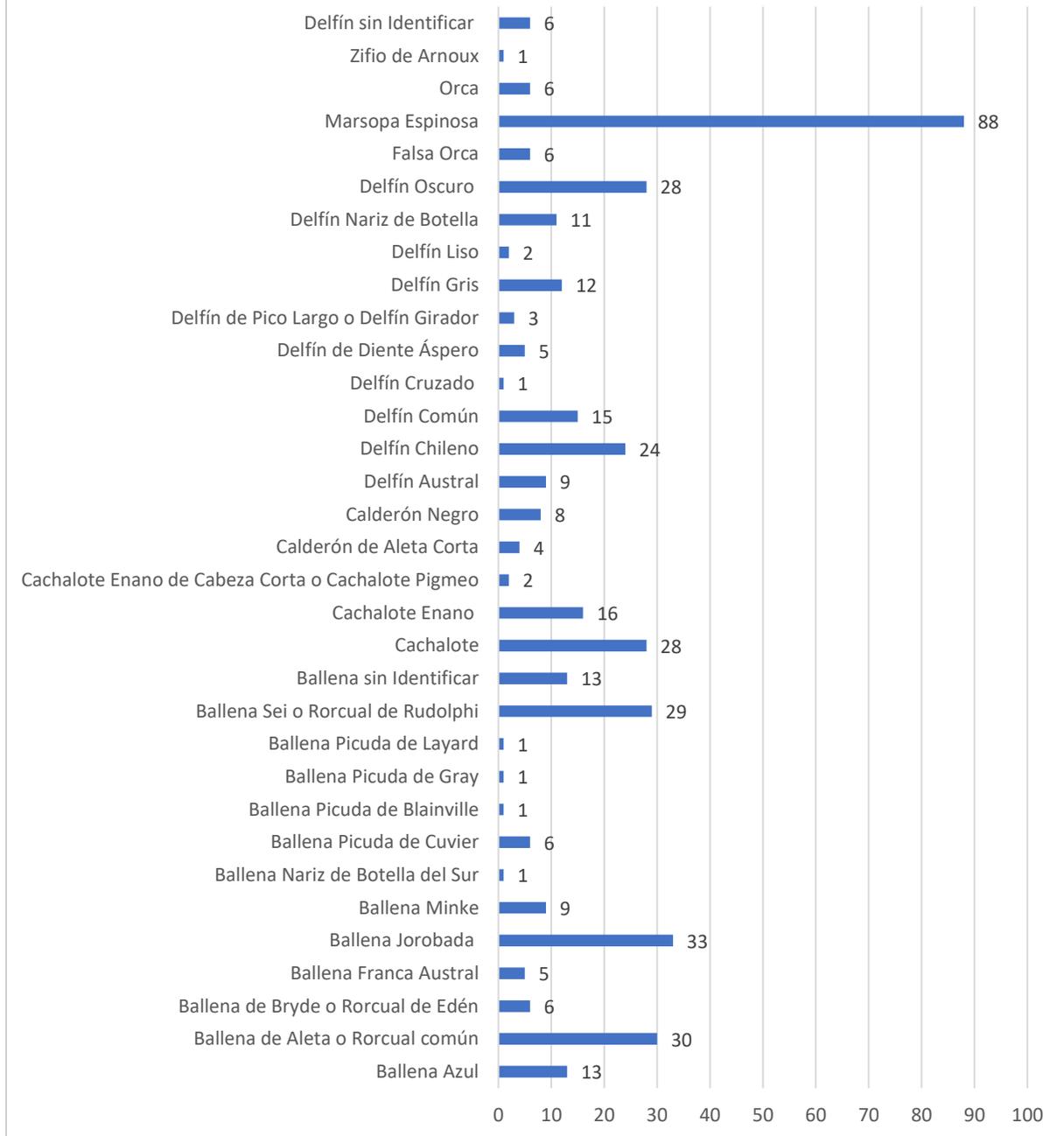


No obstante, al revisar la cantidad de ejemplares afectados, un 52% corresponde a especies pertenecientes al suborden Misticeto y un 48% a Odontocetos (Gráfico 4). Complementar con (Tabla 3, Anexo 2).



En cuanto a los casos de especies registradas en los varamientos, la Marsopa espinosa (*Phocoena spinipinnis*) fue la más afectada con un 21% de los registros a lo largo de los años. Le siguen la Ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) con un 8% de los casos y la Ballena de aleta (*Balaenoptera physalus*) con un 7% de registros. Se reportaron 31 especies de cetáceos en las contingencias de las 43 existentes en aguas Chilenas. Hubo un total de 19 especies sin identificar, de las cuales el 3% corresponden a Misticetos o “Ballena sin identificar” y el 1% a Odontocetos “Delfín sin identificar” (Gráfico 5).

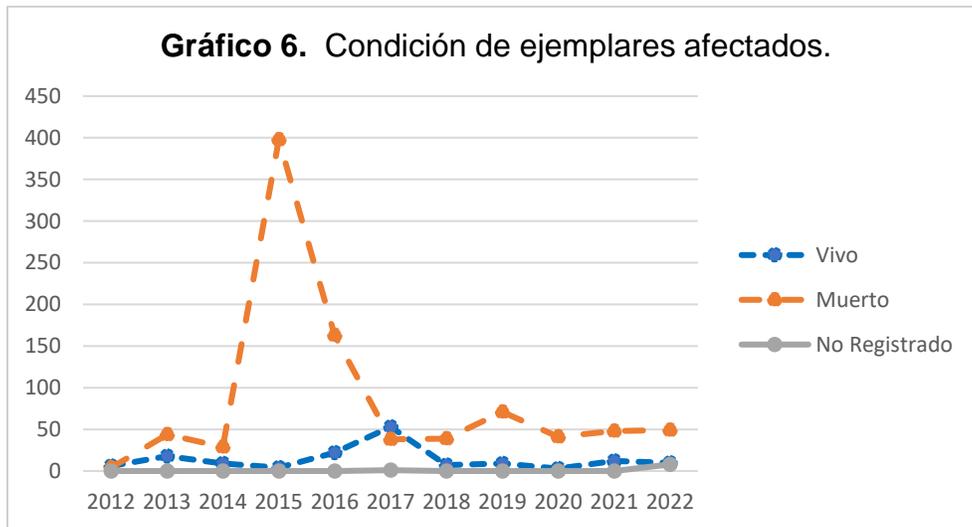
**Gráfico 5. Especies registradas en varamientos.**



### 5.3 Condición del ejemplar

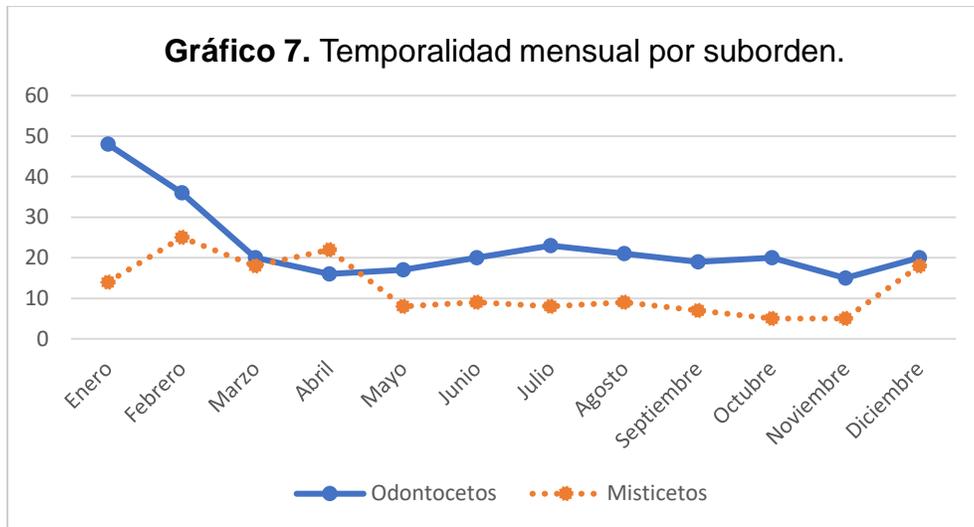
El estado de condición se categoriza de acuerdo con si el individuo fue encontrado vivo, muerto o no se encuentra registrado. De acuerdo con el análisis, se registra un total del 85% de ejemplares encontrados muertos y en un 14% vivos.

