

UNIVERSIDAD FINIS TERRAE  
FACULTAD DE DERECHO  
MAGÍSTER EN DERECHO DE LOS RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE

**CAMBIO CLIMÁTICO Y SUS CONSECUENCIAS EN LOS RECURSOS  
MARINOS EN LA REGIÓN DE LOS LAGOS: ADAPTACIÓN Y PERTINENCIA  
DE LA ACTUAL NORMATIVA**

CAMILA RODRÍGUEZ TORRES

Artículo Académico presentado a la Facultad de Derecho de la Universidad  
Finis Terrae, para optar al grado de Magister en Derecho de los Recursos  
Naturales y Medio Ambiente

Profesor Guía: Karla Quintero Bonilla

Santiago, Chile

2023

**CAMBIO CLIMÁTICO Y SUS CONSECUENCIAS EN LOS RECURSOS  
MARINOS EN LA REGIÓN DE LOS LAGOS: ADAPTACIÓN Y  
PERTINENCIA DE LA ACTUAL NORMATIVA.**

CAMILA, RODRÍGUEZ TORRES

Universidad Finis Terrae

crodriguez2@uft.edu

Profesor guía: Karla Quintero B.

**Resumen:** El presente artículo tiene por finalidad identificar las posibles consecuencias del cambio climático sobre los recursos marinos en el borde costero de la Región de Los Lagos, Chile, a través de estudios científicos y datos relacionados con los eventos ocurridos en los últimos años, los cuales señalan la importancia de generar medidas de adaptación ante las consecuencias a los fenómenos climáticos. Ante esto se evidencia importancia de implementar normativas dispuestas especialmente para ellos, considerando una gobernanza orientada en prevención, reacción y eficiente coordinación entre instituciones.

**Palabras clave:** Cambio climático, recursos marinos, adaptación, gobernanza, normativas.

**Abstract:** This article has for purpose to identify the possible consequences of climate change on marine resources along the coastline of the Los Lagos Region in Chile, through scientific studies and data related to events that have occurred in recent years, which point out the importance of generating adaptation measures in response to the climate change phenomena. In light of this, it is evident that it's important to implement regulations specifically designed for this purpose, considering a governance focused on prevention, reaction and efficient coordination between institutions.

**Key words:** Climate change, marine resources, adaptation, governance, normatives.

## INTRODUCCIÓN

Existen diversos estudios y documentación relacionada con el cambio climático, los que, en su mayoría, mencionan que el cambio climático tiene importantes efectos sobre la biodiversidad, entre ellos, destacan que sus consecuencias podría generar severas pérdidas económicas en actividades como la pesca artesanal<sup>1</sup>, pesca industrial, acuicultura<sup>2</sup> entre otras actividades que principalmente dependen del mar<sup>3</sup>, así como también, otros indican que la afectación producida por contaminación es alrededor del 40% del océano, impactando negativamente sobre los hábitats y la biodiversidad<sup>4</sup>.

El océano tiene un papel fundamental en la regulación de la temperatura del planeta, y con esto, en los esfuerzos para combatir el cambio climático, considerando su capacidad de absorción de CO<sub>2</sub>. En la actualidad el océano absorbe alrededor del 30% del CO<sub>2</sub> producido por los seres humanos, provocando que la acidez aumente un 30% desde el inicio de la revolución industrial<sup>5</sup>. Por esto, que la sociedad chilena ha debido enfrentar un proceso de adaptación generando planes de adaptación y actividades para mitigar esta situación<sup>6</sup>.

Ante lo mencionado, se crea la necesidad de evaluar la normativa y reglamentación en materia del cambio climático, considerando las consecuencias que podrían existir en los recursos marinos, de igual forma, identificar si existen medidas adaptativas al cambio climático tomadas por los Estados. Por ello que en este trabajo se busca identificar la pertinencia de la actual legislación, considerando la necesidad de efectuar modificaciones en las atribuciones que tienen las instituciones participantes. Para esto, se realizará la revisión del marco institucional y normativo, continuando con un estudio sobre material bibliográfico, para finalizar con un análisis sobre la actual normativa y su aplicación ante posibles impactos producidos por el cambio climático. Este artículo académico se abordará desde lo general a lo particular, efectuando un breve análisis del marco normativo e institucional para luego abordar la situación particular, considerando las

---

<sup>1</sup> ARAOS ET AL., (2019), P. 407-436.

<sup>2</sup> DÍAZ ET AL., (2019) P. 39-50.

<sup>3</sup> MASCAREÑO ET AL., (2018).

<sup>4</sup> CORRAL (2008).

<sup>5</sup> PACTO MUNDIAL RED ESPAÑOLA (2020).

<sup>6</sup> PUCV (2016).

medidas que ha tomado el Estado respecto al cambio climático, las consecuencias observadas, la información respecto a la posible afectación de especies marinas o variaciones en el medio ambiente acuático, además de la adaptación y la coordinación entre instituciones relacionadas.

## **DESARROLLO**

### **1. Marco Institucional y Normativo**

A continuación, se describirá la misión de cada una de las instituciones relacionadas con el cambio climático y los recursos naturales, y también se mencionan los convenios adoptados, las leyes fundamentales y planes para la regulación de las posibles actividades que afecten al medio ambiente, ya sean actividades marítimas o pesqueras efectuadas en los mares de Chile:

#### **1.1. Marco Institucional**

##### **A) Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA)**

La Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, dependiente del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo (MINECON), tiene como misión regular, y administrar la actividad pesquera y de acuicultura, a través de políticas, normas y medidas de administración, sustentadas en informes técnicos fundamentados en investigación científica, con enfoque participativo y territorial para el desarrollo sustentable de la actividad pesquera y la acuicultura nacional<sup>7</sup>.

##### **B) Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA)**

Dependiente del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, tiene como misión fiscalizar el cumplimiento de las normas pesqueras y de acuicultura, proveer servicios para facilitar su correcta ejecución y realizar una gestión sanitaria eficaz, a fin de contribuir a la sustentabilidad del sector y a la protección de los recursos hidrobiológicos y su medio ambiente<sup>8</sup>.

---

<sup>7</sup> PLAN DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO PARA PESCA Y ACUICULTURA (2015), p. 18.

<sup>8</sup> PLAN DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO PARA PESCA Y ACUICULTURA (2015), p.19.

C) Instituto Fomento Pesquero (IFOP)

Tiene como misión apoyar la toma de decisiones de políticas de la institucionalidad pesquera nacional mediante la elaboración de antecedentes científicos y técnicos de valor público necesarios para la regulación y conservación de los recursos de la pesca, acuicultura y ecosistemas, contribuyendo de esta forma con el desarrollo sustentable del país.<sup>9</sup>

D) Ministerio de Defensa Nacional (MDN)

A través de la Subsecretaría para las Fuerzas Armadas (SSFFAA), tiene la competencia para asignar espacios marítimos y cuerpos de agua navegables, a través de la tramitación de concesiones marítimas y acuícolas.<sup>10</sup>

E) Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR)

Tiene tareas asignadas por Ley de Navegación N°2.222, además de cumplir funciones en el ámbito pesquero como fiscalizador de la normativa y administrador del Sistema de Posicionamiento Automático de Naves Pesqueras y de Investigación Pesquera. A su vez cumple funciones de fiscalización en materia de contaminación acuática y de conservación del medio marino.<sup>11</sup>

F) Superintendencia del Medio Ambiente (SMA)

Le corresponde de forma exclusiva ejecutar, organizar y coordinar el seguimiento y fiscalización de las Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA) de los proyectos que se han aprobado ambientalmente, incluyendo aquellos que operan en el medio marino o en su borde costero. Además, le compete ejecutar, organizar y coordinar las medidas de los Planes de Prevención o de Descontaminación Ambiental, del contenido de las Normas de Calidad Ambiental y Normas de Emisión<sup>12</sup>

---

<sup>9</sup> PLAN DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO PARA PESCA Y ACUICULTURA (2015), p. 19.

<sup>10</sup> PLAN DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO PARA PESCA Y ACUICULTURA (2015), p. 20.

<sup>11</sup> PLAN DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO PARA PESCA Y ACUICULTURA (2015), p. 20.

<sup>12</sup> SUPERINTENDENCIA DEL MEDIO AMBIENTE (2018).

## G) Ministerio de Medio Ambiente

El año 1994 se aprueba la Ley 19.300 “Ley sobre bases generales del medio ambiente”, la cual en su artículo 4<sup>a</sup> indica el deber de la institucionalidad de propender a la conservación de los ecosistemas naturales, incluyendo el marino, al establecer que: *“Los órganos del Estado, en el ejercicio de sus competencias ambientales y en la aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, deberán propender por la adecuada conservación, desarrollo y fortalecimiento de la identidad, idiomas, instituciones y tradiciones sociales y culturales de los pueblos, comunidades y personas indígenas, de conformidad con lo señalado en la ley y en los convenios internacionales ratificados por Chile y que se encuentren vigentes”*.

Posteriormente, el año 2010 se promulga la Ley 20.410 que modifica la Ley 19.300, en la cual se “Crea el Ministerio, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia del Medio Ambiente”. Es el encargado de colaborar en el diseño y aplicación de políticas, planes y programas en materia ambiental, así como en la protección y conservación de la diversidad biológica y de los recursos naturales, renovables e hídricos, promoviendo el desarrollo sustentable, integridad política ambiental y su regulación normativa.<sup>13</sup>

### 1.2. Marco Normativo

#### A) Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA)

La Ley General de Pesca y Acuicultura N° 18.892, promulgada el 22 de noviembre de 1989, es el principal cuerpo legal en materia de pesca y acuicultura, otorgando el marco y lineamiento para conducir medidas de adaptación al cambio climático

Su principal objetivo es *“conservar y el uso sustentable de los recursos hidrobiológicos, mediante la aplicación del enfoque precautorio, de un enfoque ecosistémico en la regulación pesquera y la salvaguarda de los ecosistemas marinos en que existan en sus recursos”*.

---

<sup>13</sup> MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (2023).

B) Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente N°19.300 de 1994

Estipula un marco general de regulación del derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental. Regula los instrumentos de gestión ambiental.

C) Ley Marco de Cambio Climático N°21.455 de 2022

Establece como meta que el país sea carbono neutral y resiliente al clima a más tardar el 2050. Además, busca disminuir las emisiones de gases efecto invernadero que provoca el cambio climático, adaptándose a los impactos que genera.

D) Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC)

Ratificada por Chile en 1994 y su protocolo de Kioto en 2002. Tiene el objetivo de estabilizar las concentraciones de gases efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida efectos peligrosos en el sistema climático. El protocolo de Kioto, a su vez, introdujo compromisos jurídicamente vinculantes de reducción de emisiones asumidos por los países desarrollados.

E) Acuerdo de París

El acuerdo de París entró en vigor el 5 de noviembre de 2016, y fue ratificado por Chile el año 2017. Su objetivo es mantener el incremento de la temperatura global muy por debajo de los 2°C respecto a la era preindustrial y proseguir los esfuerzos para limitarlo a 1,5°C, a su vez, alcanzar el máximo nivel de emisiones lo antes posible y a partir de ese momento reducirlo hasta conseguir la neutralidad en carbono.

F) Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático

Instrumento articulador de la política pública chilena a la adaptación al cambio climático. Entrega los lineamientos para la adaptación y proporciona la estructura operativa para la coordinación y coherencia de las acciones de los diferentes sectores y distintos niveles administrativos territoriales.

G) Programa Oceánico Nacional 2023

El Plan Oceánico Sostenible Chile 2023, desarrollado en el marco del Consejo de Ministros y Ministras, tiene como objetivos, medidas e iniciativas para su materialización, las que en primera instancia, consiste en una priorización de actividades atendiendo un escenario mundial en el que existe cada vez mayor conciencia de que el uso del océano no puede ser indiscriminado y de la necesidad de asumir los desafíos tales como los efectos del cambio climático, la contaminación por plásticos, la depredación de los ecosistemas marinos, el aumento de la piratería, entre otros.

H) Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022

Plan orientado a la implementación efectiva de medidas que se han identificado para adaptarse al cambio climático y para la reducción de la vulnerabilidad del país, contribuyendo al cumplimiento de los compromisos internacionales de Chile ante la CMNUCC.

I) Plan de Adaptación al Cambio Climático en Pesca y Acuicultura 2015

Instrumento articulador que delinea acciones y medidas relativas a políticas públicas y gestión pesquera y acuícola, con el objetivo de fortalecer la capacidad de adaptación del sector al cambio climático.

J) Plan de Acción Regional de cambio climático Región de los Lagos

Es un Plan que consolida la forma en que Chile aborda el fenómeno del cambio climático, de una manera local, enfatizando en las necesidades diferenciadas locales.

## **2. Cambio Climático**

La historia ha demostrado la importancia de la preservación del medio ambiente y de sus recursos marinos y costeros, viéndose representado en una normativa imperativa del Derecho Internacional. Esto explica que actualmente el cambio climático se incluya como norma obligatoria en convenios, acuerdos y declaraciones internacionales, debiendo aplicarse en disposiciones constitucionales y en las leyes especiales sobre la preservación del medio ambiente.

A nivel mundial se ha establecido una estructura de negociación, coordinación e información, siendo los dos foros principales la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC). Este último se estableció el año 1990 por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

En este sentido, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, en su artículo 1° lo define como un “*cambio atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables*”.

El año 2012 el Banco Mundial<sup>14</sup> indicó sobre la probabilidad que la temperatura media global pueda aumentar 4° C durante el siglo XXI, causando episodios de calor, sequías, inundaciones y consecuencias para los ecosistemas y servicios que otorgan suministro alimentación y agua, servicios de regulación de suelo, etc., además el hecho de que “*La atmósfera y el océano se han calentado, los volúmenes de nieve y hielo han disminuido, el nivel del mar se ha elevado y las concentraciones de gases de efecto invernadero han aumentado*”<sup>15</sup>, han generado preocupación por enfrentar el cambio climático, ocasionando un fuerte impacto en todo lo que nos rodea, por ejemplo en poblaciones, infraestructura, economía, agua, energía, entre otros<sup>16</sup>, pudiendo ser considerado como amenaza, debido a que puede poner en riesgo el desarrollo de los países y la integridad ecosistémica a nivel mundial.<sup>17</sup>

A recomendación del IPCC, la CMNUCC ha desarrollado dos ejes los cuales consideran estratégicos para hacer frente a los desafíos planteados, los cuales son, mitigación y adaptación.

---

<sup>14</sup> BANCO MUNDIAL (2022).

<sup>15</sup> IPCC (2014).

<sup>16</sup> LA ECONOMÍA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (2018).

<sup>17</sup> PLAN NACIONAL DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO (2014).

En primera instancia, la mitigación consiste en disminuir las Emisiones de los Gases Efecto Invernadero (GEI) o *“incrementar la absorción de dióxido de carbono a la atmósfera mediante sumideros”*<sup>18</sup>, no obstante, si bien es considerando prescindible reducir las emisiones GEI, la mitigación por sí sola no es suficiente, ante esto, se debe contar con medidas de adaptación. Respecto a la adaptación, el IPCC (2014) lo define como: *“Un proceso de ajustes al clima y sus efectos actuales o esperados. En sistemas humanos, adaptación busca moderar o evitar impactos negativos o aprovechar los efectos beneficiosos. En algunos sistemas naturales, intervenciones del hombre podrían facilitar los ajustes al clima y sus efectos esperado”*.

Por otro lado, en el informe “Cambio climático 2014, informe de síntesis resumen para responsables de políticas”<sup>19</sup>, señala las simulaciones a cambios basados en un escenario de forzamientos antropógenos, las trayectorias de concentración representativas, (denominados RCP “Representative Concentration Pathways”<sup>20</sup>), el cual consideró las concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera, evaluando en diversas regiones, finalmente indicando que:

*“En todos los escenarios de emisiones evaluados, las proyecciones señalan que la temperatura en superficie continuará aumentando a lo largo del siglo XXI. Es muy probable que las olas de calor ocurran con mayor frecuencia y duren más, y que los episodios de precipitación extrema sean más intensos y frecuentes en muchas regiones. El océano se seguirá calentando y acidificando, y el nivel medio global del mar continuará elevándose”*.

Ante lo mencionado, surge la urgencia de contar con planes y estrategias sectoriales que puedan enfrentar las consecuencias con medidas de adaptación<sup>21</sup>, y a su vez, que las causas del cambio climático puedan ser atacadas con medidas de mitigación a las emisiones GEI.

---

<sup>18</sup> PLAN NACIONAL DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO (2014), p. 11.

<sup>19</sup> IPCC (2014).

<sup>20</sup> IPCC (2019).

<sup>21</sup> PLAN NACIONAL DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO (2014), p. 7.

## 2.1. Cambio climático y el océano

El océano es fundamental para la humanidad, entre ello, porque proporciona el 55% del oxígeno que se respira producto de la vegetación marina, además de mantener 23% de la biodiversidad del planeta, teniendo un impacto directo en la vida del ser humano<sup>22</sup>. Durante los últimos años ha capturado entre el 20% y el 30% del exceso de carbono como CO<sub>2</sub><sup>23</sup>, y almacena más del 90% del calor adicional atrapado en la tierra como consecuencia de las emisiones de carbono generadas por la actividad humana.<sup>24</sup>

Según el IPCC (2014), el cambio climático ha generado la modificación de las características oceanográficas, de las costas y de sus ecosistemas, manifestado en características físicas (variaciones en la temperatura del mar, nivel del mar, modificación en las corrientes marinas) y biogeoquímicas (grado de acidez del agua, contenido de oxígeno, concentración de nutrientes, entre otros), ambas claves para la magnitud y distribución de la producción primaria (algas) y secundaria (organismos marinos). Entre las modificaciones, se ha apreciado que la parte superficial del océano se ha calentado y esto ha generado cambios en los ecosistemas marinos<sup>25</sup>, tales como fenómenos relacionados con el cambio en los patrones de intensidad de lluvias, vientos, y corrientes superficiales<sup>26</sup>, incremento de marejadas anormales<sup>27</sup>, aumento en el nivel del mar producto del derretimiento de hielos a escalas globales, desplazamientos y erosiones de costa<sup>28</sup>, incremento en la intensidad y frecuencia del fenómeno de El Niño<sup>29</sup>, generación de tormentas más intensas<sup>30</sup> y cambio en la fuerza del viento y surgencia<sup>31</sup>. Producto de esto, se ha visto afectada la biodiversidad de los océanos, compuesta principalmente por

---

<sup>22</sup> COMITÉ CIENTÍFICO COP25 (2019).

