

## IMPACTOS DA CORRENTE DE HUMBOLDT NA VIDA MARINHA DOS SALMÕES NO PACÍFICO SUL NA COSTA CHILENA

Mariana Lury Toma (IC) | Carlos Andrés Hernández Arriagada (Orientador)

**Apoio: PVIC Mackenzie**

### RESUMO

A pesquisa tem como objetivo investigar a influência da Corrente de Humboldt na vida dos salmões frente às mudanças climáticas, tomando como recorte a costa chilena que apresenta a indústria salmoneira como uma das principais atividades econômicas da região. Esta investigação faz parte de uma extensão do grupo de pesquisa LabStrategy, que será desenvolvida no período de 1 ano (2023) e tem como objeto de estudo a cidade de Castro, no Chile. A Corrente de Humboldt é um fator fundamental para a manutenção da vida marinha, incluindo os salmões, responsável pelo fenômeno de ressurgência, trazendo águas frias e ricas em nutrientes para a superfície. No entanto, diante do cenário das mudanças climáticas, capaz de afetar a temperatura das águas e a qualidade de nutrientes provenientes da corrente, torna-se relevante o estudo dos efeitos gerados pela problemática tendo em vista o aumento da mortalidade de salmões nos últimos anos. Além das variações climáticas, atividades antrópicas, como a produção salmoneira, têm contribuído para a mortalidade dos salmões a partir da proliferação de algas nocivas e doenças, afetando o ecossistema marinho. Espera-se que os resultados da pesquisa possam contribuir para o desenvolvimento de estratégias de planejamento urbano voltadas para a conservação da vida marinha e mitigação dos problemas ambientais advindos das ações humanas.

**Palavras-chave:** Corrente de Humboldt. Biodiversidade. Mudanças climáticas.

### ABSTRACT

The research aims to investigate the influence of the Humboldt Current on the life of salmon in the face of climate change, focusing on the Chilean coast, which is home to a thriving salmon industry. This research is part of an extension of the LabStrategy research group and will be conducted over a one-year period (2023), with the city of Castro, Chile, as the study area. The Humboldt Current is a crucial factor in sustaining marine life, including salmon, as it facilitates the upwelling phenomenon, bringing cold, nutrient-rich waters to the surface. However, given the context of climate change, which can affect water temperature and the quality of nutrients carried by the current, studying the effects of this issue is relevant, particularly in light of the increasing salmon mortality rates in recent years. In addition to climate variations, human activities such as salmon farming have contributed to salmon mortality

through the proliferation of harmful algae and diseases, impacting the marine ecosystem. The research aims to provide insights into the effects of these challenges and their implications, with the hope of informing urban planning strategies focused on the conservation of marine life and the mitigation of environmental issues arising from human actions. The findings of this study are expected to contribute to the development of urban planning strategies that prioritize the conservation of marine life and address the environmental problems associated with human activities.

**Keywords:** Humboldt Current. Biodiversity. Climate change.

## 1. INTRODUÇÃO

O presente artigo insere-se no contexto da extensão “Estratégias Projetuais de Remodelação Territorial: o arquipélago e a borda costeira da cidade de Castro no Chile”, desenvolvida pelo grupo de pesquisa LabStrategy. Visa analisar e discutir as possíveis melhorias da relação cidade e água, considerando as infraestruturas como impulsionadoras de recuperação dos setores impactados pelo turismo e revitalização de áreas degradadas da faixa costeira. No final da pesquisa, o trabalho desenvolvido na extensão será doado para a prefeitura e sociedade civil da cidade de Castro com o intuito de proporcionar discussões e possíveis soluções frente às questões relacionadas às zonas costeiras.

Aborda-se como foco principal os impactos das mudanças climáticas na dinâmica dos ecossistemas marinhos, sobretudo na vida dos salmões ao sul do Chile, a partir do estudo da Corrente de Humboldt e de seu comportamento diante da problemática.

A publicação sobre o oceano e a criosfera<sup>1</sup> publicado pelo IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) em 2019, aponta que o aumento do dióxido de carbono atmosférico pelas atividades humanas está causando o aquecimento do oceano, a acidificação e perda de oxigênio, afetando o mar e suas dinâmicas em suas diversas escalas. De acordo com o Relatório Planeta Vivo 2022 desenvolvido pela *World Wide Fund for Nature* (WWF), as mudanças climáticas não foram a causa principal pela perda de biodiversidade até o momento. Contudo, se o aquecimento da Terra atingir 1,5°C-2°C é estimado que ocorram perdas substanciais, incluindo a diminuição de mais de 99% dos recifes de corais de água quente. Diante desse cenário, fatores como a superexploração de recursos, a intensificação da aquicultura e a poluição das águas resultante de atividades humanas, contribuem para a deterioração dos oceanos e exercem uma pressão significativa nos ecossistemas marinhos.