En un 1% de los casos del registro, no se especifica el estado en que fueron hallados los ejemplares en ninguna de estas tres categorías (Gráfico 6). Complementar con (Tabla 4, Anexo 2).



#### 5.4 Temporalidad

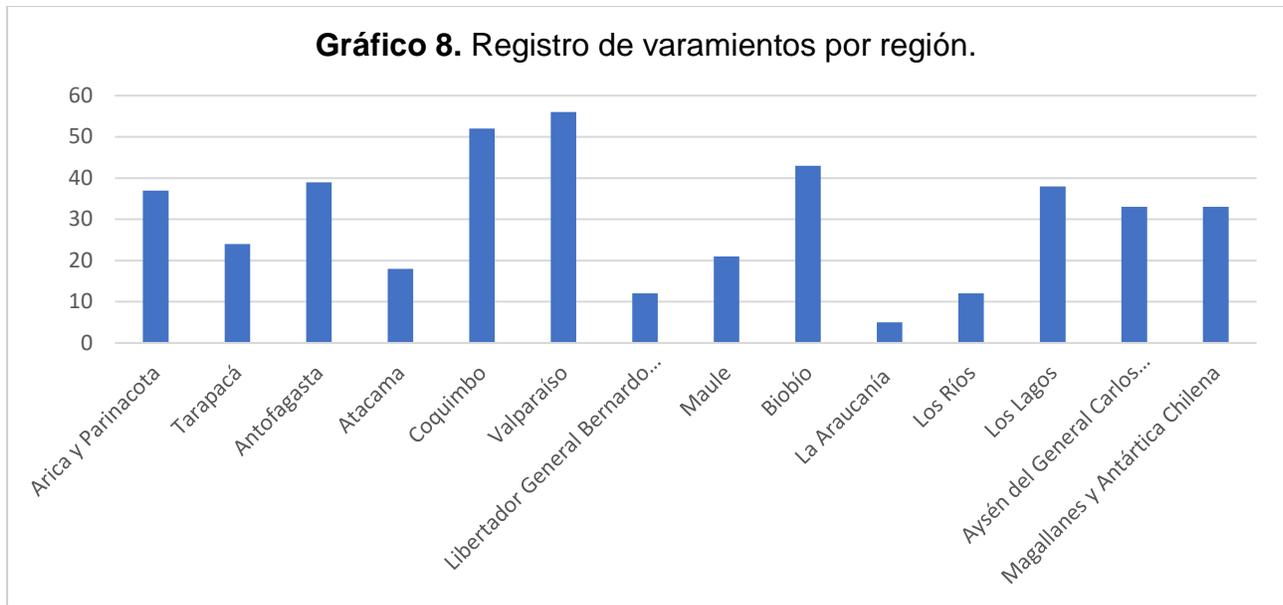
Al analizar la temporalidad mensual por subórdenes, los Misticetos presentan un 17% de varamientos en el mes de Febrero y un 3% en los meses de Octubre y Noviembre. Los odontocetos por otra parte, destacan por varar en un 17% en el mes de Enero y en menor frecuencia en el mes de Noviembre con un 5% (Gráfico 7). Complementar con (Tabla 5, Anexo 2).



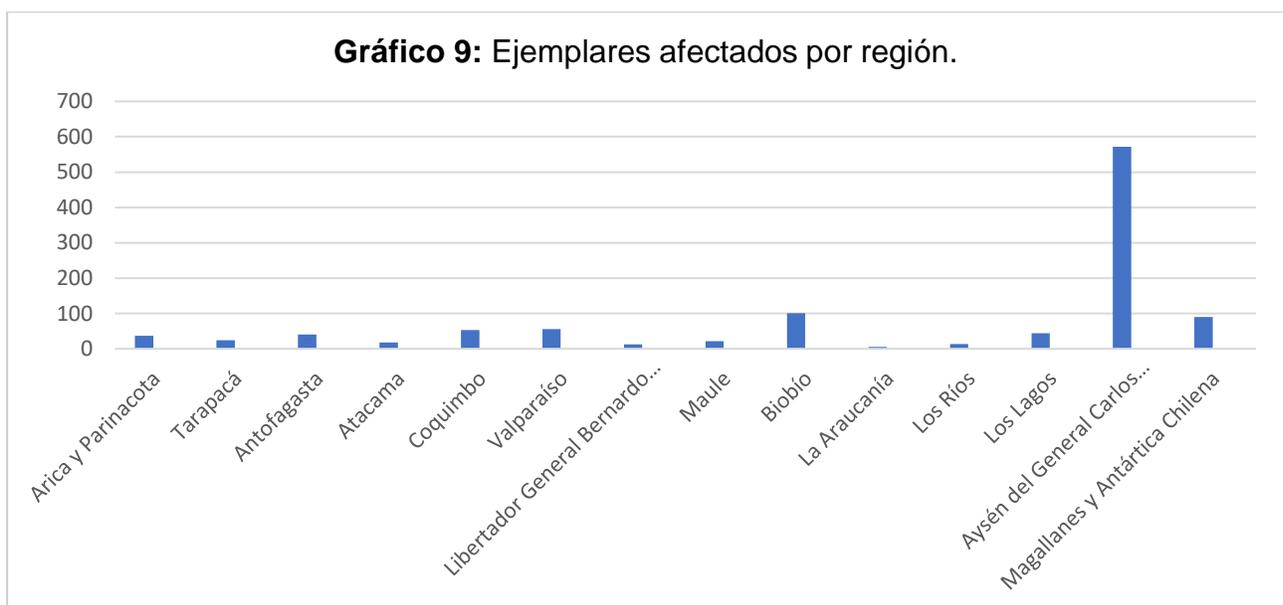
### 5.5 Región

Se identifica la Región de Valparaíso como la más afectada en cuanto a la cantidad de varamientos, presentando el 13% de los casos registrados en los últimos 11 años del análisis de datos. Seguido por la Región de Coquimbo con un 12% de registros y la Región del Biobío con 10%.

La Región de La Araucanía en cambio, representa un 1% en cuanto frecuencia de varamientos, con un registro de únicamente 5 casos entre los años 2012 al 2022. También la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins junto a Los Ríos, tuvieron una baja cifra de varamientos en el periodo del análisis, con un 3% cada una, equivalente a 12 casos reportados (Gráfico 8). Complementar con (Figura 1, Anexo 3).