<sup>23</sup> NACIONES UNIDAS (2022).

<sup>24</sup> ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL (2022).

<sup>25</sup> RAHMSTORF ET AL., (2007).

<sup>26</sup> FALVEY Y GARREAU (2009).

<sup>27</sup> CABA (2016).

<sup>28</sup> LEVITUS ET AL., (2012).

<sup>29</sup> CAI ET AL., (2015).

<sup>30</sup> KNUTSON ET AL., (2010)

<sup>31</sup> BAKUN Y WEEKS (2004).

pescado y recursos marinos, los que son altamente nutritivos y proporcionan nutrientes que otros alimentos no aportan<sup>32</sup>.

A continuación, se describirán procesos que ocurren en los océanos, incrementados por el cambio climático, según lo indicado en el Comité Científico COP25 (2019):

1. **Surgencia Costera:** Proceso oceanográfico ocurrido en los bordes orientales de los océanos, el que se refiere a un ascenso de agua hacia la superficie producto del estrés que ejerce el viento a lo largo de las costas sobre la superficie del océano. Generalmente la dirección es sur o suroeste, produciendo ascenso o afloramiento de agua desde capas profundas hacia la superficie. Estas aguas se caracterizan por ser frías, ácidas, bajas en oxígeno y ricas en nutrientes. Al ser ricas en nutrientes fertilizan la capa superior del océano y generan aumento de fitoplancton y productividad en los océanos, por eso las zonas influenciadas por surgencia, sustentan las pesquerías más importantes.
2. **Desoxigenación del océano:** Pérdida de oxígeno disuelto generado por el aumento de la temperatura del planeta y por otros mecanismos físicos y biológicos. En cuanto a procesos físicos, la solubilidad de gases en el agua del mar se relaciona indirectamente con la temperatura, es decir, a mayor temperatura, menos oxígeno queda disuelto en el agua. Por otro lado, un factor que afecta a la concentración del oxígeno es la mezcla vertical, identificada como la posibilidad de que el agua superficial en contacto con la atmósfera y el oxígeno pueda mezclarse o “ventilar” aguas más profundas. El incremento de la estratificación vertical impacta procesos que controlan la circulación oceánica y distribución del oxígeno en el océano. Otro factor, es que el aumento de la temperatura causa un aumento en el metabolismo animal (zooplancton) y en la tasa de consumo de oxígeno en el océano.
3. **Acidificación del océano:** Se define como el progresivo incremento de su acidez (disminución del pH), causado básicamente por la captura de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) atmosférico por parte del océano. El pH global de la superficie del océano ha disminuido desde 8.2 (era preindustrial) a 8,1

---

<sup>32</sup> AVDALOV (2014), p. 30.

(alrededor de un 30% en acidez del océano). Para el año 2100 se proyectan valores de pH entre 7.8 y 7.9, representando el doble en acidez. Este fenómeno modifica la química de los carbonatos del agua del mar, generando la disolución de carbonatos ( $\text{CaCO}_3$ ) presentes en organismos tales como corales, moluscos, microalgas calcáreas que viven el océano. Como consecuencia de la acidificación, los organismos deben gastar más energía para regularse, pudiendo implicar menos energía para usarla a sus procesos biológicos, tales como crecimiento, reproducción o adaptación al estrés ambiental. Un cambio de 0,3 - 0,4 unidades de pH (acidificando) puede ser drástico para organismos marinos calcificadores, debido a que estos organismos utilizan el carbonato de calcio para construir sus conchas o exoesqueletos como estructuras de soporte y protección (almejas, ostiones, peces, choritos y colares). También puede verse afectadas algunas algas, como las diatomeas, las que tienen capacidad de asimilar el dióxido de carbono y  $\text{HCO}_3$  de forma simultánea. Se estima que producto de la acidificación se observarían cambios en el número de especies y abundancia de otros organismos, pudiendo afectar el desarrollo de la pesquería y acuicultura, además un nuevo aspecto poco conocido relaciona el descenso del pH en el agua con la capacidad de las aguas oceánicas para absorber el sonido, pudiendo generar consecuencias para los mamíferos marinos que utilizan la transmisión de sonido en el agua de mar (ecolocación) y también para todos los sistemas que utilizan tecnología acústica, tales como sonares o aparatos para detectar presencia de movimientos telúricos.

4. Eutrofización: Crecimiento excesivo de algas y bacterias (generalmente verdes) debido al exceso de nutrientes causado por fertilizantes, sedimentos, desechos o aguas servidas. Se asocia con proliferaciones de microalgas capaces de hacer fotosíntesis, disminuciones de oxígeno en el agua, mortalidad masiva de peces y crustáceos y proliferación de especies de pocos predadores como medusas. El proceso comienza con una carga de nutrientes generando un desequilibrio en los ciclos, cuyo origen puede ser antrópico (humano, plantas tratamientos, cultivos, etc.), lo que estimula la producción biológica y proliferación de fitoplancton. A medida que aumenta, cubre una mayor superficie del océano produciendo disminución de luz y aumento de la turbiedad del agua. Posteriormente, consume oxígeno

hasta niveles hipóxicos (deficientes de oxígeno), pudiendo general mortandad masiva. Además, puede aumentar los niveles de dióxido de carbono en el agua contribuyendo a la acidificación del océano.

Estos factores mencionados, afectan directamente en el océano y por ello a los recursos marinos y al ser humano, poniendo en riesgo los procesos y actividades que dependen de él, tales como la alimentación, economía mundial y turismo<sup>33</sup>, de igual manera, incluye la amenaza a la vida, a la salud, bienestar, ecosistemas, especies, economía, cultura e infraestructura, producto de factores que afecten los recursos marinos.

### *2.1.1. Cambio climático y recursos marinos*

Dentro de los impactos evidenciados en los recursos marinos, tales como la pesca y acuicultura a nivel mundial, se ha identificado el desplazamiento de stock y aumento de mortalidad de especies poco resistentes a alteraciones ambientales, a su vez, ha aumentado la floración de algas nocivas (FAN), marea roja y varazones de especies marinas<sup>34</sup>.

La situación mencionada genera preocupación considerando que aproximadamente tres cuartas partes del planeta corresponden a océanos y mares compuestos por ecosistemas marinos<sup>35</sup>, los que producen oxígeno y recursos hidrobiológicos, muchos los cuales son base para la alimentación de los seres humanos.

En 127 países en desarrollo, el pescado aporta cerca del 20% de la ingesta de proteínas animales<sup>36</sup>, pudiendo alcanzar el 90% en zonas costeras o países insulares, y los ecosistemas costeros producen casi el 80% de las 13.200 especies conocidas de peces del 90% de las pesquerías mundiales<sup>37</sup>. Además, gran parte de la población habita en sectores costeros, siendo el océano, generador de recursos económicos y laborales, a través de actividades tales como la pesca y acuicultura, transporte, turismo y comercio internacional<sup>38</sup>.

---

<sup>33</sup> IPCC (2022).

<sup>34</sup> PLAN DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO PARA PESCA Y ACUICULTURA (2015), p. 8.

<sup>35</sup> FUNDACIÓN AQUAE (2021).

<sup>36</sup> FAO (2017).

<sup>37</sup> COMITÉ CIENTÍFICO COP25 (2019).

<sup>38</sup> SOTO Y QUIÑONES (2013).

Estos factores destacan la importancia de la pesca y los recursos marinos, siendo fundamental para el desarrollo económico de un país al generar más de 150 millones de trabajos en pesca y acuicultura, además de otros trabajos indirectos de actividades relacionadas con el mar. Se estima que 43,5 millones de personas son empleadas producto de la pesca y acuicultura, de las cuales más de 90% son pequeños pescadores<sup>39</sup>.

Según lo señalado por el IPCC (2014), las principales consecuencias del cambio climático sobre la pesca y recursos marinos son:

- A) El cambio climático y sus efectos sobre la acidez de los océanos están alterando los ecosistemas marinos e impactan en forma negativa la pesca y acuicultura.
- B) Desplazamiento de stocks y aumento de la mortalidad de crustáceos y moluscos, debido a la acidificación marina.
- C) Gravedad por sobreexplotación, contaminación y pérdida de hábitats.
- D) Disminución de arrecifes de coral, teniendo consecuencias negativas para pesquerías costeras.
- E) Acuicultura afectada por aumento en la frecuencia, magnitud de tormentas o inundaciones.
- F) Generación de “zonas muertas” y zonas con excesiva proliferación de micro algas tóxicas.
- G) El fenómeno El Niño Oscilación del Sur (ENOS), siendo el factor más importante en la variabilidad interanual en el clima de la región y condiciones oceanográfico de sus ecosistemas, controlando la abundancia y distribución de organismos marinos. La fase cálida del ENOS, se manifiesta por aumento en la temperatura superficial del mar y disminución de los vientos alisios en el lado este del Océano Pacífico. La fase inversa, conocida como La Niña, se caracteriza por presentar temperaturas marinas superficiales más frías e intensificación de los vientos alisios en el mismo sector.
- H) Emigración, inmigración, natalidad, mortalidad y crecimiento individual de la biomasa de poblaciones marinas.

---

<sup>39</sup> FAO (2022).

Los océanos se encuentran en un riesgo elevado de agotamiento de oxígeno, por lo que los peces crecerán lentamente, disminuirán de tamaño o se reproducirán menos<sup>40</sup>. Por lo tanto, el cambio climático no solo provoca pérdida de recursos biológicos, sino que además dificulta la autorregulación y conservaciones, sometiendo a estrés a los recursos biológicos acostumbrados a vivir bajo un determinado clima, causando la desaparición o bien la migración de muchas especies<sup>41</sup>, modificando el área de distribución, abundancia y ciclo de vida de los recursos marinos, entre ellos los pesqueros. Mientras la temperatura del mar aumenta, los peces migran buscando la temperatura del agua para la que están adaptados y la comida para sobrevivir, por otro lado, se produce derretimiento de los glaciares, generando un aumento en el nivel del mar y causando la desaparición del hábitat natural de animales como focas u osos polares<sup>42</sup>. Los resultados de modelos ecosistémicos indican que recursos pelágicos (especies que viven en aguas medias o cerca de superficie), como anchoveta y sardina común, se verían disminuidas en su abundancia generando una pérdida de hábitat al año 2055<sup>43</sup>. Igualmente, se espera que recursos como el jurel y el pez espada se distribuyan más al sur<sup>44</sup>.

La última información publicada por las Naciones Unidas advierte que más de la mitad de las especies marinas mundiales podrían encontrarse al borde de la extinción para 2100; con el actual aumento en la temperatura de 1,1°C se calcula que alrededor de 60% de los ecosistemas marinos mundiales han comenzado a degradarse, mientras que el aumento a 2°C significaría casi un 100% de pérdidas<sup>45</sup>. Asimismo, indicó sobre el peligroso deterioro de la naturaleza, señalando que el 66% del medio marino ha sido alterado por acciones humanas<sup>46</sup>.

Ante esto surge la necesidad de generar un desarrollo sostenible, el que se entiende como uso de los recursos naturales y transformación del entorno, para satisfacer las necesidades del presente sin comprometer a las generaciones futuras<sup>47</sup>. Se puede decir que el

---

<sup>40</sup> LÖVIN (2022).

<sup>41</sup> NACIONES UNIDAS (2021).

<sup>42</sup> COMITÉ CIENTÍFICO COP25 (2019).

<sup>43</sup> CAMBIO CLIMÁTICO EN CHILE (2020).

<sup>44</sup> COMITÉ CIENTÍFICO COP25 (2019).

<sup>45</sup> NACIONES UNIDAS (2021).

<sup>46</sup> NACIONES UNIDAS (2023).

<sup>47</sup> NACIONES UNIDAS (1987).

desarrollo sostenible es el arma para combatir el cambio climático. Para esto se han planteado estrategias tales como incluir energía renovable, soluciones para reducir emisiones y aumentar esfuerzos de adaptación.

### **3. Cambio Climático y recursos marinos en Chile**

Chile posee un vínculo histórico con el océano, debido a que el 96% del comercio exterior se transporta por vía marítima, tiene una de las Zonas Económicas Exclusiva<sup>48</sup> (ZEE) más grandes del mundo, el 43,1% de la ZEE se encuentra bajo alguna categoría de protección y tiene una de las mayores áreas de Responsabilidad de Búsqueda y Salvamento Marítimo (SAR) del mundo (aproximadamente 27 millones de km<sup>2</sup>)<sup>49</sup>, además, posee más de 4.300 km de costa y con alrededor de 5.000 islas e islotes<sup>50</sup>.

Con motivo de la cumbre de acción climática “COP25”, se impulsó la organización del “comité científico” que reúne a más de 550 investigadores chilenos del cambio climático, buscando contribuir directamente al conocimiento éste, asimismo, se creó el documento “Cambio climático: 50 preguntas y respuestas”<sup>51</sup>, del cual se puede sintetizar las siguientes ideas claves, respecto a la importancia del océano y los recursos marinos para Chile:

*“El océano cumple un rol fundamental en el clima de la tierra, debido a que cubre aproximadamente el 72% de la superficie del planeta con una profundidad promedio de 3070 m. El océano regula el clima, absorbiendo el calor y capturando el carbono, además de producir el oxígeno y albergar la mayor biodiversidad del planeta, siendo utilizado como corredores de migración para especies marinas”.*

Ante esta situación y considerando que el mar chileno se extiende sobre aproximadamente 4.000 km de norte a sur, albergando 96 ecosistemas marinos en 14 eco regiones<sup>52</sup>, se hace necesario regular, generar políticas, planes de adaptación y regulaciones ante el cambio climático, específicamente enfocados al océano.

---

<sup>48</sup>CONVENCIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL DERECHO DEL MAR (1982).

<sup>49</sup>PROGRAMA OCEÁNICO NACIONAL (2023).

<sup>50</sup>SERNAPESCA (2021).

<sup>51</sup>COMITÉ CIENTÍFICO COP25 (2019).

<sup>52</sup>PLAN NACIONAL DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO PARA PESCA Y ACUICULTURA (2015).

Con el paso de los años, Chile ha ratificado convenios internacionales los cuales crean la obligación de proteger y preservar el medio marino desarrollando estrategias para la protección y conservación de la biodiversidad y el manejo sustentable de los recursos hidrobiológicos, incluso más allá de la ZEE, según lo indicado en el Acuerdo para promover el Cumplimiento de las Medidas Internacionales de Conservación y Ordenación para los Buques Pesqueros que Pescan en Alta Mar de FAO, 1992.

Considerando lo anteriormente planteado, el 1 de diciembre de 2014, aprobado por el Consejo de Ministros para la sustentabilidad y medio ambiente y elaborado por el Departamento de Cambio Climático del Ministerio de Medio Ambiente, se publicó el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, motivado por una creciente preocupación para enfrentar los impactos del Cambio Climático en el país, y teniendo por objeto enfrentar las amenazas de este fenómeno con medidas de adaptación y las causas, con medidas de mitigación, considerado que generan un fuerte impacto sobre *“las poblaciones afectadas, la infraestructura, la economía, la distribución de agua y energía, entre muchos aspectos, tanto a nivel local como nacional”*.<sup>53</sup>

Posteriormente, el año 2015 se aprobó por el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad, el Plan de Adaptación al Cambio Climático para Pesca y Acuicultura, el que señalaba la importancia del océano para el planeta, creado como marco general nacional para implementar la estrategia de política pública en materia de adaptación al cambio climático, en el ámbito de Pesca y Acuicultura, con el objeto de promover la participación y coordinación de grupos de interés<sup>54</sup>.

Sin embargo, es necesario considerar y tener en cuenta que Chile es un país vulnerable al cambio climático<sup>55</sup>, producto de su geografía, las áreas de borde costero de baja altura, sus zonas áridas, semiáridas, zonas con cobertura forestal, zonas expuestas al deterioro

---

<sup>53</sup> PLAN NACIONAL DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO (2014).

<sup>54</sup> PLAN ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO PARA SECTOR PESCA Y ACUICULTURA (2015).

<sup>55</sup> CALDERÓN (2019).

forestal, propenso a los desastres naturales, a la sequía y desertificación, zonas con contaminación atmosférica y ecosistemas frágiles<sup>56</sup>.

Recientemente, Soto et. al., (2019), describieron los principales ejes vulnerables de la salmonicultura en Chile asociado al cambio climático. Este estudio determinó que los principales riesgos en Chile están asociados a la disminución de precipitaciones, el incremento en la temperatura del mar, y la disminución de oxígeno en la columna de agua, lo que generaría el florecimiento de algas nocivas en mayor cantidad. Los ecosistemas marinos y su biodiversidad asociada proporcionan bienes y servicios ecosistémicos<sup>57</sup>.