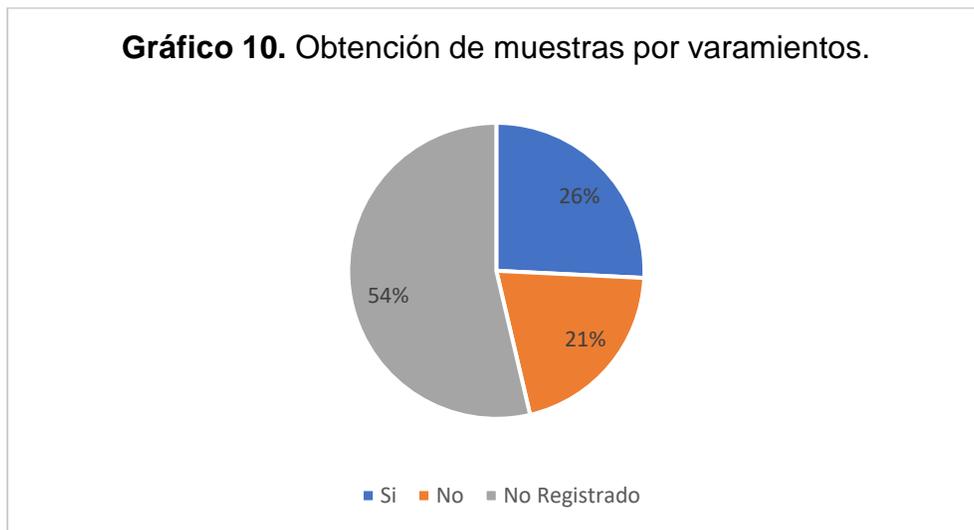
En cuanto al número de ejemplares afectados por región, la más impactada es la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo, que concentra el 53% de los casos analizados a lo largo de los años. Le sigue la región del Biobío con un 9%, y, en tercer lugar, Magallanes y la Antártica Chilena. Por otro lado, las regiones de La Araucanía, Los Ríos y Libertador General Bernardo O'Higgins presentan un impacto significativamente menor, con porcentajes de 0%, 1% y 1%, respectivamente (Gráfico 9). Complementar con (Tabla 6, Anexo 2).



## 5.6 Obtención de muestras

La recolección de muestras obtenidas en los varamientos, fueron registradas entre los años 2017 al 2021, abarcando un 26% de los 423 varamientos registrados. No hubo recolección en un 21%. Y no se registra el 9% de las muestras en esos años.

Luego entre los años 2012 al 2016 y después en 2022, los datos carecen de información, estableciendo un 45% de varamientos no registrados (Gráfico 10). Complementar con (Tabla 7, Anexo 2).

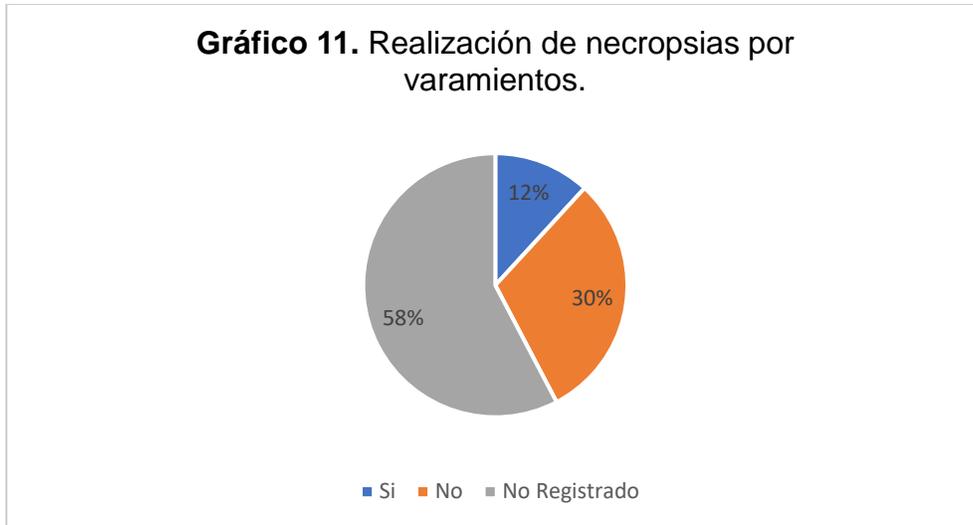


## 5.8 Realización de necropsias

Al igual que en la obtención de muestras, las necropsias de cetáceos se efectuaron entre los años 2017 al 2021, abarcando un total del 12% de los 423 varamientos registrados. No se realizó necropsias en un 30% y para el mismo año no se registra un 13% de los casos.

Del mismo modo, entre los años 2012 al 2016 y después en 2022, se evidencia que no existe información al respecto, estableciendo un 45% de datos no registrados (Gráfico 11). Complementar con (Tabla 8, Anexo 2).

**Gráfico 11. Realización de necropsias por varamientos.**



### 5.7 Análisis de la relación espacio temporal de los varamientos

A partir de la ocurrencia que presentan los varamientos por zonas geográficas como por estaciones del año, se realiza la prueba estadística de Chi cuadrado para evaluar su relación. Donde:

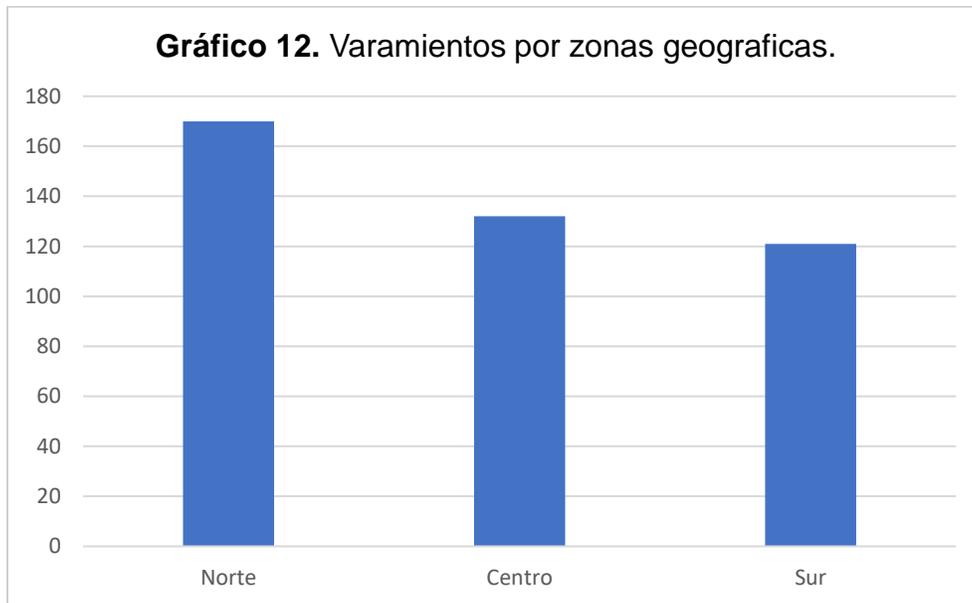
- Relación entre los varamientos respecto a su zona geográfica: ( $X^2 = 9,375887$ ) y ( $p = 0,0092056$ ).
- Relación entre los varamientos respecto a su temporada del año (Estación): ( $X^2 = 39,17494$ ) y ( $p = 0,0000000159$ ).

Los datos obtenidos ( $p < 0,05$ ) establece que si existe relación estadísticamente significativa entre la distribución espacial (Zonas geográficas) y la temporalidad de los varamientos (Estaciones) bajo las condiciones que establece el estudio. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna.

### 5.8 Distribución espacial por zonas geográficas

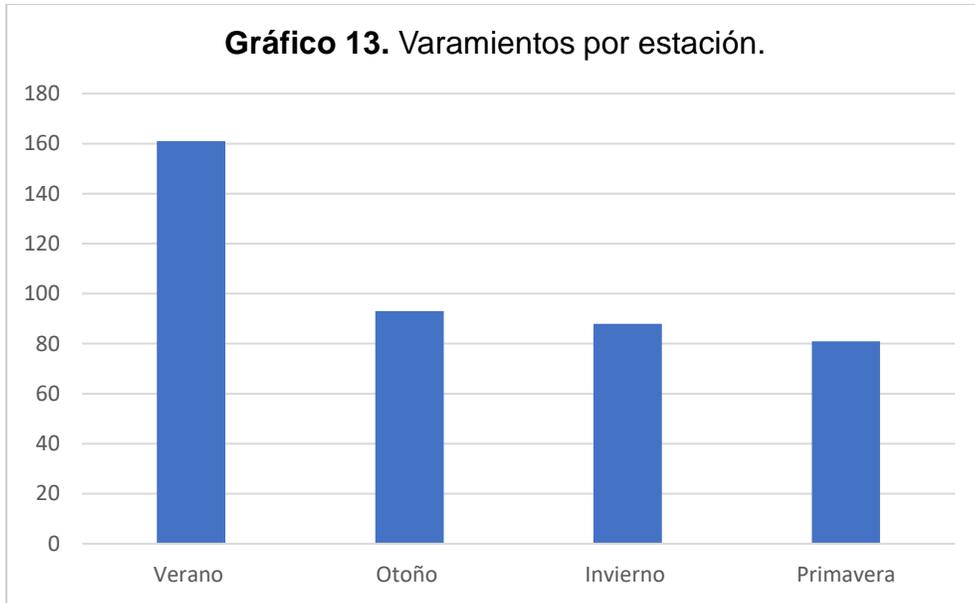
Respecto a la distribución espacial, la zona norte de Chile se identifica como la más afectada en cuanto a varamientos registrados, con un 40% del total. Esta área incluye las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta y Coquimbo. Le sigue la zona centro, que representa un 31%, abarcando las regiones de Valparaíso, Libertador General Bernardo O'Higgins, Maule y Biobío. Por último, la zona sur del país concentra un 29% de los varamientos, correspondientes a las regiones de La Araucanía, Los Ríos,

Los Lagos, Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo, y Magallanes y la Antártica Chilena (Gráfico 12). Complementar con (Tabla 9, Anexo 2).

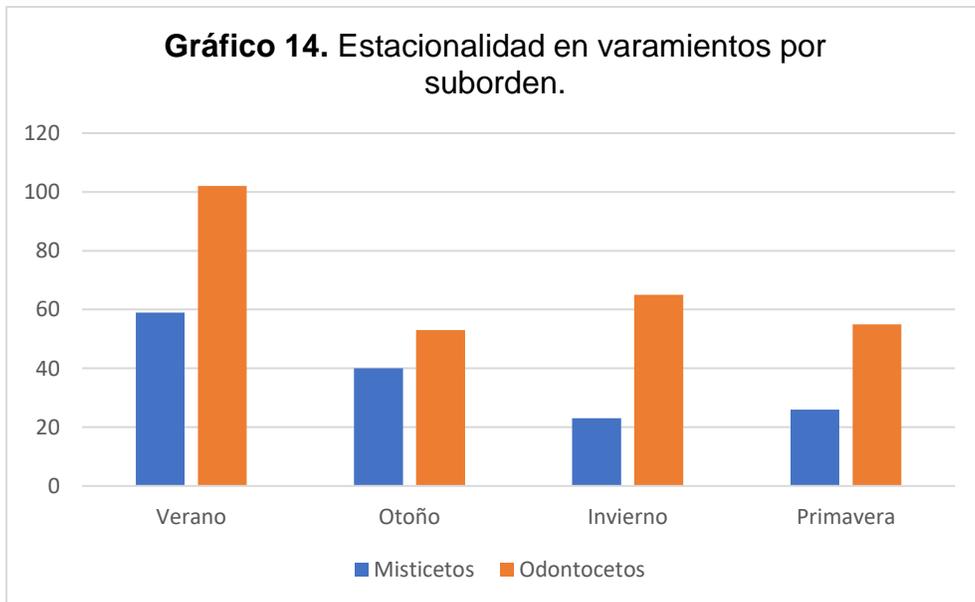


### 5.8 Temporalidad por estacionalidad

El análisis de varamientos por estación, indica que Verano (21 de diciembre al 20 de marzo) presenta el mayor porcentaje de aparición, con un 38%. Le sigue Otoño (21 de marzo al 20 de junio) con un 22% e Invierno (21 de junio al 20 de septiembre) con un 21%. Primavera (21 de septiembre al 20 de diciembre) tuvo el porcentaje más bajo del registro con un 19% (Gráfico 13). Complementar con (Tabla 10, Anexo 2).



Finalmente, en cuanto a la estacionalidad de los subórdenes, los odontocetos presentaron la mayoría de los varamientos durante el verano, con un 37%, mientras que el menor número de registros se observó en otoño, con un 19%. Por su parte, el suborden misticeto mostró un mayor registro de varamientos en verano, alcanzando un 40%, y la menor en invierno, con solo un 16% (Gráfico 14). Complementar con (Tabla 11, Anexo 2).



## 6. DISCUSIÓN

El presente trabajo entrega los resultados del análisis descriptivo de la base de datos del registro de varamientos de cetáceos en Chile, junto con una evaluación de la relación entre los varamientos respecto a su zona geográfica y varamientos respecto a su estacionalidad desde 2012 al 2022.

El análisis estadístico de Chi cuadrado que se llevó a cabo establece que hay una relación estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ) entre los varamientos acontecidos en la ventana temporal del estudio considerando las zonas geográficas agrupadas del país ( $p = 0,0092056$ ) y los varamientos respecto a estaciones del año ( $p = 0,000000159$ ) en el que se presentaron, por lo cual se acepta la hipótesis alterna (H1).

Los resultados muestran que existen zonas con una mayor concentración de registros, siendo las Regiones de Valparaíso y Coquimbo, las que presentan el mayor número de casos, coincidiendo con lo reportado por Calderón (2016). Áreas que podrían presentar corrientes costeras productivas que favorecen la presencia de cetáceos (Bedriñana-Romano et al., 2022). Estos resultados difieren de los hallazgos de Alvarado-Rybak (2020b), aunque cabe señalar que los datos de este último provienen de una ventana temporal y fuentes de información distintas a las utilizadas en esta memoria.

En relación con los eventos de mayor mortalidad, se registró una tasa elevada de muertes en el año 2015, asociado principalmente a la mortalidad masiva de 367 ejemplares de Ballena sei (*Balaenoptera borealis*) ocurrida en el Golfo de Pena, probablemente causada por una floración de algas nocivas (FAN) relacionada con la ocurrencia del fenómeno del Niño, según Häussermann et al. (2017).

El análisis estadístico de Chi cuadrado reveló una relación significativa entre los varamientos, su distribución en las diferentes zonas geográficas del país y su estacionalidad. Se observó que la zona norte del país registró la mayor cantidad de casos, con un notable incremento en los reportes durante el verano, esto de acuerdo con Foord et al. (2019) se relacionaría directamente con la época estival donde existe mayor cantidad de personas en las costas que podrían reportar un varamiento a las autoridades, y el nivel de actividad humana en el área. Del mismo modo, Saavedra et al. (2017) y Alvarado-Rybak (2020b) señalan que estos patrones están principalmente vinculados a

la influencia de las actividades humanas y a los cambios estacionales, como lo son las “vacaciones de verano” en Chile, que permiten que sea más probable detectar varamientos de cetáceos junto al aumento de la luz del día. Por otro lado, el mayor reporte de varamientos en la zona norte del país podría estar relacionado con áreas geográficas donde coinciden las poblaciones de cetáceos y las actividades pesqueras (Cáceres, 2016). Este fenómeno es particularmente preocupante en zonas donde la actividad pesquera y portuaria es intensa, como es el caso de la Bahía Mejillones. La relevancia de esta bahía como hábitat estacional para las ballenas de aleta ha sido ampliamente documentada, lo que resalta la necesidad de adoptar medidas de conservación efectivas en áreas con alta densidad de tráfico marítimo (Pacheco et al., 2015; Bedriñana-Romano et al., 2022).

En paralelo, los resultados reflejan un aumento en los registros durante los últimos años, situación registrada también por Alvarado-Rybak (2020b) en cetáceos y por Allende-Marín y García-Cegarra (2022) en otros megavertabrados marinos. Lo cual, podría explicarse a través de factores antropogénicos y ambientales, que ocurren con mayor frecuencia en los últimos años, como cambios en la temperatura del agua y alteraciones en corrientes marinas (Hastie et al., 2005), mientras que, en zonas con alta interacción entre cetáceos y pesquerías, el número de varamientos podría estar influenciado por la captura incidental (Leeney et al., 2008).