Dulvy et. al., (2003) señalan que, los ecosistemas regionales y las comunidades de peces costeros<sup>58</sup> y oceánicos<sup>59</sup> están sufriendo extinciones locales, padeciendo cambios en su estructura, tamaño y perdiendo grupos funcionales completos. Los cambios en la biodiversidad marina son causados directamente por estresores como el cambio climático, la sobre explotación, la contaminación y la destrucción del hábitat<sup>60</sup>, o indirectamente producto por la acidificación del océano<sup>61</sup>.

Veliz (2023), revela que el cambio climático pone en riesgo la pesca artesanal de Chile y Perú. En su estudio explica que existen especies que producto del cambio climático y sus efectos, podrán migrar y ajustarse a un nuevo habitat, mientras que hay otras de poca movilidad que terminarán por extinguirse. Producto de las amenazas a las cuales están expuestas las especies marinas, tales como la sobreexplotación, que está reduciendo las biomásas en las poblaciones, y la contaminación. Aparte de esto, está el efecto del cambio climático en la fisiología y distribución de las especies. Parouffe et., al (2023), concluyen que existen zonas que presentarán un gran efecto, así como también otras que se encontrarán en “zona segura”, con una variación menor de temperaturas, estas zonas estarán ubicadas en la costa norte de Chile.

---

<sup>56</sup> SEGUNDA COMUNICACIÓN NACIONAL DE CHILE ANTE LA CONVENCION MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO (2011).

<sup>57</sup> WORM ET AL., (2009).

<sup>58</sup> JACKSON ET AL., (2001).

<sup>59</sup> WORM ET. AL., (2005).

<sup>60</sup> BUSCHMANN ET AL., (2019).

<sup>61</sup> PANDOLFI ET AL., (2003).

Además, señalan que, con los efectos del cambio climático, las especies marinas enfrentan múltiples amenazas<sup>62</sup>, dentro de las cuales la desoxigenación marina puede ser la más amenazante teniendo consecuencias perjudiciales<sup>63</sup>, particularmente en los sistemas de afloramiento altamente productivos en la frontera oriental que albergan zonas mínimas de oxígeno extendidas (OMZ, por sus siglas en inglés)<sup>64</sup>, observándose, además, ampliaciones de las zonas de mínimo oxígeno, que existen en el Pacífico suroriental frente a Perú y Chile<sup>65</sup>.

Por otro lado, Morales et. al., (2020), es coincidente con lo que señala el IPCC ya que, indican que el continuo intercambio entre sistemas atmosféricos y oceánicos son determinantes en el comportamiento del clima y su variabilidad, generando impactos los cuales están considerando principalmente asociados al cambio climático en el territorio costero chileno, los que, en un escenario de aumento sostenido de la temperatura en la atmósfera a escala global, debieran generar los siguientes efectos:

1. Aumento en la temperatura de las aguas más superficiales.
2. Mayor estratificación de las masas de agua, haciendo los procesos de mezcla vertical menos eficiente.
3. Disminución del O<sub>2</sub> disuelto en el agua (su solubilidad aumenta con la temperatura), reduciendo la concentración en aguas oceánicas, generando impactos en el plancton<sup>66</sup> y las pesquerías
4. Reducción del intercambio de O<sub>2</sub> de aguas superficiales a aguas profundas y viceversa.
5. Aumento del nivel del mar.
6. Cambio en la frecuencia e intensidad de temporales y marejadas.

En el mismo estudio se señala que también que se han alterado los balances geoquímicos en los océanos, con efectos en el pH, en el ciclo del carbono y por ende en las especies marinas.

---

<sup>62</sup> LEVIN (2018).

<sup>63</sup> SAMPAIO ET AL., (2021).

<sup>64</sup> GARCON ET AL., (2019).

<sup>65</sup> KEELING ET AL., (2010).

<sup>66</sup> BIOSFERA (2018).

Se debe tener en cuenta, que el Pacífico Sureste (SEP), alberga una de las OMZ más grandes, como resultado de la débil ventilación de las aguas, combinada con las tasas de descomposición microbiana orgánica. Aun no existen registros si esta zona sufrirá modificaciones, pero sí las proyecciones coinciden con un calentamiento, que generará un patrón similar a un fuerte episodio de El Niño<sup>67</sup>. El aumento de la temperatura superficial produce una mayor estratificación vertical, un fenómeno ya observado<sup>68</sup>. Este aumento de la estratificación altera las dinámicas oceánicas y por ende los ecosistemas marinos<sup>69</sup>, lo que se ha observado mediante la distribución de recursos producto del aumento de temperatura<sup>70</sup>.

El SEP y la OMZ albergan gran número de especies objetivo de la pesca artesanal, siendo las pesquerías artesanales las que sustentan las economías locales de Chile y Perú<sup>71</sup>, por este motivo se convierten en vulnerables a la variabilidad climática<sup>72</sup>.

La OMZ es una zona de baja concentración de oxígeno, sin embargo, son aguas ricas en nutrientes que al llegar a la superficie fertilizan las capas superiores del océano, estimulando la producción por medio de fotosíntesis (permitiendo el aumento de peces). Este proceso es conocido como surgencia, sin embargo, la expansión de estas zonas por sobre sus límites naturales puede producir impactos negativos en los ecosistemas<sup>73</sup>.

Montes (2019), indicó:

El proceso de surgencia, que en condición normal puede ser beneficioso, podría convertirse en perjudicial, al considerar que:

“En 6000 m. de profundidad, los primeros 100 m. están muy oxigenados, pero ya a los 1000 m. el oxígeno es muy bajo, en el primer estrato hay fitoplancton que captura el CO<sub>2</sub> de la atmósfera. Al momento en que las aguas profundas, ricas en nutrientes

---

<sup>67</sup> CAI ET AL., (2021); DEWITTE ET AL (2021).

<sup>68</sup> LIAO ET AL., (2021).

<sup>69</sup> SANTANA-FALCÓN Y SÉFÉRÍAN (2022).

<sup>70</sup> PERRY ET AL., (2005); PINSKY ET AL., (2013); POLOCZANSKA ET AL., (2016); CHEUNG ET AL., (2009).

<sup>71</sup> MENDO ET AL., (2020).

<sup>72</sup> CARTENSEN ET AL., (2010).

<sup>73</sup> CARRERE (2019).

suben a la superficie, aceleran el proceso de fotosíntesis generando mucho oxígeno. Al mismo tiempo, crean biomasa porque el fitoplancton es consumido por productores secundarios que a su vez continúan la cadena alimenticia hasta las especies que son consumidas por el ser humano. Pero no toda la materia orgánica que se genera en este estrato se consume. Parte de ella baja en la columna de agua, se sedimenta en la profundidad donde ya no puede ser consumida por peces, sino que es degradada por bacterias, quienes también consumen oxígeno. Ahí es donde se genera la zona mínima de oxígeno. Luego viene la surgencia que bombea el agua hacia la superficie y el ciclo vuelve a repetirse. Eso siempre ha existido, la desoxigenación, sin embargo, la ampliación de las zonas mínimas de oxígeno es producto de la intervención humana”.

Asimismo, con motivo de poder analizar y estudiar la resiliencia de las pesquerías en un escenario de cambio climático, el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), mantiene un Sistema de Alerta, Predicción y Observación (S.A.P.O.), a través del cual corrobora que producto del incremento de CO<sub>2</sub> en la atmósfera y el aumento de temperatura en el sistema atmósfera-tierra-océano, se están alterando los patrones naturales de variabilidad de los ecosistemas e incrementando la incerteza de la sostenibilidad y disponibilidad de recursos pesqueros<sup>74</sup>, reafirmando la implicancia que tendría en los productos marinos, el aumento de emisiones gases efecto invernadero.

Lo mencionado anteriormente genera la necesidad de poder crear políticas y gestiones respecto al cambio climático y los recursos marinos; en complemento, San Martín (2019), que el cambio climático y la acidificación, además de la variación de temperatura, aumento nivel del mar, corrientes marinas, frecuencia e intensidad de eventos extremos, precipitaciones, están teniendo directamente impactos en la pesca y acuicultura, por lo que es de suma urgencia integrar el cambio climático en la política y gestión pesquera, siendo necesario fortalecer la política pública nacional sectorial en esta materia, promoviendo el fortalecimiento institucional, mejorando el conocimiento científico y la capacidad de adaptación de la pesca y acuicultura al cambio climático, considerando un proceso de investigación para el conocimiento sobre el impacto y escenario nacional, difundiendo para lograr conciencia, mejorar el marco normativo, político y administrativo debiendo abarcar los desafíos y oportunidades, considerando los actores a nivel nacional

---

<sup>74</sup> LAFFOLEY Y BAXTER (2016).

y regional, para así poder reducir la vulnerabilidad e impacto del cambio climático en las actividades marítimas.

Además, señala que, dentro del fortalecimiento de la capacidad de adaptación al cambio climático en el sector pesquero y acuícola chileno, se encuentran cuatro componentes fundamentales:

1. Fortalecimiento de las capacidades institucionales públicas y privadas; esperando contar con una mejor y mayor capacidad de las instituciones públicas y privadas para implementar / mejorar la adaptación al cambio climático en el sector pesquero y acuícola.
2. Mejoramiento de la capacidad de adaptación de la pesca y acuicultura local; esperando que los actores locales (pescadores), establezcan sistemas pesqueros y acuícolas más adaptados y resilientes e incrementando su capacidad de adaptación.
3. Fortalecimiento del conocimiento y sensibilización sobre el cambio climático en las comunidades pesqueras y acuícolas; esperando que las comunidades costeras locales sensibilizadas estén preparadas y en conocimiento para adaptarse a los efectos.
4. Monitoreo, evaluación y disseminación de información; esperando documentar los logros del proyecto, en materia de sostenibilidad, lecciones aprendidas y buenas prácticas.

Respecto a los eventos de Floraciones de Algas Nocivas (FAN), se estima que el cambio climático podría incrementar la ocurrencia (proliferaciones exorbitantes de una o varias microalgas en alta concentración). La ocurrencia de FAN ha incrementado mundialmente en las últimas décadas, siendo el cambio climático uno de los factores involucrados<sup>75</sup>. Se identifica con que ocurre frecuentemente en períodos más cálidos en el océano. En Chile, en el año 2016, las floraciones tóxicas de *Pseudochattonella* y *Alexandrium catenella* coincidieron con un evento climático asociado al fenómeno de “El Niño”, que estuvo

---

<sup>75</sup> COMITÉ CIENTÍFICO COP25 (2019).

relacionado con la FAN ocurrida en año 2015-2016, lo que causó la mortalidad de aproximadamente 40.000 toneladas de peces en la Región de los Lagos<sup>76</sup>.

La surgencia y el Niño son relevantes para la pesquería, evidenciándose en los últimos años un aumento en la intensidad y frecuencia de las marejadas a lo largo de todo Chile<sup>77</sup>.

### **3.1. El Niño, Oscilación del Sur (ENOS)**

El Fenómeno conocido como “El niño”, se refiere a una corriente cálida que atraviesa gran parte del pacífico oriental, alcanzando las costas de Perú y Ecuador, además de Chile<sup>78</sup>. Por lo general, se da en ciclos erráticos de tres a ocho años y se acompaña de fuertes precipitaciones. Modelos climáticos basados en temperatura superficial del mar (TSM), suelen mostrar aumento en la intensidad y frecuencia de este fenómeno producto del cambio climático<sup>79</sup>. Este aumento de temperatura provoca que peces pelágicos se alejen de la costa buscando aguas más frías<sup>80</sup>. Este proceso se produce tras la debilitación de la corriente fría de Humboldt, provocando un calentamiento de las aguas, además de aumento en la temperatura del aire, lluvias abundantes, entre otras<sup>81</sup>.

Por otro lado, el fenómeno de La Niña es un fenómeno que forma parte del ciclo natural global del clima, y puede durar de 9 meses a 3 años, siendo más fuerte mientras menor es su duración<sup>82</sup>, se caracteriza por un fortalecimiento de los vientos alisios, lo que genera un debilitamiento de la corriente contra ecuatorial, ocasionando que la afluencia de las aguas cálidas provenientes de las costas asiáticas afecten poco las aguas del pacífico de América, arrastrando aguas frías que disminuyen las temperaturas en el Océano Pacífico.

---

<sup>76</sup> SANDOVAL (2016).

<sup>77</sup> COMITÉ CIENTÍFICO COP25 (2019).

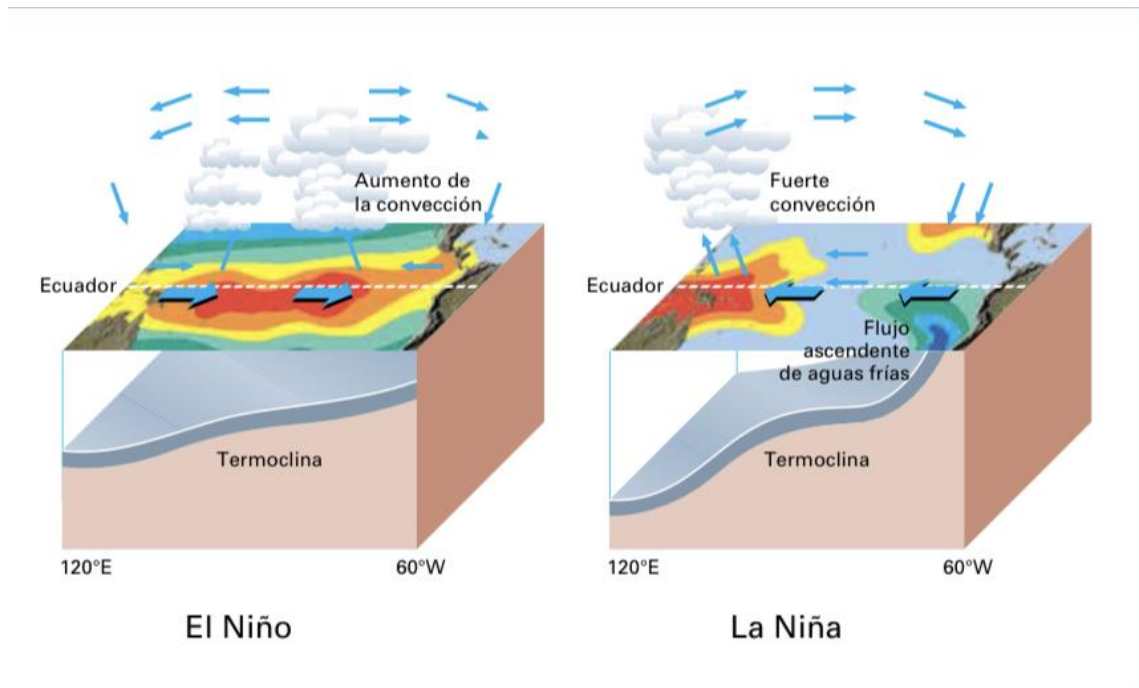
<sup>78</sup> COMITÉ CIENTÍFICO COP25 (2019).

<sup>79</sup> COMITÉ CIENTÍFICO COP25 (2019).

<sup>80</sup> GORNY (2023).

<sup>81</sup> ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL (2014).

<sup>82</sup> ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL (2014).



**Imagen 1: Configuración habitual de la circulación durante El Niño y La Niña**

**Fuente: METEORED (2020)**

A través de la imagen número 1, se puede apreciar que entre longitudes 120° E y 60°W, durante condiciones normales de El Niño, se produce un fenómeno de calentamiento, mientras que La Niña, de enfriamiento en las costas del Océano Pacífico. El Niño genera consecuencias tales como la debilitación los vientos del este o vientos alisios, aumento de precipitaciones en la parte sur y este del océano, provocando cambios en el mar, temperaturas y precipitaciones<sup>83</sup>.

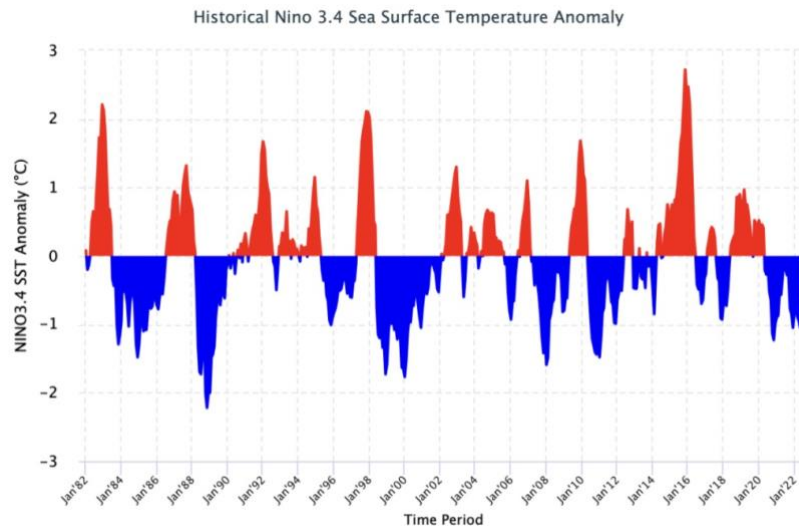
Considerando que El Niño es un fenómeno de calentamiento, se prevé un aumento de temperaturas en los períodos de su ocurrencia, “Existe una probabilidad del 93% de que al menos un año entre el 2023 y 2026 sea el más cálido registrado, y una probabilidad del 50% de que la temperatura global alcance temporalmente una subida del 1,5°C por encima de la media en la era preindustrial”<sup>84</sup>. Durante los últimos ocho años, pese al fenómeno de La Niña, el año 2016 se registró como uno de los períodos más cálidos registrados, debido a las consecuencias del cambio climático<sup>85</sup>. Las anomalías positivas de temperatura superficial del mar, (el Niño), se asocian al hundimiento de la termoclina y

<sup>83</sup> BBVA (2023).