Los resultados obtenidos de esta investigación registran un total de 423 varamientos con un total de 1086 ejemplares de cetáceos afectados, donde el 65% pertenecieron a Odontocetos y el 35% a Mysticetos, estableciendo resultados similares con Portillo et al. (2021) y Herrera et al. (2021). Siendo la Marsopa Espinosa (*Phocoena spinipinnis*) la especie más registrada por eventos, situación también descrita por Alvarado-Rybak et al. (2020b), especie en la que se describe el bycatch como la principal causa de muerte (Wright et al., 2013). Caracterizándose por ser una especie de amplia distribución, habitando gran parte la costa de Chile, extendiéndose hasta Tierra del Fuego y encontrándose fuertemente asociada a aguas nutritivas que presenten focos de surgencia costera (Molina-Schiller et al., 2005). A su vez, la expansión de la acuicultura industrializada en la costa sur de Chile está impactando negativamente a los delfines chilenos, que enfrentan amenazas como las redes, la caza, la degradación del hábitat y

el aumento del tráfico marítimo, lo que los obliga a abandonar ciertas áreas (Viddi et al., 2015).

En general, los registros de varamientos son indicadores valiosos para identificar la presencia y patrones de diversidad y distribución de especies en una zona. Además, proporcionan información importante sobre especies marinas típicamente inaccesibles de las que se dispone de pocos datos, enriqueciendo así nuestro conocimiento y facilitando la implementación de estrategias de conservación adecuadas (Foord et al., 2019; Herrera et al., 2021). Pese a lo anterior, destaca la falta de información en los registros y la baja tasa de necropsias realizadas, siendo importantes en el análisis de los datos, la determinación de las causas de un evento y el monitoreo de poblaciones (IJsseldijk et al., 2024). La necropsia debe realizarse dentro de las 48 horas posteriores a la muerte del ejemplar, aunque las carcacas en descomposición con signos de intervención humana también ofrecen información relevante. El procedimiento debe ser exhaustivo, comenzando con el registro fotográfico del lugar y la morfometría del animal, seguido de una evaluación del estado general, el examen externo de piel y dientes, y la toma de muestras. También se deben extraer órganos, como el oído, para estudiar posibles traumas. Todas las lesiones y secreciones deben ser documentadas fotográficamente (AMEFEVAS, 2017).

Como resultado, se recomienda estandarizar y unificar la respuesta a varamientos con el fin de respaldar la toma de decisiones en temas de conservación de especies y salud animal (Galletti y Cabrera, 2021). La base de datos de SERNAPESCA agrupa los reportes de varamientos recibidos de diversos actores, como pescadores, autoridades locales y organizaciones medioambientales. No obstante, al ser los varamientos reportados de forma voluntaria y basados en observaciones directas, existe la posibilidad de que estos eventos no sean detectados, lo que podría llevar a una subestimación de los datos (Alvarado-Rybak et al., 2020b). Entre las limitaciones, la probabilidad de que un individuo quede varado está influenciada por varios factores, como su hábitat. Las especies costeras tienen más posibilidades de ser detectadas, mientras que las especies que mueren en alta mar suelen ser depredadas, hundirse o descomponerse antes de llegar a la costa. Además, las corrientes y la acción de las olas afectan la posibilidad de que un cadáver alcance la costa, mientras áreas con mayor actividad humana tienen una mayor

probabilidad de detección en comparación con las costas remotas (Foord et al., 2019). A razón de esto, las especies varadas ya han fallecido o se encuentran en condiciones extremadamente deterioradas, lo que solo permite ofrecerles el máximo nivel de confort posible mientras se espera el inevitable desenlace (SERNAPESCA, 2019).

Finalmente, se es necesario considerar la extensión de la costa chilena en el monitoreo de varamientos ya que, como indica Viddi et al. (2010), los estudios realizados en áreas geográficas extensas pueden pasar por alto detalles cruciales a pequeña escala que son fundamentales para entender la dinámica de las poblaciones locales. Por lo tanto, es esencial llevar a cabo investigaciones a pequeña escala para obtener una comprensión más detallada de cómo los animales responden a cambios ambientales específicos en esas áreas.

## 7. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio, se pudo establecer una relación estadísticamente significativa entre la distribución por zonas geográficas y la temporalidad de los varamientos con relación a su estacionalidad, respondiendo a la pregunta de investigación del presente trabajo. Donde, la distribución espacial se vio más afectada en la zona norte del país, mientras que la distribución temporal, mostró ser más frecuente en la estación de Verano, aceptándose la hipótesis alterna (H1).

En cuanto, a los objetivos establecidos, el análisis de la categorización de los varamientos en Chile reveló una tendencia al alza en el número de eventos a lo largo de los años. Observándose un mayor reporte de varamientos de especies pertenecientes al suborden Odontocetos en comparación a Mysticetos. No obstante, la cantidad de ejemplares afectados por cada contingencia fue mayor en los Mysticetos, reportándose el año 2015 con la mayor mortalidad de estos. Así mismo, la especie Marsopa espinosa (*Phocoena spinipinnis*) destacó como la más frecuentemente registrada en los eventos analizados durante el período estudiado. Por otra parte, la distribución geográfica muestra tener una mayor frecuencia de notificaciones de varamientos en la región de Valparaíso y Coquimbo, mientras en la región de La Araucanía se registra la menor.

En el estudio también se analizaron otros datos, como las tomas de muestras y necropsias realizadas, donde se observa un registro limitado de información en estas variables. Esta falta de datos dificulta una comprensión más profunda de las posibles causas y consecuencias de los varamientos de cetáceos.

A pesar de los resultados obtenidos y las condiciones con las que se evaluó este estudio, es importante reconocer que la base de datos utilizada carece de un registro completo, lo cual puede conllevar a un sesgo de los resultados.

Por lo tanto, se sugiere mantener una base de datos actualizada, con una mayor participación y recursos en su recolección, así como la estandarización del registro. Esto permitirá la implementación de diferentes metodologías de evaluación con una mayor cantidad de datos registrados para futuros análisis.

## 8. REFERENCIAS

- Alava, J. J. (2009). Carbon productivity and flux in the marine ecosystems of the Galapagos Marine Reserve based on cetacean abundances and trophic indices. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 44(1), 109-122. <https://doi.org/10.4067/s0718-19572009000100010>
- Allende-Marín, N., y García-Cegarra, A. M. (2022). Effectiveness of Marine Wildlife Rescue and Rehabilitation Centers in Chile in relation to strandings of sea turtles, penguins, sea lions, and sea otters. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 57(3), 181-191. <https://doi.org/10.22370/rbmo.2022.57.3.4062>
- Alvarado-Rybak, M., Toro, F., Abarca, P., Paredes, E., Español-Jiménez, S., y Seguel, M. (2020a). Pathological findings in cetaceans sporadically stranded along the Chilean coast. *Frontiers In Marine Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00684>
- Alvarado-Rybak, M., Toro, F., Escobar-Dodero, J., Kinsley, A. C., Sepúlveda, M. A., Capella, J., Azat, C., Cortés-Hinojosa, G., Zimin-Veselkoff, N., y Mardones, F. O. (2020b). 50 years of Cetacean strandings reveal a concerning rise in Chilean Patagonia. *Scientific Reports*, 10. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66484-x>
- AMEVEFAS. (2017). *Manual de Necropsia de Odontocetos*. <https://www.amevefas.com>
- Bedriñana-Romano, L., Zarate, P. M., Hucke-Gaete, R., Viddi, F. A., Buchan, S. J., Cari, I., Clavijo, L., Bello, R., y Zerbini, A. N. (2022). Abundance and distribution patterns of cetaceans and their overlap with vessel traffic in the Humboldt Current Ecosystem, Chile. *Scientific Reports*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-14465-7>
- Bossart, G. D. (2011). Marine mammals as sentinel species for oceans and human health. *Veterinary Pathology*, 48(3), 676-690. <https://doi.org/10.1177/0300985810388525>
- Braulik, G. T., Kasuga, M., Wittich, A., Kiszka, J. J., MacCaulay, J., Gillespie, D., Gordon, J., Said, S. S., y Hammond, P. S. (2017). Cetacean Rapid Assessment: an approach to fill knowledge gaps and target conservation across large data deficient

- areas. *Aquatic Conservation-marine And Freshwater Ecosystems*, 28(1), 216-230. <https://doi.org/10.1002/aqc.2833>
- Braulik, G. T., Taylor, B. L., Minton, G., Di Sciara, G. N., Collins, T., Rojas-Bracho, L., Crespo, E. A., Ponnampalam, L. S., Double, M. C., y Reeves, R. R. (2023). Red-list status and extinction risk of the world's whales, dolphins, and porpoises. *Conservation Biology*, 37(e14090). <https://doi.org/10.1111/cobi.14090>
- Brownell Jr, R. L., Reeves, R. R., Read, A. J., Smith, B. D., Thomas, P. O., Ralls, K., Amano, M., Berggren, P., Chit, A. M., Collins, T., Currey, R., Dolar, M. L. L., Genov, T., Hobbs, R. C., Krebs, D., Marsh, H., Mei, Z., Perrin, W. F., Phay, S., . . . Wang, J. Y. (2019). Bycatch in gillnet fisheries threatens critically endangered small cetaceans and other aquatic megafauna. *Endangered Species Research*, 40, 285-296. <https://doi.org/10.3354/esr00994>
- Cáceres, B., Aguayo-Lobo, A., y 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. *Anales del Instituto de la Patagonia*, 44(3), 21-38. <https://doi.org/10.4067/s0718-686x2016000300003>
- Calderón Quirgas, C. E., Mansilla Campos, M. Ángel, Aguayo Lobo, A., y Universidad San Sebastián. Facultad de Medicina Veterinaria, institución que otorga el grado. (2016). *Análisis de las contingencias de cetáceos, registradas por el servicio nacional de pesca, en las costas de Chile, periodo 2009-2015*. Concepción: Universidad San Sebastián. Facultad de Medicina Veterinaria.
- Camus, P. A. (2001). Biogeografía Marina de Chile continental. *Revista Chilena de Historia Natural*, 74, 587-617. <https://doi.org/10.4067/s0716-078x2001000300008>
- Committee on Taxonomy: List of marine mammal species and subspecies. (2023). Society For Marine Mammalogy. Recuperado 16 de octubre de 2023, de <https://marinemammalscience.org/science-and-publications/list-marine-mammal-species-subspecies/>
- D'Elía, G., Canto H., J., Ossa, G., Verde-Arregoitia, L. D., Bostelmann, E., Iriarte, A., Amador, L., Quiroga-Carmona, M., Hurtado, N., Cadenillas, R., y Valdez, L. (2020). Lista Actualizada de los Mamíferos Vivientes de Chile. *Museo Nacional de Historia*

- Natural*, 69(2), 67-98. [https://publicaciones.mnhn.gob.cl/668/articles-98414\\_archivo\\_01.pdf](https://publicaciones.mnhn.gob.cl/668/articles-98414_archivo_01.pdf)
- Dewar, W. K., Bingham, R. J., Iverson, R. L., Nowacek, D. P., St Laurent, L. C., y Wiebe, P. H. (2006). Does the marine biosphere mix with the ocean? *Journal Of Marine Research*, 64(4), 541-561. <https://doi.org/10.1357/002224006778715720>
- Dierauf, L. A., y Gulland, F. M. D. (2001). *CRC Handbook of Marine Mammal Medicine* (2.<sup>a</sup> ed.). CRC Press.
- FAO. *Perfiles de Pesca y Acuicultura por Países. Chile, 2019. Hojas de datos de perfiles de los países. División de Pesca y Acuicultura.* (2023). Recuperado 1 de octubre de 2023, de <https://www.fao.org/fishery/es/facp/chl>
- Foord, C. S., Rowe, K. M. C., y Robb, K. (2019). Cetacean biodiversity, spatial and temporal trends based on stranding records (1920-2016), Victoria, Australia. *PloS One*, 14(10), e0223712. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223712>
- Fretwell, P. T., Jackson, J. A., Encina, M. J. U., Häussermann, V., Álvarez, M. J. P., Olavarría, C., y Gutstein, C. S. (2019). Using remote sensing to detect whale strandings in remote areas: the case of SEI whales mass mortality in Chilean Patagonia. *PLOS ONE*, 14(10), e0222498. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222498>
- Galletti, B., y Cabrera, E. (2021). Varamiento de cetáceos en Chile 1970-2005 y su relación con impactos antropogénicos: Plan de Acción para la Protección del Medio Marino y Áreas Costeras del Pacífico Sudeste. *Centro de Conservación Cetácea*. [https://www.academia.edu/54296006/Varamiento\\_de\\_cet%C3%A1ceos\\_en\\_Chile\\_1970\\_2005\\_y\\_su\\_relaci%C3%B3n\\_con\\_impactos\\_antropog%C3%A9nicos](https://www.academia.edu/54296006/Varamiento_de_cet%C3%A1ceos_en_Chile_1970_2005_y_su_relaci%C3%B3n_con_impactos_antropog%C3%A9nicos)
- Gulland, F. M. D., Dierauf, L. A., y Whitman, K. L. (2018). *CRC Handbook of Marine Mammal Medicine* (3.<sup>a</sup> ed.). CRC Press.
- Hastie, G. D., Swift, R. J., Slesser, G., Thompson, P. M., y Turrell, W. R. (2005). Environmental models for predicting oceanic dolphin habitat in the Northeast Atlantic. *ICES Journal of Marine Science*, 62(4), 760-770. <https://doi.org/10.1016/j.icesjms.2005.02.004>

- Häussermann, V., Gutstein, C. S., Beddington, M., Cassis, D., Olavarria, C., Dale, A. C., Valenzuela-Toro, A. M., Perez-Alvarez, M. J., Sepúlveda, H. H., McConnell, K. M., Horwitz, F. E., y Försterra, G. (2017). Largest baleen whale mass mortality during strong El Niño event is likely related to harmful toxic algal bloom. *PeerJ*, 5, e3123. <https://doi.org/10.7717/peerj.3123>
- Herrera, I., Carrillo, M., De Esteban, M. C., y Haroun, R. (2021). Distribution of Cetaceans in the Canary Islands (Northeast Atlantic Ocean): Implications for the Natura 2000 Network and Future Conservation Measures. *Frontiers In Marine Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.669790>
- IJsseldijk, L. L., Van Den Broek, J., Kik, M. J. L., Leopold, M. F., Rebolledo, E. B., Gröne, A., y Heesterbeek, H. (2024). Using marine mammal necropsy data in animal health surveillance: the case of the harbor porpoise in the Southern North Sea. *Frontiers In Marine Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1306294>
- Jewell, R., Thomas, L., Harris, C. M., Kaschner, K., Wiff, R., Hammond, P. S., y Quick, N. J. (2012). Global Analysis of Cetacean Line-transect Surveys: Detecting trends in Cetacean density. *Marine Ecology Progress Series*, 453, 227-240. <https://doi.org/10.3354/meps09636>
- Kaschner, K., Quick, N. J., Jewell, R., Williams, R., y Harris, C. M. (2012). Global coverage of Cetacean Line-Transect Surveys: status quo, data gaps and future challenges. *PLOS ONE*, 7(9), e44075. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0044075>
- Kraft, S., Rodríguez, F., Olavarría, C., Poulin, E., y Pérez-Álvarez, M. J. (2023). Genetic analysis as a tool to improve the monitoring of stranded cetaceans in Chile. *Biology*, 12(5), 748. <https://doi.org/10.3390/biology12050748>
- Lalli, C. M., y Parsons, T. R. (1997). *Biological Oceanography: An Introduction* (2.<sup>a</sup> ed., Vols. 149–151). Elsevier Butterworth-Heinemann. <https://www.sciencedirect.com/book/9780750633840/biological-oceanography-an-introduction>
- Leeney, R. H., Amies, R., Broderick, A. C., Witt, M. J., Loveridge, J., Doyle, J., y Godley, B. J. (2008). Spatio-temporal analysis of cetacean strandings and bycatch in a UK