<sup>84</sup> ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL (2022).

<sup>85</sup> NACIONES UNIDAS (2023).

reducción de la surgencia costera, mientras que las anomalías negativas (La niña), de temperatura superficial del mar, se asocian a la elevación de la termoclina y fortalecimiento de la surgencia<sup>86</sup>.



**Imagen 2: Gráfico de evolución El Niño y La Niña**  
**Fuente: CLIMATE DATA LIBRARY (2022)**

En la imagen número 2, se encuentra un histórico con las temperaturas superficiales relacionadas con el fenómeno de El Niño y La Niña. La temperatura registrada en el año 2016 refleja un aumento de casi 3°C en la temperatura, coincidiendo con el año que ha sido considerado como el “período más cálido registrado”<sup>87</sup>.

#### **4. Efectos en la Región de los Lagos y recursos marinos**

La Región de Los Lagos se ubica entre los paralelos 40°15' y 44°14' S y entre las coordenadas 74°49' a 71°34' W. Posee 716.739 habitantes, distribuidos en cuatro provincias, Osorno; Chiloé; Palena y Llanquihue<sup>88</sup>. Posee una superficie aproximada de 48.583,6 km<sup>2</sup> y una población regional de 828.708<sup>89</sup>. La región se caracteriza por ser la

<sup>86</sup> COMITÉ OCEANOGRÁFICO NACIONAL DE CHILE (2004).

<sup>87</sup> NACIONES UNIDAS (2023).

<sup>88</sup> SEREMI DE MEDIO AMBIENTE (2014).

<sup>89</sup> PLAN DE ACCIÓN REGIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO DE LA REGIÓN DE LOS LAGOS (2023).

Región de mayor producción acuícola del país<sup>90</sup>. Las pesquerías de la zona centro sur de Chile son las más importantes del país, con alrededor del 45% del total nacional<sup>91</sup>.

Su economía regional se basa en actividades agrícolas, silvícolas y pesca, las que consideran procesos de industrialización y considerando las características costeras, la Región de Los lagos reúne a gran cantidad de agentes artesanales, los que reflejan la importancia de la actividad pesquera en la región, teniendo una alta presencia acuícola, personal marítimo y recursos marinos<sup>92</sup>.

El Registro Pesquero Artesanal (RPA) de la región, representa un 36% a nivel nacional, siendo considerado una de las regiones más importantes con relación al tráfico marítimo. Además, durante el año 2020, se desembarcó el 46,6% aa nivel nacional, presentando la mayor cifra a nivel nacional, con un total de 213.326 toneladas. En cuanto a la exportación, el 64,5% de los salmones frescos y congelados que se exportaron el tercer trimestre del 2022, fueron elaborados en la Región del Los Lagos<sup>93</sup>.

---

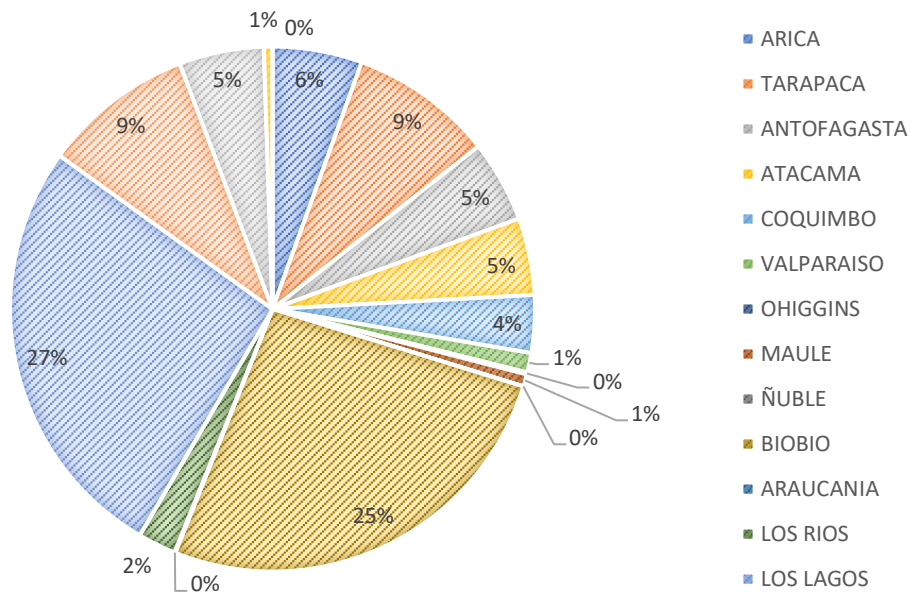
<sup>90</sup> CUBILLOS ET AL., (2020).

<sup>91</sup> SOTO ET AL., (2013).

<sup>92</sup>REGIÓN DE LOS LAGOS: DIAGNÓSTICO DE LAS CAPACIDADES Y OPORTUNIDADES DE DESARROLLO DE LA CIENCIA, LA TECNOLOGÍA Y LA INNOVACIÓN (2010).

<sup>93</sup> SALMONEXPERT (2023).

## TONELAJE DESEMBARCADO PRODUCTOS DEL MAR AÑO 2022



**Figura 1: Tonelaje desembarcado productos del mar**  
**Fuente: DIRECTEMAR (2022).**

El gráfico en la figura 1, demuestra que la Región de Los Lagos, según información obtenida del Boletín estadístico de DIRECTEMAR año 2022, representa un 27% del total de productos marinos desembarcados a nivel nacional, seguida por la Región del Bío Bío con un 25%. Esta región mantiene una elevada dependencia a las actividades relacionadas con el mar, generando una importante cantidad de empleo directo e indirecto, con un alto número de pescadores artesanales y un alto volumen de desembarque de algas y moluscos. Por otro lado, representa una elevada cantidad y superficie de Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB) y Espacios Costeros Marinos de Pueblos Originarios (ECMPO), reflejando la intensiva extracción de recursos y dando cuenta de la importancia que mantiene la región en actividades desarrolladas en torno al mar y sus costas<sup>94</sup>.

Ante ese contexto, y considerando las características geográficas de la región, surge la necesidad de crear un Plan de Acción Regional de Cambio Climático, en cumplimiento a

<sup>94</sup> UGARTE (2022).

la Ley de Marco Climático y al Plan Nacional, el cual aporta a las metas nacionales desde una perspectiva regional poniendo en énfasis las necesidades de la Región<sup>95</sup>.

El Ministerio del Medioambiente (2020), creó un proyecto el que integra la información de los mapas de riesgos relacionados con el cambio climático, llamado “Atlas de Riesgos Climáticos”<sup>96</sup>, el cual está organizado en 12 sectores, desplegando para cada sector mapas con la amenaza climática (A), exposición (E) y sensibilidad (S), los que combinados determinan el riesgo debido al cambio climático. Los datos son obtenidos a través de análisis de cambios climáticos del pasado reciente (1980-2010) y simulaciones para el futuro mediano (2035-2065). En cuanto al clima futuro no se realiza una predicción, sino que una proyección basada en un escenario de intensas emisiones de gases con efecto invernadero (RCP8.5).

Según la información obtenida del análisis de “Atlas de Riesgos Climáticos”, en lo referente a los riesgos en la acuicultura, se encuentra lo siguiente:

1. Para la producción de salmones en fase de engorda y cosecha, se observó que existe un mayor riesgo en la Región de Los Lagos de perder biomasa por incremento de parásitos y/o incremento por FAN.
2. Respecto a la engorda de mejillones, encontró los niveles más altos de Riesgo en las comunas de Castro y Quellón, influenciado principalmente por FAN.
3. Referente a la Pesca Artesanal, la principal amenaza se encuentra por cambios en las precipitaciones, no existiendo la posibilidad de reducir la amenaza, sin embargo, se podría contrarrestar al aumentar la gestión de adaptación.

El clima templado lluvioso es característico de esta zona, lo que genera un gran sistema estuarino<sup>97</sup>, con un estrato superficial de 50-75 metros, frío, menos salino, oxigenado, con mayor pH y abundante cantidad de nutrientes, generando condiciones para gran cantidad

---

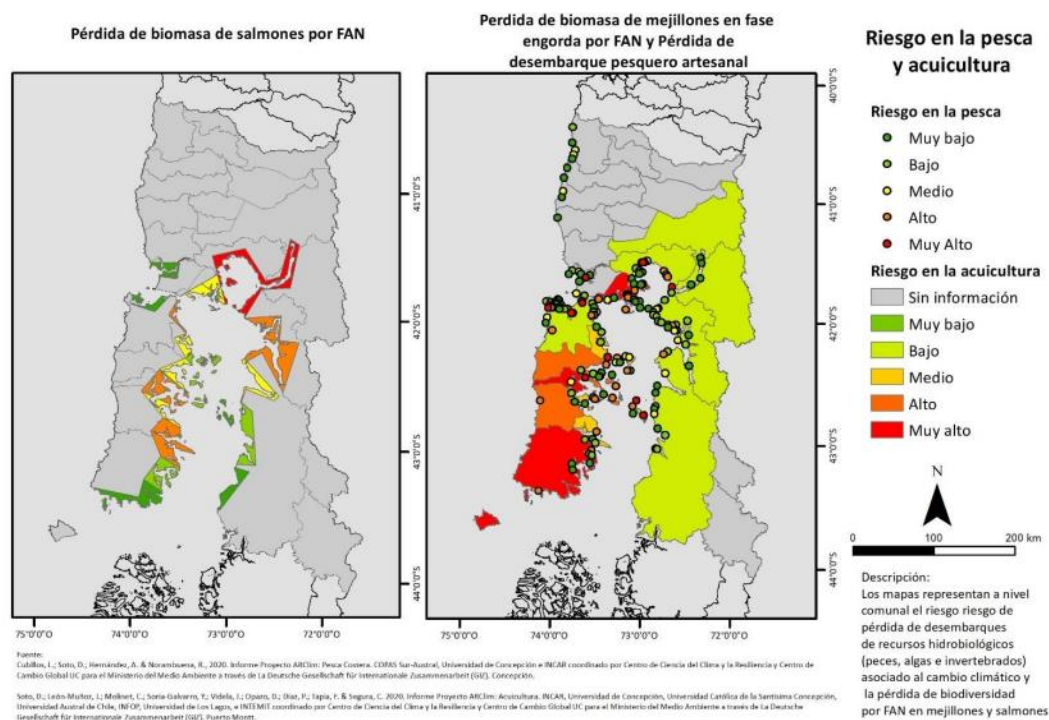
<sup>95</sup> PLAN DE ACCIÓN REGIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO DE LA REGIÓN DE LOS LAGOS (2023).

<sup>96</sup> IPCC (2014).

<sup>97</sup> EPA (2023).

de recursos. Por debajo del estrato superficial y hasta 1000 m., se encuentra un estrato más cálido, salino, de menor contenido de oxígeno, menor pH y menos nutrientes<sup>98</sup>.

Además de la reducción de precipitaciones, se evidencia el aumento en las temperaturas, las que tendrían repercusiones en la calidad y cantidad de agua para las pisciculturas. En estas condiciones, se crea el ambiente para la generación de un fenómeno natural que ocurre cuando aumenta la densidad de microalgas nocivas en ambientes acuáticos, el cual es la FAN<sup>99</sup>.



**Imagen 3: Riesgo en la pesca y acuicultura**  
**Fuente: ARCLIM (2020)**

En imagen 3, obtenida de ARCLIM como “amenazas encontradas para la zona de la Región de Los Lagos”, evidencia un promedio de riesgo alto en la pesca y acuicultura, principalmente por la posibilidad de verse afectada por pérdida de biomasa de salmones producidas por Floraciones de Algas Nocivas (FAN), los que generarían pérdidas de desembarques de recursos hidrobiológicos asociados al cambio climático producto de pérdidas de biodiversidad.

<sup>98</sup> CUBILLOS (2020).

<sup>99</sup>IFOP (2023).

#### 4.1. Región de Los Lagos y efectos del cambio climático en los Recursos Marinos

La zona de fiordos y canales correspondiente al sur de Chile abarca más de un tercio de las costas del país, constituyendo un enclave único y diverso bajo marcados impactos derivados del cambio climático como de otros factores<sup>100</sup>.

La sequía en esta zona es uno de los productos del cambio climático en el país, el cual se aprecia continuaría durante todo el siglo XXI<sup>101</sup>, generando un potencial incremento en las especies causantes del FAN, que se verán favorecidas para su desarrollo en ese escenario, las que son causadas por diferentes especies de fitoplancton, principalmente por *diatomeas* y *dinoflagelados*<sup>102</sup>, teniendo efectos nocivos ya sean en los recursos marinos o en la población humana.

Estas floraciones son parte de procesos naturales, sin embargo, su ocurrencia, distribución y duración depende de la especie y de los factores relacionados, ya sea al cambio climático o a la influencia humana<sup>103</sup>. Se pueden identificar causantes tales como variables meteorológicas y oceanográficas que impactan en la abundancia y diversidad del fitoplancton, por ejemplo, precipitación, volumen de descarga de agua al mar, intensidad del viento, entre otros<sup>104</sup>.

La precipitación de agua dulce al mar produce que se generen varias capas (estratificación), mientras que el viento genera mezcla vertical de aguas. Ambos pueden provocar un menor o mayor ingreso de nutrientes a la capa superficial del mar, impactando en el crecimiento del fitoplancton y con ellos, la ocurrencia de floraciones<sup>105</sup>.

Actualmente no se conoce la razón por la que los años secos favorecen la presencia de las floraciones, pero se especula que obedece a la descarga de aguas provenientes de los ríos, las que generan una menor estratificación, causando que los nutrientes de las aguas más profundas lleguen a la superficie y favorezcan el crecimiento del fitoplancton,

---

<sup>100</sup> UGARTE (2022).

<sup>101</sup> AGUAYO ET AL., (2021); IPCC (2021).

<sup>102</sup> ALVES DE SOUZA ET AL., (2019); CRAWFORD ET AL., (2021) p. 8; DÍAZ ET AL., (2021).

<sup>103</sup> LEÓN-MUÑOZ ET AL., (2018) pp. 1-10; ALVES DE SOUZA ET AL., (2019).

<sup>104</sup> GARREAUD (2018) pp. 217-229; DÍAZ ET AL., (2021) p. 773.

<sup>105</sup> PAREDES-MELLA ET AL., (2020), pp. 119-194.

aumentando la ocurrencia del FAN<sup>106</sup>, por otro lado, una menor descarga de agua dulce al mar provoca disminución de las aguas estuarinas y aumento en los tiempos de residencia, especialmente en sistemas semicerrados como canales y fiordos<sup>107</sup>, pudiendo favorecer la permanencia de nutrientes, materia orgánica, contaminantes.

Todas estas variables atmosféricas y oceanográficas mencionadas han demostrado cambios en las últimas décadas y se proyecta continúen debido al cambio climático<sup>108</sup>. En este contexto, entre los años 2000 y 2020 tiende, en la temporada de verano, a que en la Región de Aysén y Los Lagos aumenten los días despejados, con un incremento aproximado de seis días en total en las últimas dos décadas<sup>109</sup>. Esta tendencia se espera se mantenga, al igual que el aumento en la radiación solar, la cual puede favorecer el desarrollo de FAN, además, en las últimas décadas la temperatura superficial del mar muestra un aumento sostenido cercano a las 0,5°C por década en las regiones de los Lagos y Aysén<sup>110</sup>.

Respecto a las precipitaciones, entre los años 2000 y 2020, se ha observado una tendencia a disminución en la zona sur, proyectándose una disminución en las regiones de los Lagos y Aysén de (-20%) para el 2100<sup>111</sup>, en relación al viento se espera un aumento favoreciendo la surgencia, además de una tendencia al desplazamiento hacia el sur del cinturón de vientos del oeste, traduciéndose en una disminución de viento oeste a Este en las regiones de Los Lagos y Aysén, hacia una latitud aproximada de 53°S. Esto fue proyectado bajo un escenario de cambio climático. Estos factores, ya sean los que se han apreciado o los proyectados para el 2100, modifican condiciones ambientales en ecosistemas de canales y fiordos de la Región de los Lagos, generando condiciones favorables para el desarrollo de algunos tipos de FAN.

Además, se deben considerar otros procesos y factores naturales y antropogénicos, tales como, incorporación de contaminantes (fertilizantes, antibióticos, plaguicidas, etc),

---

<sup>106</sup> UGARTE (2022).

<sup>107</sup> IFOP (2020).

<sup>108</sup> BOISIER ET AL., (2018); AGUIRRE ET AL., (2019).

<sup>109</sup> UGARTE (2022).

<sup>110</sup> UGARTE (2022).

<sup>111</sup> UGARTE (2022).

materia orgánica o nutrientes y existencia de zonas pobres en oxígeno<sup>112</sup>, sumando también mortandad masivas y escapes de peces exóticos<sup>113</sup>.

Finalmente, la investigación realizada por Ugarte (2022), indica que las condiciones ambientales que propician eventos FAN, se verán intensificadas con el cambio climático y la acción humana, para las regiones de los Lagos, Aysén y Magallanes, sumándose a la importancia de que la comunidad tenga conocimiento de esto y se pueda efectuar un correcto monitoreo y estrategias de adaptación.

#### **4.2 Varazones en la Región de los Lagos**

Los procesos de surgencia costera son eventos característicos de las regiones de la costa chilena, los que en condiciones normales permiten un alto nivel de productividad<sup>114</sup>. Expertos de SERNAPESCA advierten que podría volverse un fenómeno más frecuente en las próximas décadas. En este proceso los vientos sobre la superficie del océano producen afloramiento de aguas frías hacia la superficie, ricas en nutrientes pero pobres en oxígeno.