- fisheries hotspot. *Biodiversity And Conservation*, 17(10), 2323-2338. <https://doi.org/10.1007/s10531-008-9377-5>
- Ley N° 20.293. Protege a los Cetáceos e Introduce Modificaciones a la Ley N° 18.892 General de Pesca y Acuicultura. (2008, 25 octubre). En Biblioteca del Congreso Nacional. <https://bcn.cl/3gctm>
- Ley N° 21.033. Crea la XVI Región de Ñuble y las provincias de Diguillín, Punilla e Itata. (2017, 5 septiembre). En Biblioteca del Congreso Nacional. <https://bcn.cl/2lzl7>
- McHugh, M. L. (2013). The Chi-square test of independence. *Biochemia Medica*, 23(2), 143-149. <https://doi.org/10.11613/bm.2013.018>
- Molina-Schiller, D., Rosales, S. A., y Freitas, T. R. O. (2005). Oceanographic conditions off coastal South America in relation to the distribution of Burmeister's porpoise, *Phocoena spinipinnis* *The Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 4(2). <https://doi.org/10.5597/lajam00078>
- Moore, K. M., Simeone, C. A., y Brownell Jr., R. L. (2018). *Encyclopedia of Marine Mammals: Strandings* (3.<sup>a</sup> ed., Vols. 945–951). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804327-1.00249-1>
- Morales, E., Winckler, P., y Herrera, M. (2019). *Costas de Chile: Medio Natural, Cambio Climático, Ingeniería Oceánica y Gestión Costera*. Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile, Secretaría Ejecutiva Comité Oceanográfico Nacional (CONA). [http://www.cona.cl/pub/libros/Costas\\_de\\_Chile.pdf](http://www.cona.cl/pub/libros/Costas_de_Chile.pdf)
- Pacheco, A. S., Villegas, V. K., Riascos, J. M., y Van Waerebeek, K. (2015). Presence of fin whales (*Balaenoptera physalus*) in Mejillones Bay, a major seaport area in northern Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 50(2), 383-389. <https://doi.org/10.4067/s0718-19572015000300017>
- Pavés, H., Tobar, C. N., Santibáñez, A., Meier, D., Miranda-Urbina, D., y Olivera, F. (2020). Patrones de avistamientos y distribución de mamíferos marinos en el litoral centro-sur de Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 55(3), 225-237. <https://doi.org/10.22370/rbmo.2020.55.3.2587>
- Pearson, H. C., Savoca, M. S., Costa, D. P., Lomas, M. W., Molina, R., Pershing, A. J., Smith, C. R., Villaseñor-Derbez, J. C., Wing, S. R., y Roman, J. (2023). Whales in

- the carbon cycle: Can recovery remove carbon dioxide? *Trends In Ecology and Evolution*, 38(3), 238-249. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2022.10.012>
- Portillo, R. I., Sandoval, J. E. B., Pineda, L., De Navas, E. M., Mejía, M. G. P., y Fuentes, R. E. M. (2021). Registros de varamientos de cetáceos en El Salvador entre 1995-2019. *Realidad y Reflexión/Realidad y Reflexión*, 54(54), 218-240. <https://doi.org/10.5377/ryr.v54i54.12080>
- Reeves, R., Smith, D., Crespo, A., y Notarbartolo Di Sciara, G. (2003). *Dolphins, Whales and Porpoises: 2002–2010 Conservation Action Plan for the World’s Cetaceans*. IUCN/SSC Cetacean Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/2003-009.pdf>
- Roman, J., Estes, J. A., Morissette, L., Smith, C., Costa, D., McCarthy, J., Nation, J., Nicol, S., Pershing, A., y Smetacek, V. (2014). Whales as marine ecosystem engineers. *Frontiers In Ecology and The Environment*, 12(7). <https://doi.org/10.1890/130220>
- Roman, J., y McCarthy, J. J. (2010). The Whale Pump: Marine mammals enhance primary productivity in a coastal basin. *PLOS ONE*, 5(10), e13255. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0013255>
- Saavedra, C., Pierce, G. J., Gago, J., Jusufovski, D., Cabrero, Á., Cerviño, S., López, A., Martínez-Cedeira, J. A., y Santos, M. B. (2017). Factors driving patterns and trends in strandings of small cetaceans. *Marine Biology*, 164(8). <https://doi.org/10.1007/s00227-017-3200-3>
- Salvador, M. F., y Avaria, C. C. (2008). Variabilidad de la temperatura superficial del mar, identificación de surgencias costeras y su relevancia en un área marina costera protegida del desierto de Atacama, Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, 41, 49-61. <https://doi.org/10.4067/s0718-34022008000300003>
- Schipper, J., Chanson, J. S., Chiozza, F., Cox, N. A., Hoffmann, M., Katariya, V., Lamoreux, J. F., Rodrigues, A. S. L., Stuart, S. N., Temple, H. J., Baillie, J., Boitani, L., Lacher Jr., T. E., Mittermeier, R. A., Smith, A. T., Absolon, D., Aguiar, J. M., Amori, G., Bakkour, N., . . . Young, B. E. (2008). The status of the world’s land and marine mammals: Diversity, Threat, and Knowledge. *Science*, 322(5899), 225-230. <https://doi.org/10.1126/science.1165115>

- SERNAPESCA. (2019). *Rescates y Varamientos de Fauna Marina 2018*. Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura. [https://www.sernapesca.cl/app/uploads/2023/11/informe\\_de\\_rescates\\_y\\_varamientos\\_2018v2.pdf](https://www.sernapesca.cl/app/uploads/2023/11/informe_de_rescates_y_varamientos_2018v2.pdf)
- Ulloa, M. (2023). Contribution to the Knowledge of Cetacean Strandings in Chile Between Years 2015 and 2020. *Preprints*. <https://doi.org/10.20944/preprints202308.1621.v1>
- Viddi, F. A., Harcourt, R. G., y Hucke-Gaete, R. (2015). Identifying key habitats for the conservation of Chilean dolphins in the fjords of southern Chile. *Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems*, 26(3), 506-516. <https://doi.org/10.1002/aqc.2553>
- Viddi, F. A., Hucke-Gaete, R., Torres-Florez, J. P., y Ribeiro, S. (2010). Spatial and seasonal variability in cetacean distribution in the fjords of northern Patagonia, Chile. *ICES Journal of Marine Science*, 67(5), 959-970. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsp288>
- Wright, A. J., Maar, M., Mohn, C., Nabe-Nielsen, J., Siebert, U., Jensen, L. F., Baagøe, H. J., y Teilmann, J. (2013). Possible Causes of a Harbour Porpoise Mass Stranding in Danish Waters in 2005. *PloS One*, 8(2), e55553. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0055553>
- Yañez, P. (1948). Vertebrados marinos chilenos.: I. Mamíferos. *Revista de Biología Marina, Valparaíso*, 1(2), 103-123.