De igual manera, un estudio efectuado por Gong et. al., (2021), sobre la emergente desoxigenación global a lo largo del siglo XXI, prevé que con desoxigenación en un escenario RCP 8,5, surjan en más del 72% las áreas oceánicas globales para 2080, ocasionando que las zonas con poco oxígeno que se encuentran en profundidad se eleven hacia zonas más superficiales. No obstante, Breitburg et al., (2018), evidenciaron una preocupante disminución de oxígeno en el océano, producto del aumento de temperatura del agua, del calentamiento global y el exceso de nutrientes descargados al mar derivados de las actividades humanas.

Concordante con la desoxigenación, Carrere (2019), indica que las varazones masivas podrían estar asociados a la disminución de oxígeno en el mar, aunque en América del Sur, no se ha podido identificar casos debido a que no existen sistemas de medición en tiempo real. Por otro lado, en Asia, Indonesia o en la parte norte de Estados Unidos, si

---

<sup>112</sup> SILVA Y VARGAS (2014), pp. 62-74; PÉREZ-SANTOS (2017), p. 223-227.

<sup>113</sup> GÓMEZ-UCHIDA ET AL., (2018) pp. 857-858; HAUSSERMANN ET AL., (2021).

<sup>114</sup> MENGE ET AL., (2004) pp. 663-684; NIELSEN Y NAVARRETE (2004), pp. 31-41.

hay evidencia de que las varaciones han estado relacionadas, considerando que tienen instrumentos de medición en tiempo real.

Carrere (2019), indica que la desoxigenación, constituye uno de los impactos más importantes en el océano, incluso más que el aumento de temperatura. Viéndose reflejado en mortandades de peces y en cambios de la cadena alimentaria de especies marinas, indica a su vez, que, frente a las costas de Perú y Chile, se encuentra una de las zonas de mínimo oxígeno más grandes del mundo, la cual aporta beneficios a la productividad de los océanos<sup>115</sup>, sin embargo, la expansión de esta zona por sobre los límites naturales, generaría impactos negativos en los ecosistemas y pesquerías<sup>116</sup>.

Cuando la zona de mínimo oxígeno se extiende, lo hace hacia la superficie, por lo tanto, el hábitat oxigenado se reduce, provocando que peces que no pueden soportar el bajo nivel mueren inmediatamente, por el contrario, existen otros que, sí soportan, es decir, se adaptan y generan un cambio en su metabolismo<sup>117</sup>.

Al no tener instrumentos de medición en tiempo real en Chile, las mortalidades se relacionan principalmente a FAN o bajas de oxígeno, sin embargo, no se puede decir que todos los eventos estén asociados a esto, es decir, no es el único parámetro<sup>118</sup>.

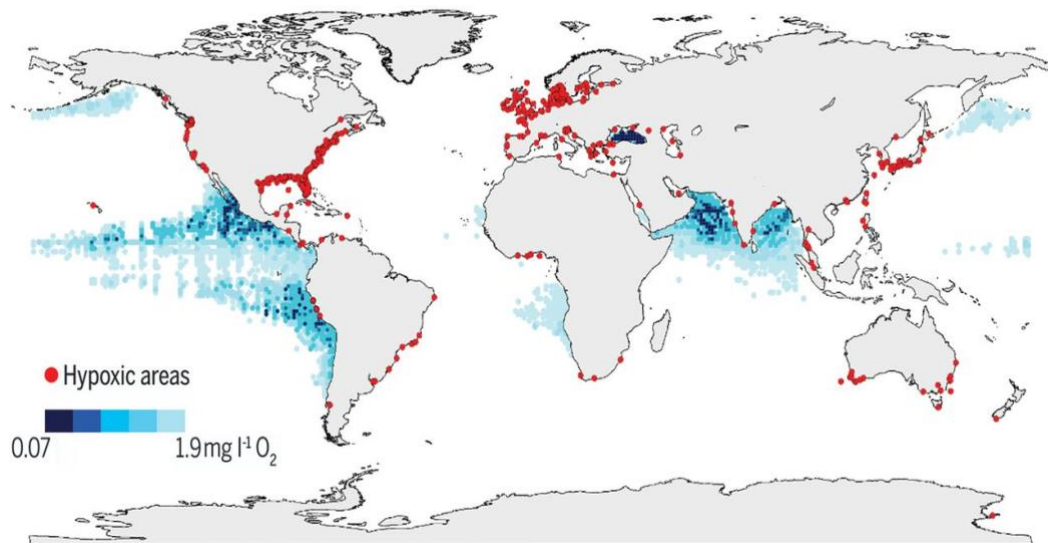
---

<sup>115</sup> ULLOA (2012).

<sup>116</sup> CARRERE (2019).

<sup>117</sup> CARRERE (2019).

<sup>118</sup> CARRERE (2019).



**Imagen 4: Zonas Hipoxicas y OMZ**  
**Fuente: SCIENCE (2018)**

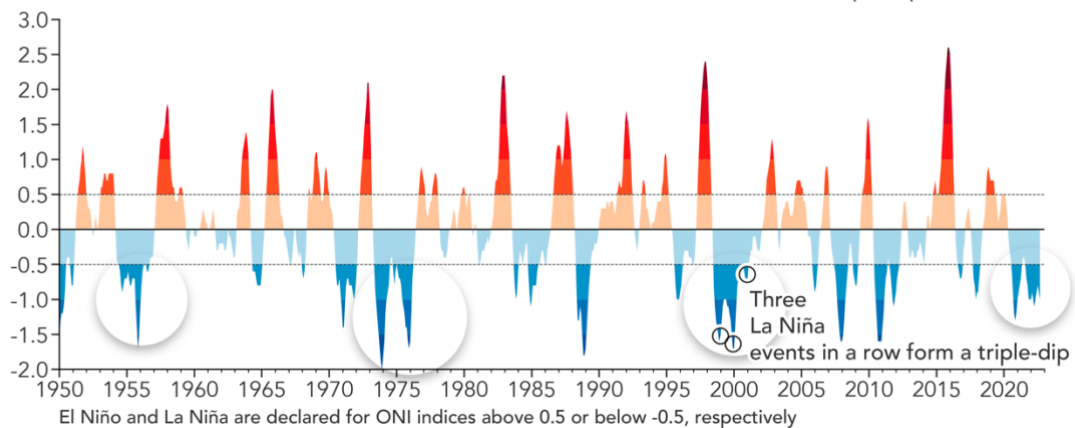
La imagen 4 muestra las zonas hipóxicas señaladas por color rojo, asimismo indica las zonas de mínimo oxígeno en color azul, evidenciando que se encuentra una en la costa este del océano pacífico, la cual se ubica frente a las costas chilenas. Esta zona en condiciones normales relaciona la alta productividad de recursos marinos, pudiendo en condiciones anormales, generar bajas de oxígenos relacionadas a los varamientos y mortalidades<sup>119</sup>. La existencia de esta zona podría indicar la considerable existencia de los recursos marinos y la vulnerabilidad del país ante situaciones anormales.

A continuación, se expondrá un registro sobre las varazones ocurridas en la Región de Los Lagos, desde el año 2009 hasta el año 2022, los que serán relacionados con la ocurrencia de fenómenos climáticos tales como “El niño” y “La niña”, en base a información obtenida del gráfico de a continuación:

<sup>119</sup> FERNÁNDEZ, (2020), pp. 779-793.

### Triple-dips in seasonal trends of the Oceanic Niño Index (ONI)

In rare instances, a La Niña can return for three consecutive winters—a so-called 'triple-dip'



**Imagen 5: Triple caída en las tendencias estacionales del índice El Niño oceánico**  
**Fuente: EARTH OBSERVATORY (2022)**

En la imagen 5, se indican los años en los cuales ha ocurrido El Niño (color rojo) y La Niña (color azul), los cuales demuestran que, dentro de sus períodos, la temperatura puede descender hasta aproximadamente  $-2^{\circ}\text{C}$  y  $+2^{\circ}\text{C}$ , fenómenos climáticos los que podrían influenciar en los eventos de varazones de recursos marinos, ocurridas en la Región de Los Lagos.



**Figura 2: Ejemplares especies marinas varados por año**  
**Fuente: SERNAPESCA (2022)**

En la figura 2, diseñada con información brindada por SERNAPESCA, respecto a los ejemplares varados en función de los años, permite apreciar que desde el año 2009 a la fecha se ha generado un aumento en la cantidad. Al analizar este gráfico en conjunto a la ocurrencia de fenómenos de “El Niño” y “La Niña”, se visualiza que entre el año 2009 y

2010, aumentó en un 66% la cantidad de ejemplares varados<sup>120</sup>, lo cual podría estar directamente relacionado con “El Niño” ocurrido el año 2009, considerando las condiciones climáticas manifestadas durante ese evento. Por otro lado, el año 2016 ha sido considerado uno de los años más cálido<sup>121</sup>, donde se alcanzó una TSM a más de 2,5°C<sup>122</sup>, el que también se vio influenciado por un “gran niño”o como lo llamaron algunas personas “Niño Godzilla”<sup>123</sup>, el que alcanzó en promedio de las temperaturas medias entre Arica y Punta Arenas un 13,8%, 0,96°C más que el año 2015, que ya había sido considerado un año récord<sup>124</sup>. Se puede relacionar este fenómeno con la cantidad de ejemplares varados y también con la cantidad de eventos, considerando que entre el año 2015 y el año 2016, aumentaron en un 115%. Posterior a estos años, pese a verse influenciado por el fenómeno de “La Niña”, se visualiza un aumento hasta el año 2019, donde desciende la cantidad de ejemplares varados un 44%. Esta disminución se puede relacionar con el comienzo de “La Niña” la que disminuyó ese año, -1°C la temperatura más de lo habitual<sup>125</sup>.

Durante los años siguientes, se observó un aumento en la cantidad de especies varadas pero en una razón más sostenida, la cual pese a mantenerse “La Niña” posterior al año 2020, Bambach (2017), explica que es difícil evaluar y predecir lo que ocurrirá, considerando que *“Se supone que estamos con La Niña, pero ha estado súper cálido y se empiezan a ver patrones de cambio climático más intensos”*<sup>126</sup>.

---

<sup>120</sup> SERNAPESCA (2023).

<sup>121</sup> EL MUNDO (2022).

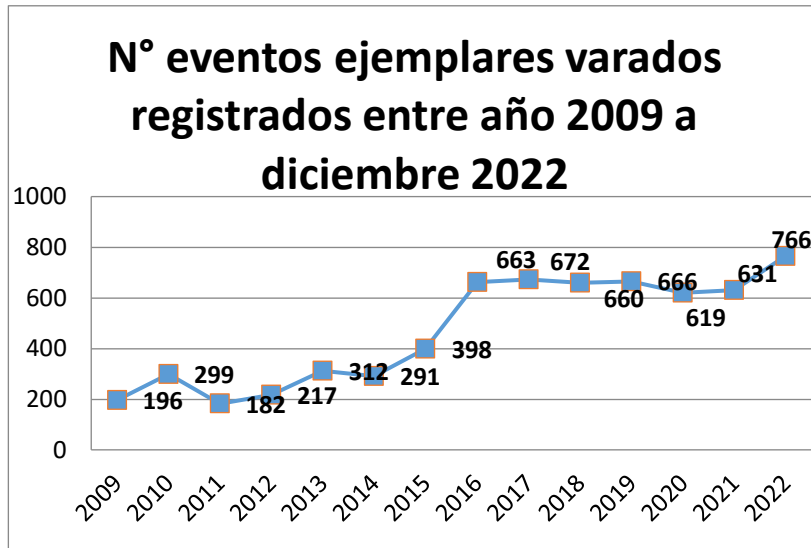
<sup>122</sup> MONTECINOS (2016).

<sup>123</sup> EL MOSTRADOR (2016).

<sup>124</sup> CENTRO DE CIENCIA DEL CLIMA Y LA RESILIENCIA (2017).

<sup>125</sup> EARTH OBSERVATORY (2022).

<sup>126</sup> CENTRO DE CIENCIA DEL CLIMA Y LA RESILIENCIA (2017).



**Figura 3: Eventos registrados**  
Fuente: SERNAPESCA (2022)

En la figura 3, se ve la cantidad de eventos de varazones registrados entre el año 2009 y 2022, evidenciándose entre el año 2015 y 2016, un aumento de 66,5%. Esto se podría relacionar con “El Niño” ocurrido entre el año 2015 y 2016 con un aumento considerable en la temperatura superficial del mar.

Por otro lado, entre el año 2019 y 2020, se aprecia una leve disminución en la cantidad de eventos, concordantemente con “La Niña” que ocurrió el año 2019, pero esta cifra aumentó para el año 2021, lo que podría estar relacionada con que el año 2021 fue considerado el sexto año más cálido desde 1880, estimándose la temperatura media global de 14,7°C, siendo 0,84°C más cálido que el promedio<sup>127</sup>. Ese año se enmarcó en una fase fría del ENSO “La Niña”, que se mantuvo hasta el año 2022 en forma moderada.

Para fines del año 2023 e inicio del año 2024 se espera nuevamente “El Niño” más fuerte, por lo que se podría esperar un aumento en las varadas<sup>128</sup>. “El fenómeno El Niño sería el más potente.”

En Chile, los eventos climáticos relacionados a FAN se han visto con mayor frecuencia durante las últimas décadas, destacando el ocurrido el año 2016 en la Región de los Lagos,

<sup>127</sup> METEOCHILE, (2021).

<sup>128</sup> LA TERCERA (2023).

el cual dio inicio a una de las mayores crisis socioambientales, con consecuencias de varaciones, mortalidad de peces, cetáceos y socioeconómicos tales como pérdidas de trabajo, protestas ciudadanas<sup>129</sup> y disminución de ingresos en las personas que trabajan del mar. En ese año se produjo “el mayor desastre acuícola registrado en el mundo”<sup>130</sup>, relacionado a condiciones climáticas inusuales y la presencia de microalga potencialmente ictiotóxica, la que generó pérdidas estimadas en 100 mil toneladas métricas de peces. Mardones et al., (2021), sostienen que fue producto de las condiciones climáticas extremas, un Bloom de microalgas complejo, programas de monitoreo y sistemas de mitigación poco preparados y una tasa de recambio de agua muy baja. Además, asegura que las condiciones acontecidas ese año en el sur de Chile, fueron causadas por el fenómeno de “El Niño” potenciado por el anticiclón del Pacífico. Lo cual fue una anomalía de un evento climático ambiental la cual, junto con ello se evidenció la presencia de un anticiclón migratorio localizado al sur de Sudamérica<sup>131</sup>, el que se relacionó con 16 eventos de alta biomasa de fitoplancton en el mar interior de Chiloé, entre los años 2003 al 2019. Esta relación surge producto de que el anticiclón propicia condiciones de alta radiación solar, aumento en la temperatura del mar y reducción de la capa fótica, favoreciendo la fotosíntesis del fitoplancton, y por ende, aumenta la ocurrencia de FAN. Otra situación es la ocurrida en el Fiordo Puyuhuapi, el que muestra una mayor biomasa de fitoplancton favorecida por el paso de sistemas frontales, ya que los vientos provocan fuerte mezcla en la columna de agua, debilitando la estratificación y ocasionando una mayor disponibilidad de nutrientes cerca de la superficie, favoreciendo el crecimiento del fitoplancton<sup>132</sup>.

La oficina del Centro de la Ciencia del Clima y la Resiliencia (2019), indican que, si bien influyó “El Niño” en las temperaturas apreciadas el año 2016, igualmente se vio influenciado por el cambio climático. Garreaud (2017), sostiene que “El Niño” en cierta parte explica la escasez de lluvias durante el verano en el sur, pero a su vez, ese año se presencié una anomalía, la que correspondió a la alta presión atmosférica ubicada frente a las costas de Chile, la que bloqueó pasos de sistemas frontales. Indica que, “si bien la

---

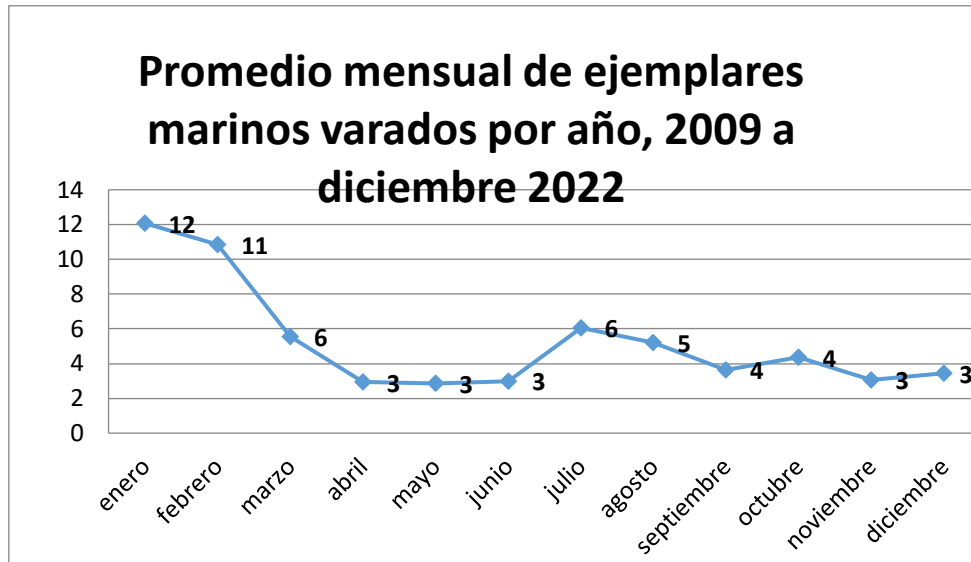
<sup>129</sup> LEÓN-MUÑOZ ET AL., (2018) pp. 1-10.