## 9. ANEXOS

### Anexo 1:

**Tabla 1:** Lista de Especies de Cetáceos registradas en aguas chilenas.

Suborden	Familia	Especie
Mysticeti	Balaenidae	<i>Eubalaena australis</i> (Desmoulins, 1822)
	Balaenopteridae	<i>Balaenoptera acutorostrata</i> (Lacépède, 1804)
		<i>Balaenoptera bonaerensis</i> (Burmeister, 1867)
		<i>Balaenoptera borealis</i> (Lesson, 1828)
		<i>Balaenoptera edeni</i> (Anderson, 1879)
		<i>Balaenoptera musculus</i> (Linnaeus, 1758)
		<i>Balaenoptera physalus</i> (Linnaeus, 1758)
		<i>Megaptera novaeangliae</i> (Borowski, 1781)
	Cetotheriidae	<i>Caperea marginata</i> (Gray, 1846)
	Odontoceti	Delphinidae
<i>Cephalorhynchus eutropia</i> (Gray, 1846)		
<i>Delphinus capensis</i> (Gray, 1828)		
<i>Delphinus delphis</i> (Linnaeus, 1758)		
<i>Feresa attenuata</i> (Gray, 1874)		
<i>Globicephala macrorhynchus</i> (Gray, 1846)		
<i>Globicephala melas</i> (Traill, 1809)		
<i>Grampus griseus</i> (Cuvier, 1812)		
<i>Lagenorhynchus australis</i> (Peale, 1848)		
<i>Lagenorhynchus cruciger</i> (Quoy y Gaimard, 1824)		
<i>Lagenorhynchus obscurus</i> (Gray, 1828)		
<i>Lissodelphis peronii</i> (Lacépède, 1804)		
<i>Orcinus orca</i> (Linnaeus, 1758)		
<i>Pseudorca crassidens</i> (Owen, 1846)		
<i>Stenella attenuata</i> (Gray, 1846)		
<i>Stenella coeruleoalba</i> (Meyen, 1833)		
<i>Stenella longirostris</i> (Gray, 1828)		
<i>Steno bredanensis</i> (Cuvier en Lesson, 1828)		
<i>Tursiops truncatus</i> (Montagu, 1821)		
Phocoenidae		<i>Phocoena dioptica</i> (Lahille, 1912)
		<i>Phocoena spinipinnis</i> (Burmeister, 1865)
Physeteridae		<i>Physeter catodon</i> (Linnaeus, 1758)
Kogiidae		<i>Kogia breviceps</i> (de Blainville, 1838)
		<i>Kogia sima</i> (Owen, 1866)
Ziphiidae		<i>Berardius arnuxii</i> (Duvernoy, 1851)
		<i>Hyperoodon planifrons</i> (Flower, 1882)
		<i>Mesoplodon densirostris</i> (de Blainville, 1817)
		<i>Mesoplodon grayi</i> von (Haast, 1876)
		<i>Mesoplodon hectori</i> (Gray, 1871)
		<i>Mesoplodon layardii</i> (Gray, 1865)
	<i>Mesoplodon peruvianus</i> (Reyes, Mead y Van Waerebeek, 1991)	
	<i>Mesoplodon traversii</i> (Gray, 1874)	
<i>Tasmacetus shepherdi</i> (Oliver, 1937)		
<i>Ziphius cavirostris</i> (Cuvier, 1823)		

Tabla 1: Adaptado de "Lista actualizada de los mamíferos vivientes de Chile", por (D'Elía et al., 2020).

**Anexo 2:** Tablas de resultados obtenidos de los varamientos de cetáceos.

**Tabla 2:** Varamientos y Ejemplares afectados entre los años 2012 al 2022.

<b>Año</b>	<b>Varamientos</b>	<b>Nº de ejemplares</b>
2012	10	10
2013	14	62
2014	31	38
2015	36	402
2016	39	185
2017	43	92
2018	46	46
2019	50	80
2020	44	44
2021	50	60
2022	60	67
<b>Total</b>	<b>423</b>	<b>1086</b>

**Tabla 3:** Varamientos y número de ejemplares de especies pertenecientes al suborden Mysticeto y Odontoceto.

<b>Suborden</b>	<b>Varamientos</b>	<b>Nº de ejemplares</b>
Misticetos	148	569
Odontocetos	275	517
<b>Total</b>	<b>423</b>	<b>1086</b>

**Tabla 4:** Condición del ejemplar encontrado.

<b>Año</b>	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
<b>Vivo</b>	6	18	9	4	22	53	7	9	3	12	10
<b>Muerto</b>	4	44	29	398	163	38	39	71	41	48	49
<b>No Registrado</b>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	8

**Tabla 5:** Temporalidad mensual por subórdenes.

<b>Meses</b>	<b>Varamientos</b>	<b>Odontocetos</b>	<b>Misticetos</b>
Enero	62	48	14
Febrero	61	36	25
Marzo	38	20	18
Abril	38	16	22
Mayo	25	17	8
Junio	29	20	9
Julio	31	23	8
Agosto	30	21	9
Septiembre	26	19	7
Octubre	25	20	5
Noviembre	20	15	5
Diciembre	38	20	18
<b>Total</b>	<b>423</b>	<b>275</b>	<b>148</b>

**Tabla 6:** Registros de varamientos por región.

<b>Regiones</b>	<b>Varamientos</b>	<b>Nº de ejemplares</b>
Arica y Parinacota	37	37
Tarapacá	24	24
Antofagasta	39	40
Atacama	18	18
Coquimbo	52	53
Valparaíso	56	56
Libertador General Bernardo O`Higgins	12	12
Maule	21	21
Biobío	43	101
La Araucanía	5	5
Los Ríos	12	13
Los Lagos	38	44
Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo	33	572
Magallanes y Antártica Chilena	33	90
<b>Total</b>	<b>423</b>	<b>275</b>

**Tabla 7.** Obtención de muestras.

<b>Año</b>	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
<b>Si</b>	–	–	–	–	–	10	22	25	25	27	–
<b>No</b>	–	–	–	–	–	14	19	20	16	18	–
<b>No especificado</b>	10	14	31	36	39	19	5	5	3	5	60

**Tabla 8.** Realización de necropsias.

<b>Año</b>	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
<b>Si</b>	–	–	–	–	–	4	4	16	13	13	–
<b>No</b>	–	–	–	–	–	18	28	29	23	31	–
<b>No especificado</b>	10	14	31	36	39	21	14	5	8	6	60

**Tabla 9.** Distribución espacial de varamientos por zonas geográficas.

<b>Zonas Geográficas</b>	<b>Regiones</b>	<b>Varamientos</b>	<b>Total</b>
Norte	Arica y Parinacota	37	170
	Tarapacá	24	
	Antofagasta	39	
	Atacama	18	
	Coquimbo	52	
Centro	Valparaíso	56	132
	Libertador General	12	
	Bernardo O`Higgins		
	Maule	21	
Sur	Biobío	43	121
	La Araucanía	5	
	Los Ríos	12	
	Los Lagos	38	
	Aysén del General Carlos	33	
	Ibáñez del Campo		
Magallanes y Antártica	33		
Chilena			

**Tabla 10:** Estacionalidad del total de varamientos.

<b>Verano</b>	<b>Otoño</b>	<b>Invierno</b>	<b>Primavera</b>
161 (38%)	93 (22%)	88 (21%)	81 (19%)

**Tabla 11.** Estacionalidad en varamientos por suborden.

<b>Estación</b>	<b>Misticetos</b>	<b>Odontocetos</b>
Verano	59	102
Otoño	40	53
Invierno	23	65
Primavera	26	55
<b>Total</b>	<b>148</b>	<b>275</b>

**Anexo 3:**

**Figura 1.** Mapa de densidad de varamientos registrados por regiones.