<sup>130</sup> JOFRÉ (2016).

<sup>131</sup> UGARTE (2022).

<sup>132</sup> CEA (2018).

escasez de lluvia se puede justificar con El Niño, su presencia luego desapareció, pero la anomalía se mantuvo, por lo tanto, existe un poco de evidencia, al menos indirecta, de que hay otros factores que contribuyeron a la situación y la única explicación sería relacionarlo con el cambio climático”.



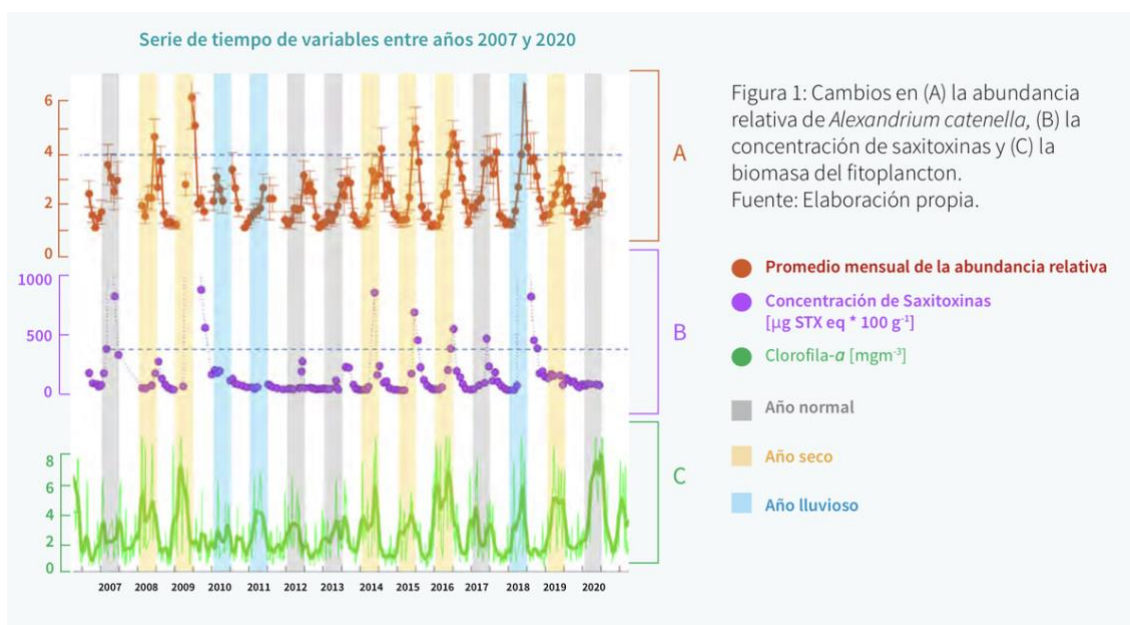
**Figura 4: Promedio mensual ejemplares marinos varados**  
Fuente: SERNAPESCA (2022).

En la figura 4, se aprecia la cantidad de ejemplares varados por meses, en la Región de Los Lagos, evidenciándose que, en los meses más cálidos, a contar de enero, se aprecia un aumento promedio de ejemplares varados, el cual disminuye coincidentemente con el comienzo del otoño. Según lo indicado en Climate Data (2021) y lo apreciado en la imagen 6, los meses con temperatura superficial del mar más bajo son entre junio y septiembre, aumentando entre octubre y febrero.

|                                 | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|---------------------------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| min. Temperatura de agua (°C)   | 14.4  | 14.4    | 13    | 11.4  | 10.5 | 10    | 9.6   | 9.6    | 9.8        | 10.5    | 11.6      | 13.1      |
| medio. Temperatura de agua (°C) | 14.7  | 14.7    | 13.7  | 12    | 11   | 10.3  | 9.8   | 9.8    | 10.1       | 11.1    | 12.3      | 13.8      |
| max. temperatura del agua (°C)  | 15.1  | 15      | 14.4  | 12.9  | 11.3 | 10.6  | 10    | 10     | 10.6       | 11.7    | 13.1      | 14.4      |

**Imagen 6: Promedio temperatura superficial del mar**  
Fuente: CLIMATE DATA (2021)

Las variables atmosféricas y oceanográficas han experimentado cambios en las últimas décadas y se espera que ello continúe debido al cambio climático<sup>133</sup>, en este contexto, particularmente en la temporada de verano, debido a que en las regiones de Aysén y los Lagos han aumentado los días despejados.



**Imagen 7: Serie de tiempo de variables entre años 2007 y 2020**  
**Fuente: UGARTE (2022)**

La imagen 7, muestra variables tales como la abundancia relativa de una toxina productora de FAN, la concentración de saxitoxinas<sup>134</sup> y la biomasa del fitoplancton. Se puede evidenciar que estos tres factores muestran un aumento y disminución paralela, es decir, los años que se genera un aumento de clorofila o biomasa, se evidencia un aumento en la abundancia de la toxina y de la concentración de saxitoxinas. De igual forma, se aprecia que los mayores aumentos se producen generalmente durante años secos, los que en su mayoría coinciden con el fenómeno de “El Niño”. Entre el año 2014 y 2016 se visualiza una constante de aumentos, coincidente con una serie de años secos, los cuales ocurrieron durante el período de “El Niño Godzilla”<sup>135</sup>.

<sup>133</sup> BOISIER ET AL., (2018) p.74; GARREAUD, (2018); LEÓN-MUÑOZ ET AL., (2018); AGUIRRE ET AL, (2019).

<sup>134</sup> UGARTE (2022).

<sup>135</sup> EL MOSTRADOR (2016).

Finalmente, analizada la información previa, se puede apreciar un aumento en la ocurrencia de eventos de varazones y eventos FAN, entre los años 2009 y 2022, incrementándose durante los años y meses más cálidos, pudiendo relacionarse directamente con factores climáticos normales, que se podrían ver incrementados por otros factores como el cambio climático. Estas consecuencias no se limitan solamente a la afectación a los recursos marinos, debido que, se debe considerar la importancia del mar en la Región de los Lagos, la que se vuelve transversal debido a que afecta a los seres humanos que viven en costa y a aquellos que subsisten de este medio, de igual forma, se debe tener en cuenta la importancia de los recursos para la alimentación, lo cual fue mencionado en párrafos anteriores.

### **5. Análisis de regulaciones y normativas relacionadas**

Ante el incremento de situaciones relacionadas al cambio climático, se promulga en Chile con fecha 30 de mayo de 2022, la Ley Marco de Cambio Climático N° 21.455, la que en su artículo 1° indica que tiene por objeto *“hacer frente a los desafíos que presenta el cambio climático, transitar hacia un desarrollo bajo en emisiones de gases efecto invernadero otros forzantes climáticos, hasta alcanzar y mantener la neutralidad de emisiones de gases de efecto invernadero al año 2050, adaptarse al cambio climático, reduciendo la vulnerabilidad y aumentando la resiliencia a los efectos adversos del cambio climático, y dar cumplimiento a los compromisos internacionales asumidos por el Estado en la materia”*.

La Ley 21.455 en su artículo 11° y 12°, menciona medidas, tales como, instrumentos de gestión y creación de planes a nivel regional y local, disponiendo a diferentes órganos la obligación de resguardar el cumplimiento de las medidas indicadas en la Ley.

A través de su artículo 24°, *“reconoce y formaliza los Comité de Cambio Regionales de Cambio Climático (COREC), como principales organismos encargados de coordinar la elaboración de instrumentos de gestión del cambio climático a nivel regional y comunal, facilitar y promover la gestión del cambio climático, proveer directrices para integrar la temática del cambio climático en las políticas públicas regionales, entre otras funciones”*. Considerando esto, es un eje prescindible para la articulación de acciones locales.

A su vez, en el artículo 16°, señala que el Ministerio del Medio Ambiente, actuará como Secretaría de Estado encargada de la integridad de la política ambiental y su regulación normativa, correspondiéndole colaborar con el Presidente de la República en el diseño y aplicación de políticas, planes, programas y normas en materia de cambio climático, indicando además, las funciones y atribuciones, dentro de las cuales en la letra d), g) h), i),l), n) y s), menciona puntos los cuales deberían ser considerados para la creación de una política o plan que se enmarque en la importancia de los recursos marinos y una forma de adaptarse ante las consecuencias del cambio climático en ellos, enfocándose en lograr la colaboración y coordinación de los órganos sectoriales competentes.

Esto se debe considerar ante la necesidad de implementar normativas relacionadas para el manejo de eventos de gran complejidad, que afecten a los recursos marinos como consecuencia del cambio climático, enfocándose en la participación de distintas instituciones para la gestión, tales como el Estado, privados, el sector científico y la sociedad civil. Actualmente, ante fenómenos ocurridos tales como Mortalidad Masiva, existe el Manual de Normativa de Mortalidades Masivas, emitido por el SERNAPESCA, el cual incluye normativas y modificaciones de los reglamentos para servir de apoyo a los regulados y lograr una mejor gestión de los eventos, así como también facilitar el cumplimiento de la normativa asociada<sup>136</sup>. Este manual señala exigencias para la industria salmonera, por ejemplo, lo dispuesto por la Resolución Exenta N° 2968, del 4 de julio de 2019, que “Determina nuevos contenidos mínimos que deberán comprender los planes de acción ante contingencia por centro de cultivo y grupal [...]”, sin embargo, al día de hoy no está regulado el actuar de la industria ante estos sucesos, no obstante, si bien se sabe que al evidenciar posibles fenómenos que los afecten, deben recurrir a los planes dispuestos o bien a medidas tales como dejar de alimentar a los peces, movilizar a los cardúmenes, o adelantar cosechas, estas acciones no son informadas al público y son más bien reactivas que preventivas<sup>137</sup>.

Actualmente, existen las medidas ocasionales que permiten actuar de forma excepcional a las instituciones y servicios ante la ocurrencia de un evento de mortalidad masiva, tales como declarar zonas afectadas, establecer emergencia sanitaria, prohibición de extracción

---

<sup>136</sup> SERNAPESCA (2019).

<sup>137</sup> UGARTE (2022).

de recursos, entre otras. Estas medidas generalmente se establecen mediante Decretos y Resoluciones. Desde 1941 a mayo del 2022<sup>138</sup>, se han establecidos 26 decretos asociados a FAN, principalmente emanados del MINSAL, los que, en caso de alcanzar mayores dimensiones socioambientales, indican que el control lo debe tomar el Ministerio del Interior y Seguridad Pública.

Si bien estas medidas han permitido mantener un sistema de información oportuno para la toma de decisiones contribuyendo en la gestión de los eventos, no existen acciones reguladas y unificadas por parte de la industria salmonera para enfrentar estos fenómenos<sup>139</sup>.

Lo mencionado anteriormente evidencia un problema debido a la complejidad, ineficiencia y fragmentación de la gobernanza asociada a las medidas de adaptación ante las consecuencias del cambio climático en los recursos marinos, lo que ha llevado al sector privado a desarrollar sus propios mecanismos de autorregulación, con el fin de responder a las presiones de la sociedad civil asociada a sus actividades<sup>140</sup>.

Para complementar lo mencionado, Letelier (2022), señala lo siguiente:

“El calentamiento global, está generando cambios en todos los ecosistemas, repercutiendo en el ámbito marino, en la destrucción y abundancia de los recursos pesqueros y también en ecosistemas donde se desarrolla la acuicultura, esto produce un riesgo o una amenaza para la disponibilidad de alimentos a nivel global. Es necesario que las políticas públicas aborden el tema de calentamiento global desde el ámbito científico para un mejor manejo de los recursos y los ecosistemas, para que en un futuro no muy lejano podamos generar un desarrollo sustentable de estas actividades económicas que beneficien a cientos de miles de personas”

Respecto a lo anterior, se evidencian debilidades actuales, las que se identifican por falta de instrumentos para abordar los fenómenos de manera integral, debido a que la gestión

---

<sup>138</sup> UGARTE (2022).

<sup>139</sup> UGARTE (2022).

<sup>140</sup> UGARTE (2022).

esta fragmentada en diferentes instituciones, tales como el Ministerio de Salud, SUBPESCA, Ministerio de Defensa o Ministerio de Medio Ambiente.

Para unificar las instituciones es que se creó el Comité Interinstitucional de Contingencias Ambientales (CIICA), establecido por la Resolución Exenta N°496 de fecha 15 de junio de 2018, del Ministerio de Medio Ambiente, donde establece el CIICA, el cual señala que sus sesiones ordinarias tendrán la finalidad de prevenir contingencias ambientales que puedan afectar a los recursos hidrobiológicos y sus ecosistemas, mientras que las sesiones extraordinarias tendrán lugar en situaciones de emergencias ambientales o ante la inminencia de su acaecimiento. Por otro lado, se estableció un CIICA a nivel regional por Resolución Exenta N°1520 del 06 de septiembre de 2018, con el fin de coordinar entre los distintos órganos del Estado al ejercer sus competencias y prestar los servicios que el ordenamiento jurídico les ha encomendado. Pese a esto, se evidencia un bajo grado de coordinación y colaboración entre sí<sup>141</sup>.

Fariás (2022), sostiene que se obtendría un mayor avance si se coordinaran los esfuerzos desarrollados desde distintas instituciones y disciplinas, integrando a la sociedad civil y el sector privado, lo cual generaría estrategias más efectivas para la prevención y mitigación, generando pronósticos y alerta temprana, con diseño de modelos de gobernanza que permitan dar mejor respuesta a los impactos.

---

<sup>141</sup> UGARTE (2022).

## CONCLUSIONES

1. El cambio climático ha generado cambios en las características marinas y por ende ha afectado al ecosistema marino, manifestado a través de cambios en la concentración de oxígeno, variación en las surgencias, cambios en la temperatura superficial del mar, acidificación, cambios en la frecuencia e intensidad del ENSO, aumento nivel del mar, cambio en circulación de corrientes marinas.
2. Dentro de los impactos evidenciados en los recursos marinos, se ha identificado el desplazamiento de stock y aumento de mortalidad de especies poco resistentes a las alteraciones ambientales, aumentando la floración de algas nocivas, marea roja, varazones de especies marinas, eventos que se han incrementado con el paso de los años y se relacionan directamente con factores asociados al cambio climático.
3. La Región de Los Lagos se ha visto afectada con las consecuencias del cambio climático, específicamente en los recursos marinos, considerando que se caracteriza por ser la región de mayor producción acuícola del país. Esto se ha visto reflejado en los últimos años, específicamente entre el año 2015 y 2016, donde se produjo la mayor crisis social y económica relacionada con floración de algas nocivas, producto de las consecuencias del fenómeno “El Niño”, el cual se manifestó con altas temperaturas superficiales en el mar, generando condiciones óptimas para la floración que generó mortandades masivas.
4. Es necesario revisar las normativas sectoriales relacionadas a la acuicultura y pesquerías, asociándolas al cambio climático, considerando nuevas estrategias para la mitigación y adaptación de los efectos sobre los recursos, desde el punto de vista del amplio territorio marítimo.
5. Dentro de las normativas, se debe considerar la educación ante las consecuencias del cambio climático, sobre todo enfocado a los sectores que poseen mayor cantidad de personas la cual dependen de estas actividades, indicando las medidas de mitigación y adaptación necesarias para el desarrollo sostenible, a su vez, exigir al rubro privado (industria salmonera) y público (instituciones relacionadas), el monitoreo y muestreo ambiental sostenido en el tiempo, considerando

mecanismos de alerta temprana que permitan actuar a las instituciones de manera oportuna.

6. Las consecuencias del cambio climático son transversales, exigiendo nuevas formas de gobernanza y políticas con enfoque ecosistémico, las cuales deben considerar un órgano que dirija y articule la participación a diferentes niveles (local, nacional, regional, internacional y global), teniendo en cuenta lo dispuesto en la Ley 21.455 respecto a los planes sectoriales, con el fin de articular y fortalecer las capacidades de gestión y mejorar organismos para la toma de decisiones, considerando un trabajo conjunto para la adaptación. Pese a que actualmente está considerado en la Ley el deber de tener medidas y planes, no son suficiente debido que no cubren la debilidad respecto a la coordinación entre órganos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Aguayo, R., León-Muñoz, J., Garreaud, R., y Montecinos, A. (2021). “Hydrological droughts in the southern Andes (40–45° S) from an ensemble experiment using CMIP5 and CMIP6 models”. Obtenido de: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-84807-4>
2. Aguirre, C., Rojas, M., Garreaud, R. D., y Rahn, D. A. (2019): “Role of synoptic activity on projected changes in upwelling favourable winds at the ocean’s eastern boundaries”. Obtenido de: <https://doi.org/10.1038/s41612-019-0101-9>
3. Alves de Souza, C., Iriarte, J. L., & Mardones, J. I. (2019). “Interannual variability of *Dinophysis acuminata* and *Protoceratium reticulatum* in a Chilean fjord: Insights from the realized niche analysis”. Obtenido de: [doi:10.3390/toxins11010019](https://doi.org/10.3390/toxins11010019)
4. Araos, F., Saldívar, J. M., Lazo, A., & Ther-Ríos, F. (2019). “Diálogos antropológicos para descifrar la crisis socioambiental en Chiloé”. *Cultura-hombre-sociedad*, pág. 407-436. <http://dx.doi.org/10.7770/0719-2789.2019.cuhso.02.a07>
5. Avdalov, N (2014). “Beneficios del consumo de pescado Montevideo”: DINARA – INFOPECA. Pág. 30. Obtenido de: <https://docplayer.es/4681636-Beneficios-del-consumo-de-pescado.html>
6. Bakun, A. y Weeks S., (2004). Greenhouse gas buildup, sardines, submarine eruptions and the possibility of abrupt degradation of intense marine upwelling ecosystems. Obtenido de: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2004.00665.x>
7. Banco Mundial, (2022). Obtenido de: <https://www.bancomundial.org/es/home>
8. Bambach N., (2017): “El 2016 fue el año más cálido en Chile desde qué hay registros (La Tercera)”. Obtenido de: <https://www.cr2.cl/2016-fue-el-ano-mas-calido-en-chile-desde-que-hay-registros-la-tercera/>
9. BBVA (2023): El niño ha regresado en 2023 ¿Qué significa esto para el clima del planeta? Obtenido de: <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/hay-riesgo-de-que-el-nino-regrese-en-2023-que-significa-esto-para-el-clima-del-planeta/>
10. Biósfera (2018). “Organismos Planctónicos”: Obtenido de: <https://biosfera.es/organismos-planctonicos-zooplanton-fitoplancton/>
11. Boisier, J.P., Alvarez-Garreton, C., Cordero, R.R., Damian, A., Gallardo, L., Garreaud, R.D., ... & Rondanelli, R. (2018): “Anthropogenic drying in Central Southern Chile evidenced by long term observations and climate model

- simulations”. Elementa: Science of the Anthropocene, pág. 74. Obtenido de: <https://doi.org/10.1525/elementa.328>
12. Breitburg, D., Levin, L. A., Oschlies, A., Grégoire, M., Chavez, F. P., Conley, D. J., & Jacinto, G. S. (2018). “Declining oxygen in the global ocean and coastal waters”. Obtenido de: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aam7240>
  13. Buschmann, A. H, S. Gelcich, P. Díaz, R. Estévez, M. C. Hernández González, N. Lagos, M. Lardies, M. J. Martínez-Harms, S. V. Pereda y J. Pulgar (2019). “Acuicultura, pesca y biodiversidad en ecosistemas costeros de Chile”. En P. A. Marquet et al. (editores), Biodiversidad y cambio climático en Chile: Evidencia científica para la toma de decisiones. Informe de la mesa de Biodiversidad. Santiago: Comité Científico COP25; Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. Obtenido de: [https://cdn.digital.gob.cl/filer\\_public/86/3b/863b82f8-b481-4c93-b83b-ac1ad69cb9b9/8biodiversidad-acuicultura-buschmann.pdf](https://cdn.digital.gob.cl/filer_public/86/3b/863b82f8-b481-4c93-b83b-ac1ad69cb9b9/8biodiversidad-acuicultura-buschmann.pdf)
  14. Caba, R. (2016). Análisis de marejadas históricas y recientes en las costas de Chile. Obtenido de <https://oleaje.uv.cl/descargables/Memorias/Memoria%20UV%20Campos%20-%202016%20-%20Análisis%20de%20marejadas%20históricas%20y%20recientes%20en%20las%20costas%20de%20Chile.pdf>
  15. Cai, W; Wang, G, Santoso, A; McPhaden M, (2015). Increased frequency of extreme "La niña" events under greenhouse warming. Obtenido de: <https://www.nature.com/articles/nclimate2492>
  16. Cai W., Santoso A., Collins M., Dewitte B., Karamperidou C., Kug J.-S-. et al (2021). “Changing el niño southern oscillation in a warming climate”. Obtenido de: <https://www.nature.com/articles/s43017-021-00199-z>
  17. Calderón G., (2019), “Chile es un país altamente vulnerable a los efectos del cambio climático”, obtenido de: <https://uv.cl/archivo-noticias-uv/10959-chile-es-un-pais-altamente-vulnerable-a-los-efectos-del-cambio-climatico-10959>
  18. Cambio climático en Chile (2020): “Análisis de impactos y propuestas para fortalecer la mitigación y adaptación al cambio climático en sectores relevantes”. Obtenido de [https://cienciasdelmar.uv.cl/images/academicos/Publicaciones/eulogio\\_soto/cambio\\_climático\\_en\\_chile\\_análisis\\_de\\_impactos\\_y\\_propuestas\\_para\\_fortalecer\\_la\\_mitigación\\_y\\_adaptación\\_al\\_cambio\\_climático\\_en\\_sectores\\_relevantes.pdf](https://cienciasdelmar.uv.cl/images/academicos/Publicaciones/eulogio_soto/cambio_climático_en_chile_análisis_de_impactos_y_propuestas_para_fortalecer_la_mitigación_y_adaptación_al_cambio_climático_en_sectores_relevantes.pdf)

19. Carrere, M. (2019). "El océano se ahoga: las zonas de bajo oxígeno se han expandido poniendo en riesgo la vida marina". Obtenido de <https://es.mongabay.com/2019/01/oceanos-zonas-de-bajo-oxigeno-se-han-expandido-poniendo-en-riesgo-la-vida-marina/>
20. Cartensen D., Riascos J.M., Heilmayer O., Arntz W.E., Laudien J. (2010). "Recurrent, thermally- induced shifts in species distribution range in the Humboldt current upwelling system". Obtenido de : <https://epic.awi.de/id/eprint/20661/1/Car2009c.pdf>
21. Cea M., (2018): "Caracterización de las condiciones ambientales históricas asociadas a los florecimientos de algas nocivas en el sector costero de la Región de Los Lagos". Obtenido de : <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/159432/Caracterizaci%C3%B3n-de-las-condiciones-ambientales-hist%C3%B3ricas-asociadas-a-los-florecimientos-de-algas-nocivas-en-el-sector.pdf?sequence=1>
22. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (2017): "2016 fue el año más cálido en Chile desde qué hay registros". Obtenido de: [https://www.cr2.cl/2016-fue-el-ano-mas-calido-en-chile-desde-que-hay-registros-la-tercera/#:~:text=Según%20un%20cálculo%20de%20la,pa%C3%ADs%20\(1961%2D1990\)](https://www.cr2.cl/2016-fue-el-ano-mas-calido-en-chile-desde-que-hay-registros-la-tercera/#:~:text=Según%20un%20cálculo%20de%20la,pa%C3%ADs%20(1961%2D1990))
23. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (2019): Cambio climático: el implacable aumento de la temperatura en Chile. Obtenido de: <https://www.cr2.cl/cambio-climatico-el-implacable-aumento-de-la-temperatura-en-chile-la-tercera/>
24. Cheung W.W., L. V.W.Y., Sarmiento J.L., Kearney K., Watson R., Pauly D. (2009). Projecting global marine biodiversity impacts under climate change scenarios. Fish and Fisheries. Obtenido de: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1467-2979.2008.00315.x>
25. Climate Data (2021) Clima Puerto Montt. Obtenido de: <https://es.climate-data.org/america-del-sur/chile/x-region-de-los-lagos/puerto-montt-1214/>
26. Climate Data Library (2022): "¿Cuál es la evolución de El Niño en los últimos años y meses?". Obtenido de: [http://www.climatedatalibrary.cl/IMP-DGIR/maproom/ENSO/Current/ENSO\\_series.html](http://www.climatedatalibrary.cl/IMP-DGIR/maproom/ENSO/Current/ENSO_series.html)

27. Comité Científico COP25 (2019). “Océano y Cambio climático: 50 preguntas y respuestas. Santiago, Chile”. Obtenido de: <https://cop25.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/01/Abc-del-oceano-y-el-cambio-climatico.pdf>
28. Comité Oceanográfico Nacional de Chile (2004). “El Niño – La Niña 1997- 2000”. Obtenido de: [http://www.cona.cl/pub/detalle\\_cientifica.php?pub=4](http://www.cona.cl/pub/detalle_cientifica.php?pub=4)
29. Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (1982). Obtenido de: [https://www.un.org/depts/los/convention\\_agreements/texts/unclos/convemar\\_es.pdf](https://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/unclos/convemar_es.pdf)
30. Corral, M. (2008). El 40% de los océanos están afectados de forma grave por el ser humano. El Mundo. Obtenido de: <https://www.elmundo.es/elmundo/2008/02/14/ciencia/1203015405.html>
31. Crawford, D. W., Montero, P., & Daneri, G. (2021). “Blooms of *Alexandrium catenella* in Coastal Waters of Chilean Patagonia: Is Subantarctic Surface Water Involved?”. *Frontiers in Marine Science*, pag. 8, Obtenido de: <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.612628>
32. Cubillos, L.; Soto, D.; Hernández, A. & Norambuena, R., (2020). “Informe Proyecto ARClím: Pesca Costera”. COPAS Sur-Austral, Universidad de Concepción e INCAR coordinado por Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia y Centro de Cambio Global UC para el Ministerio del Medio Ambiente a través de La Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). Concepción. Obtenido de: [https://arclim.mma.gob.cl/media/informes\\_consolidados/02\\_PESCA\\_COSTERA.pdf](https://arclim.mma.gob.cl/media/informes_consolidados/02_PESCA_COSTERA.pdf)
33. Díaz P. (2023): Taller. “Preparándonos para enfrentar el fenómeno de El Niño”
34. Díaz, P. A., Pérez-Santos, I., Álvarez, G., Garreaud, R., Pinilla, E., Díaz, M., Sandoval, A., Araya, M., Álvarez, F., Rengel., Montero, P., Pizarro, G., López, L., Iriarte, L., Igor, G., & Reguera, B. (2021). “Multiscale physical background to an exceptional harmful algal bloom of *Dinophysis acuta* in a fjord system”. *Science of The Total Environment*, pág. 773, Obtenido de: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145621>
35. Díaz, P. A., Álvarez, G., Varela, D., Pérez-Santos, I., Díaz, M., Molinet, C., Seguel, M., Aguilera-Belmonte, A., Guzmán, L., Uribe, E., Rengel, J., Hernández, C., Segura, C., & Figueroa, R. I. (2019). “Impacts of harmful algal blooms on the

- aquaculture industry: Chile as a case study”. *Perspect. Phycol*, págs. 39-50. Obtenido de: <http://doi:10.1127/pip/2019/0081>
36. Dewitte B., Conejero C., Ramos M., Bravo L., Garcon V., Parada C., et al (2021). “Understanding the impact of climate change on the oceanic circulation in the Chilean island ecoregion”. Obtenido de: <https://www.documentation.ird.fr/hor/PAR00022238#:~:text=Coastal%20upwelling%20is%20projected%20to,deepening%20flattening%20of%20the%20thermocline>
37. DIRECTEMAR (2022): Boletín estadístico. Obtenido de: <https://www.directemar.cl/directemar/site/edic/base/port/boletines.html>
38. Dulvy, N.K., Sadovy, Y., Reynolds, J.D. (2003). Extinction vulnerability in marine populations. *Fish and Fisheries*. Obtenido de: <https://doi.org/10.1046/j.1467-2979.2003.00105.x>
39. Earth Observatory (2022). “Triple dips in seasonal trends of the oceanic niño index”. Obtenido de: <https://earthobservatory.nasa.gov/images/150691/la-nina-times-three>
40. El Mostrador (2016): NASA advierte que “El Niño Godzilla” podría ser el peor desastre natural de la historia. Obtenido de: <https://www.elmostrador.cl/noticias/pais/2016/01/25/nasa-advierte-que-el-nino-godzilla-podria-ser-el-peor-desastre-natural-de-la-historia/>
41. El mundo (2022): 2016 hacia el año más cálido del registro. Obtenido de: <https://www.elmundo.es/ciencia/2016/07/19/578e7f5222601d685e8b458e.html>
42. EPA (2023). “Los estuarios”. Obtenido de: <https://espanol.epa.gov/espanol/los-estuarios#:~:text=Un%20estuario%20es%20un%20cuerpo,de%20agua%20dulce%20a%20salada.>
43. Falvey M y Garreaud D (2009): “Regional cooling in a warming world: Recent temperature trends in the southeast Pacific and along the west coast of subtropical South America (1979–2006)”. Obtenido de: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2008JD010519>
44. Farías, L. (2022). Tema integrativo: Floraciones Algas Nocivas. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2. <https://www.cr2.cl/tema-integrativo-floraciones-algas-nocivas/>
45. FAO (2017): “Océanos sanos para la seguridad alimentaria, la nutrición y la resilienciaa las comunidades”. Obtenido de:

<https://www.fao.org/documents/card/en/c/bc2ba66a-2882-44b8-b88e-42d50910d7c5>

46. FAO (2022). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Hacia la transformación azul. Obtenido de: <https://doi.org/10.4060/cc0461es>
47. Fernández C., Rain-Franco A., Rojas C., Molina V. (2020). “Ammonium release via dissolution and biological mineralization of food pellets used in salmon farming”. *Aquaculture Research*, págs. 779-793. Obtenido de: <https://doi.org/10.1111/are.14428>
48. Fundación Aequae: Océanos del Mundo (2021), Obtenido de: <https://www.fundacionaquae.org/oceanos-del-mundo/>
49. Garcon V., Dewitte B., Montes I., Goubanova K., (2019). Land sea atmosphere interactions exacerbating ocean deoxygenation in Eastern boundary upwelling system (EBUS), in 2019, ocean deoxygenation: Everyone’s problem- causes, impacts, consequences and solutions. Laffoley D., Baxter J.M. Obtenido de: [https://www.researchgate.net/publication/340903568\\_Land-sea-atmosphere\\_interactions\\_exacerbating\\_ocean\\_deoxygenation\\_in\\_Eastern\\_Boundary\\_Upwelling\\_Systems\\_EBUS\\_In\\_Laffoley\\_D\\_Baxter\\_JM\\_eds\\_2019\\_Ocean\\_deoxygenation\\_Everyone's\\_problem\\_-\\_Causes\\_impacts\\_c](https://www.researchgate.net/publication/340903568_Land-sea-atmosphere_interactions_exacerbating_ocean_deoxygenation_in_Eastern_Boundary_Upwelling_Systems_EBUS_In_Laffoley_D_Baxter_JM_eds_2019_Ocean_deoxygenation_Everyone's_problem_-_Causes_impacts_c)
50. Garreaud, R. (2017). “El 2016 fue el año más cálido en Chile desde qué hay registros”. Obtenido de: <https://www.cr2.cl/2016-fue-el-ano-mas-calido-en-chile-desde-que-hay-registros-la-tercera/>
51. Garreaud, R. (2018). “Record breaking climate anomalies lead to severe drought and environmental disruption in western Patagonia in 2016”. *Climate Research*, pág. 217-229. Obtenido de: <https://doi.org/10.3354/cr01505>.
52. Gomez-Uchida, D., Sepúlveda, M., Ernst, B., Contador, T. A., Neira, S., & Harrod, C. (2018). “Chile’s salmon escape demands action”. *Science*, pág. 857-858. <https://doi.org/10.1126/science.aau7973>
53. Gong, H., Li, C., Zhou, Y. (2021). Emerging global ocean deoxygenation across the 21st century. *Geophysical Research Letters*. Obtenido de: [https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2021GL095370#:~:text=On%20average%2C%20the%20ToE%20of,%C2%B19%20years\)%2C%20respectively.](https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2021GL095370#:~:text=On%20average%2C%20the%20ToE%20of,%C2%B19%20years)%2C%20respectively.)

54. Gorny M., (2023). El Fenómeno de El Niño en Chile: ¿Qué debemos saber? Obtenido de <https://chile.oceana.org/blog/el-fenomeno-de-el-nino-en-chile-que-debemos-saber/>
55. Haussermann, V., Forsterra, G., & Laudien, J. (2021). “Macrobentos de fondos duros de la Patagonia Chilena”. Obtenido de: [https://www.academia.edu/50793463/cap%3%adtulo\\_12\\_acuicultura\\_y\\_sus\\_impactos\\_en\\_la\\_conservaci%3%93n\\_de\\_la\\_patagonia\\_chilena\\_aquaculture\\_and\\_its\\_impacts\\_on\\_the\\_conservation\\_of\\_chilean\\_patagonia](https://www.academia.edu/50793463/cap%3%adtulo_12_acuicultura_y_sus_impactos_en_la_conservaci%3%93n_de_la_patagonia_chilena_aquaculture_and_its_impacts_on_the_conservation_of_chilean_patagonia)
56. IFOP. (2020). “Informe final. Determinación de las escalas de intercambio de agua en fiordos y canales de la Región de Los Lagos y Región de Aysén del general Carlos Ibáñez del Campo”. Obtenido de: [http://190.151.20.106/exlibris/aleph/a23\\_1/apache\\_media/GRTMPRA128Q17133LA11RY68VVXJ6H.pdf](http://190.151.20.106/exlibris/aleph/a23_1/apache_media/GRTMPRA128Q17133LA11RY68VVXJ6H.pdf)
57. IPCC (2014): Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, Suiza, 34 págs. (en árabe, chino, español, francés, inglés y ruso).
58. IPCC (2019): “Resumen para responsables de políticas: Calentamiento global de 1,5 °C, Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5° C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, en el contexto del reforzamiento de la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos por erradicar la pobreza”. Obtenido de: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_es.pdf)
59. IPCC (2021): “Climate Change 2021. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change”. Obtenido de: doi:10.1017/9781009157896
60. IPCC (2022): “Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the

Intergovernmental Panel on Climate Change”. [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., Obtenido de: <http://doi:10.1017/97810093258>.

61. IFOP (2023): “Floraciones de algas nocivas (FAN) o marea roja”. Obtenido de: <https://www.ifop.cl/floraciones-de-algas-nocivas-fan-o-marea-roja/>
62. Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (2014). Obtenido de: <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2016/02/Plan-Nacional-Adaptacion-Cambio-Climatico-version-final.pdf>
63. Jackson, J.B.C., Kirby, M.X., Berger, W.H. et al. (2001). Historical Overfishing and the Recent Collapse of Coastal Ecosystems. Obtenido de: <https://faculty.washington.edu/stevehar/JacksonETA12001-overfishing.pdf>
64. Jofré D., (2021). “Estudio analiza en profundidad los factores que el año 2016 ocasionaron histórica mortandad de peces”. Obtenido de: <https://centroideal.cl/2021/05/20/estudio-analiza-historica-mortandad-peces-2016/#:~:text=En%20el%20año%202016%20se,la%20Región%20de%20Los%20Lagos>.
65. Keeling R., Körtzinger A., Gruber N., (2010): “Ocean Deoxygenation in a Warming World”. Obtenido de: [https://climate.fas.harvard.edu/files/climate/files/keeling\\_etal\\_2010.pdf](https://climate.fas.harvard.edu/files/climate/files/keeling_etal_2010.pdf)
66. Knutson, T, McBride J, Chan J., Emanuel K., Hollándote G., Landsea C., Held I., Kossin J., Srivastavai A., Sugi M., (2010). “Tropical cyclones and climate change”. Obtenido de: <https://www.nature.com/articles/ngeo779>
67. La Economía del Cambio climático en América latina y el caribe (2018). Obtenido de: <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/af31802f-c445-4c2d-823c-ea71aeb61874/content>
68. Laffoley D.y Baxter J. (2016). “Explaining Ocean Warming: Causes, scale, effects and consequences”. Obtenido de: [https://www.researchgate.net/publication/307856373\\_Explaining\\_Ocean\\_Warmin\\_g\\_Causes\\_scale\\_effects\\_and\\_consequences](https://www.researchgate.net/publication/307856373_Explaining_Ocean_Warmin_g_Causes_scale_effects_and_consequences)
69. La Tercera (2023): “Fenómeno de El Niño sería el más potente en más de 70 años: ¿Cuales serán las consecuencias para Chile?”. Obtenido de: <https://www.latercera.com/la-tercera-tv/noticia/fenomeno-de-el-nino-seria-el-mas->

potente-en-mas-de-70-anos-cuales-seran-las-consecuencias-para-chile/6V4NF6HZQVFNHMHQ2M2R7JY6MU/

70. León-Muñoz, J., Urbina, M. A., Garreaud, R., & Iriarte, J. L. (2018). “Hydroclimatic conditions trigger record harmful algal bloom in western Patagonia (summer 2016)”. *Scientific Reports*, pág. 1-10. Obtenido de: doi: 10.1038/s41598-018-19461-4
71. Letelier J. (2022): “¿Como el calentamiento global daña a los recursos marinos?”. Obtenido de: <https://www.ifop.cl/como-el-calentamiento-global-dana-los-recursos-marinos/>
72. Levin L.A. (2018): “Manifestation, drivers, and emergence of open ocean deoxygenation”. Obtenido de: <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-marine-121916-063359>
73. Levitus, S., Antonov, J. Boyer, T., Baranova, O, Garcia, H., Locarnini, R., Mishonov, A., Regan, J., Seidov, D., Yarosh, E, Zweng, M. (2012). World ocean heat content and thermosteric sea level change (0-2000 m) 1955-2010. Obtenido de: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2012GeoRL..3910603L/abstract>
74. Liao E., Resplandy L., Liu J., Bowman K.W. (2021). “Future weakening of the ENSO ocean carbon buffer under anthropogenic forcing”. Obtenido de: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2021GL094021>
75. Lövin I., (2022): El cambio climático amenaza nuestro océanos, Obtenido de: <https://www.un.org/es/authors/isabella-lovin>
76. Mascareño, A., Cordero, R., Azócar, G., Billi, M., Henrí- quez, P. A., & Ruz, G. A. (2018). Controversies in social ecological systems: lessons from a major red tide crisis on Chiloe Island, Chile. *Ecology and Society*. <https://doi.org/10.5751/ES-10300-230415>
77. Mardones J., Paredes J., Godoy M., Suárez R., Norambuena L., Vargas V., Fuenzalida G., Pinilla E., Artal O., Rojas X., Dorantes-Aranda J., Lee Chang K., Anderson D., Hallegraff G., (2021). “Disentangling the environmental processes responsible for the world's largest farmed fish-killing harmful algal bloom: Chile, 2016”. Obtenido de: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144383>
78. Mendo, J., G. Caille, E. Massutí, A. Punzón, J. Tam, S. Villasante y D. Gutiérrez, 2020: “Recursos pesqueros. En: Adaptación frente a los riesgos del cambio climático en los países iberoamericanos” Obtenido de:

[https://www.researchgate.net/publication/342690344\\_08\\_Cap\\_8\\_CambioClimatico-Recursos\\_Pesqueros](https://www.researchgate.net/publication/342690344_08_Cap_8_CambioClimatico-Recursos_Pesqueros)

79. Menge, B. A., Blanchette, C., Raimondi, P., Freidenburg, T., Gaines, S., Lubchenco, J., Lohse, D., Hudson, G., Foley, M., & Pamplin, J. (2004). "Species interaction strength: Testing model predictions along an upwelling gradient." *Ecological Monographs*, págs. 663–684. Obtenido de: <https://doi.org/10.1890/03-4060>
80. Meteored (2020). "Configuración habitual de la circulación durante El Niño y La Niña". Obtenido de: <https://www.tiempo.com/ram/el-nino-la-ni-a-hoy-enso-neutral.html>
81. Meteochile (2021): "Reporte anual de la evolución del Clima en Chile". Obtenido de:  
<https://climatologia.meteochile.gob.cl/publicaciones/reporteEvolucionClima/reporteEvolucionClima2021.pdf>
82. Ministerio del Medioambiente (2020): "Atlas de Riesgos Climáticos". Obtenido de <https://arclim.mma.gob.cl/>
83. Ministerio del Medioambiente (2023): "Historia del Ministerio del Medio Ambiente" Obtenido de: <https://mma.gob.cl/historia/>
84. Montes I., (2019), "El océano se ahora, las zonas de bajo oxígeno se han expandido poniendo en riesgo la vida marina" Obtenido de: <https://es.mongabay.com/2019/01/oceanos-zonas-de-bajo-oxigeno-se-han-expandido-poniendo-en-riesgo-la-vida-marina/>
85. Montecinos A., Pizarro O., Conejero C., (2016): "Boletín Oceanográfico". Universidad de Concepción. Obtenido de: [https://www.dgeo.udec.cl/wp-content/uploads/2016/02/BOC\\_Mar16.pdf](https://www.dgeo.udec.cl/wp-content/uploads/2016/02/BOC_Mar16.pdf)
86. Morales G., Winckler P., Herrera M. (2020): "Costas de Chile, medio natural, cambio climático, ingeniería oceánica, gestión costera". Obtenido de : [https://ingenieriaoceanica.uv.cl/images/extension/documentos\\_ico/2020-Morales\\_Winckler\\_Herrera-Costas-de-Chile.pdf](https://ingenieriaoceanica.uv.cl/images/extension/documentos_ico/2020-Morales_Winckler_Herrera-Costas-de-Chile.pdf)
87. Naciones Unidas (1987): Informe de la comisión mundial sobre el medio ambiente y el desarrollo. Obtenido de: [https://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE\\_LLECTURE\\_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf](https://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_LLECTURE_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf)

88. Naciones Unidas (2021): Segunda Evaluación Mundial de los Océanos: Volumen I, Obtenido de : <https://www.un.org/regularprocess/sites/www.un.org.regularprocess/files/2011859swoaiivoliweb.pdf>
89. Naciones Unidas (2022): Cómo afecta el cambio climático a los océanos del planeta, Obtenido de: <https://www.un.org/es/climatechange/science/climate-issues/ocean-impacts>
90. Naciones Unidas (2023): Nature’s Dangerous Decline “Unprecedented”; apeches extinction rates accelerating, Obtenido de: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/blog/2019/05/nature-decline-unprecedented-report/>
91. Naciones Unidas (2023): “La posible vuelta del fenómeno El Niño amenaza con batir récord de temperaturas mundiales”. Obtenido de : <https://news.un.org/es/story/2023/03/1518967>
92. Nielsen, K. J., y Navarrete, S. A. (2004). Mesoscale regulation comes from the bottom-up: Intertidal interactions between consumers and upwelling. *Ecology Letters*, págs. 31–41. Obtenido de: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1046/j.1461-0248.2003.00542.x>
93. Organización Meteorológica Mundial (2014): El Niño / Oscilación del Sur. Obtenido de: <https://library.wmo.int/idurl/4/49915>
94. Organización Meteorológica Mundial (2022): Influencia del océano en el tiempo y clima, obtenidos de: <https://public.wmo.int/es/nuestro-mandato/esferas-de-interés/océanos/tiempo-y-clima>
95. Pacto Mundial Red Española (2020). “5 amenazas que asolan el océano”. Obtenido de: <https://www.pactomundial.org/noticia/5-amenazas-que-asolan-el-oceano/>
96. Pandolfi, J.M., Bradbury, R.H. Sala, E. Hugues, T.P., Bjorndal, K.A., Cooke, R.G., Mcardle, D., Mcclenachan, L., Newman, M.J.H., Paredes, G. Warner, R.R., Jackson, J.B.C. (2003). “Global Trajectories of the Long-Term Decline of Coral Reef Ecosystems”. Obtenido de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12920296/>
97. Paredes-Mella, J., Varela, D., Fernández, P., Espinoza, O. (2020). “Growth performance of *Alexandrium catenella* from the Chilean fjords under different environmental drivers: plasticity as a response to a highly variable environment. *Journal of Plankton Research*”, pág. 119-134. Obtenido de: <https://doi.org/10.1093/plankt/fbaa011>.

98. Parouffe A., Garçon V., Dewitte B., Paulmier A., Montes I., Parada C., Mecho A., Veliz D.,(2023). “Evaluating future climate change exposure of marine habitat in the South East Pacific based on metabolic constraints”. Obtenido de <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2022.1055875>
99. Perry A.L., Low P.J., Ellis J.R., Reynolds J.D. (2005). “Climate change and distribution shifts in marine fishes”. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1111322>
100. Pérez-Santos, I. (2017). “Deep ventilation event during fall and winter 2015 in the Puyuhuapi Fjord (44.6°S)”. *Latin american journal of aquatic research*, pág. 223–227. Obtenido de: <http://dx.doi.org/10.3856/vol45-issue1-fulltext-25>
101. Pinsky M.L., worm B., Fogarty M.J., Sarmiento J.L. Levin S.A. (2013). “Marine taxa track local climate velocities”. Obtenido de: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1239352>
102. Plan de Acción Nacional de Cambio Climático (2017). Obtenido de [https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/07/plan\\_nacional\\_climatico\\_2017\\_2.pdf](https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/07/plan_nacional_climatico_2017_2.pdf)
103. Plan de Acción Regional de Cambio Climático Región de los Lagos (2023). Obtenido de: <https://consultaciudadanas.mma.gob.cl/storage/consultation/CZIt6WLUxyz713JsBiEwTLQvbmaD7AqH716n7C3B.pdf>
104. Plan de Adaptación al Cambio Climático para Pesca y Acuicultura (2015) Obtenido de: <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2016/12/Plan-Pesca-y-Acuicultura-CMS.pdf>
105. Poloczanska E. S., Burrows M.T., Brown C.J., García Molinos J., Halpern B.S., Hoegh-Guldberg O., et al (2016). “Responses of marine organisms to climate change across oceans”. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2016.00062/full>
106. Programa Oceánico Nacional (2023): Plan oceánico sostenible Chile 2023. Obtenido de: [https://www.minrel.gob.cl/minrel/site/docs/20230523/20230523111434/programa\\_oceanico\\_2023.pdf](https://www.minrel.gob.cl/minrel/site/docs/20230523/20230523111434/programa_oceanico_2023.pdf)
107. PUCV. (2016). PUCV e IFOP organizan seminario-taller sobre los impactos del cambio climático en la pesca y la acuicultura en Chile. Obtenido de

<https://www.pucv.cl/pucv/noticias/vida-universitaria/pucv-e-ifop-organizan-seminario-taller-sobre-los-impacctos-del-cambio>.

108. Rahmstorf, S., Cazenave A., Church J., Hansen J., Somerville R., (2007). Recent climate observations compared to projections. Obtenido de: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1136843>
109. Región de Los Lagos: Diagnóstico de las capacidades y oportunidades de desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación (2010). Obtenido de: <https://www.conicyt.cl/regional/files/2013/06/Los-Lagos.pdf>
110. Salmonexpert (2023): “Los lagos brilla en cifras de exportación de salmón chileno”. Obtenido de: <https://www.salmonexpert.cl/exportacion-ine-region-de-los-lagos/los-lagos-brilla-en-cifras-de-exportacion-de-salmon-chileno/1566795>
111. Sampaio E., Santos C., Rosa I. C., Ferreira V., Portner H.-O., Duarte C.M (2021). “Impacts of hypoxic events surpass those of Future Ocean warming and acidification”. Obtenido de: <https://www.nature.com/articles/s41559-020-01370-3>
112. Sandoval F., (2016): “SalmonChile: a largo plazo, esta es una industria rentable y sustentable”. Obtenido de: <http://www.economiaynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=256389>
113. Santana-Falcón Y., Séférian R. (2022). “Climate change impacts the vertical structure of marine ecosystem thermal ranges”. Obtenido de: <https://www.nature.com/articles/s41558-022-01476-5>
114. San Martín, G., (2019) “Marco para la adaptación al cambio climático en pesca y acuicultura”, Obtenido de: [https://www.subpesca.cl/portal/617/articulos-103536\\_recurso\\_3](https://www.subpesca.cl/portal/617/articulos-103536_recurso_3).
115. Segunda Comunicación Nacional de Chile ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. (2011). Obtenido de <https://mma.gob.cl/wpcontent/uploads/2014/11/SegundoComunicadoCC.pdf>
116. Silva, N., y Vargas, C. (2014). “Hypoxia in Chilean Patagonian Fjords. Progress in Oceanography”, pág. 62–74. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pocean.2014.05.016>
117. Science (2018). Declining oxygen in the global ocean and coastal waters. Obtenido de: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aam7240>
118. SEREMI del Medio Ambiente (2014): Cuenta Pública Participativa. Obtenido de: <https://cuentaspublicas.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2019/02/Informe-CuentaPublicaSEREMI-MMARegionLosLagos-2014.pdf>

119. SERNAPESCA (2019): Manual de normativa de mortalidades masivas. Obtenido de: <http://www.sernapesca.cl/manuales-publicaciones/manual-de-normativa-de-mortalidades-masivas>
120. SERNAPESCA (2021): “El Mar hay que cuidar para sus riquezas disfrutar”, Obtenido de: [http://www.sernapesca.cl/sites/default/files/eb\\_charla\\_mes\\_mar\\_2021.pdf](http://www.sernapesca.cl/sites/default/files/eb_charla_mes_mar_2021.pdf)
121. Soto, D y Quiñones, R. (2013). “Cambio climático, pesca y acuicultura en américa latina: Potenciales impactos y desafíos para la adaptación”. Taller FAO/Centro de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sur Oriental (COPAS), Universidad de Concepción, Concepción, Chile. FAO Actas de Pesca y Acuicultura. No. 29. Roma, FAO. 335 p. Obtenido de: <https://www.sur-austral.cl/publicaciones/salmon-farming-vulnerability-to-climate-change-in-southern-chile-understanding-the-biophysical-socioeconomic-and-governance-links/>
122. Soto D., León J., Dresdner J., Luengo C., Tapia F., Garreaud R. (2019). Salmon farming vulnerability to climate change in southern Chile: understanding the biophysical, socioeconomic and governance links. Obtenido de: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/raq.12336>
123. Superintendencia del Medio Ambiente. Obtenido de: <https://portal.sma.gob.cl/>
124. Ugarte, A., Romero, J., Farías, L., Sapiains, R., Aparicio-Rizzo, P., Ramajo, L., Aguirre, C., Masotti, I., Jacques, M., Barrera, F., Billi, M., Boisier, J., Carbonell, P., De la Maza, L., De la Torre, M., Espinoza-González, O., Faúndez, J., Muñoz, F., Garreaud, R., Guevara, G., González, M., Guzmán, L., Ibáñez, J., Ibarra, C., Marín, A., Mitchell, R., Moraga, P., Narváez, D., O’Ryan, R., Pérez, C., Pilgrin, A., Pinilla, E., Rondanelli, R., Salinas, M., Sánchez, R., Sanzana, K., Segura, C., Valdebenito, P., Valenzuela, D., Vásquez S., & Williams, C. (2022). "Marea roja" y cambio global: elementos para la construcción de una gobernanza integrada de las Floraciones de Algas Nocivas (FAN). Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2, (ANID/FONDAP/15110009), 84 pp. Obtenido de [www.cr2.cl/fan](http://www.cr2.cl/fan)
125. Ulloa I., Canfield D., DeLong E., Letelier R., Stewart F., (2012): “Microbial oceanography of anoxic oxygen minimum zones. Obtenido de: <https://www.sur-austral.cl/publicaciones/microbial-oceanography-of-anoxic-oxygen-minimum-zones/>

126. Veliz (2023): “Universidad de Chile Estudio revela como el cambio climático pone en riesgo la pesca artesanal e industrial en Chile y Perú”. Obtenido de: <https://uchile.cl/noticias/204309/estudio-revela-impacto-del-cambio-climatico-en-pesca-de-chile-y-peru>
127. Worm, B. Sandow, M. Oschlies, A., Lotze, H.K., Myers, R.A. (2005). global Patterns of Predator Diversity in the Open Oceans. Obtenido de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16051749/>
128. Worm, B., Hilborn, R., Baum, J.K. et al . (2009). Rebuilding Global Fisheries Science. Obtenido de: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1173146>