Dentro desse panorama, investiga-se o fenômeno de ressurgência<sup>2</sup> proporcionado pela corrente que garante o alto nível de produtividade da região, o que a torna um condicionante fundamental para a manutenção da vida marinha e para a economia de muitas zonas costeiras que dependem dos oceanos e de seus recursos. (ALLEN, 2006)

O Sistema da Corrente de Humboldt (HCS) representa um dos ecossistemas marinhos mais produtivos do mundo. A partir de um estudo publicado pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) em 2018, durante as últimas décadas o HCS foi responsável por produzir mais peixes por unidade de superfície do que qualquer outro

---

<sup>1</sup> Áreas cobertas por gelo e/ou neve durante parte ou por todo o ano. Fonte: LaCrio/FURG

<sup>2</sup> “Fenômeno oceanográfico que consiste na subida de águas subsuperficiais, mais frias, muitas vezes ricas em nutrientes, para camadas superficiais no oceano. A maior disponibilidade em regiões de afloramento resulta em altos níveis de produtividade primária e produção pesqueira”. (MESQUITA, 2017).

sistema. No entanto, apesar de seu futuro incerto acerca das mudanças climáticas, já são investigadas variações em seu comportamento que colocam em risco seu estado favorável de produtividade. Segundo Oyarzún (2018), impactos nesse sistema podem ocasionar consequências ecológicas e socioeconômicas locais e no suprimento de alimento em escala global.

Desta forma, visando investigar os possíveis efeitos da questão climática nesse importante sistema e como isso pode interferir no equilíbrio da vida marinha, esta pesquisa justifica-se pela importância da compreensão dos impactos ambientais causados pelas atividades humanas, a fim de contribuir para o avanço do conhecimento científico, o desenvolvimento de medidas de conservação e manejo sustentável dos recursos naturais e elaboração de estratégias urbanas resilientes.

“As cidades têm uma capacidade única de enfrentar os desafios das mudanças climáticas globais. As escolhas feitas nas cidades hoje sobre a infraestrutura urbana de longa duração determinarão a extensão e o impacto das mudanças climáticas, nossa capacidade de reduzir as emissões e nossa capacidade de nos adaptar às transformações.” (OECD, 2014, tradução nossa)

Assim, a investigação buscará analisar estudos atuais sobre a temperatura do oceano e as variações na produtividade biológica da região. Além disso, será realizada uma avaliação dos problemas socioeconômicos que essas mudanças podem causar nas comunidades costeiras que dependem da pesca do salmão e de outras atividades relacionadas ao ecossistema marinho. Serão considerados aspectos como a segurança alimentar, a subsistência das comunidades locais e a sustentabilidade dos recursos marinhos.

## **2. DESENVOLVIMENTO DO ARGUMENTO**

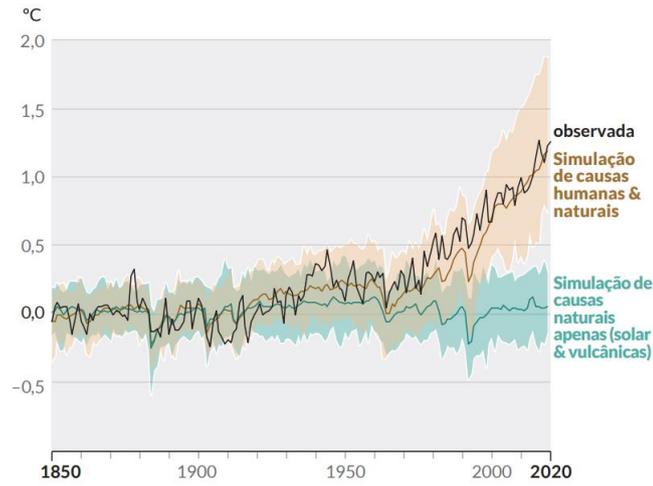
### **2.1. Impactos ambientais globais**

Pesquisas recentes estabelecem um prazo de nove anos para que a temperatura média da atmosfera no planeta alcance 1,5°C, representando um aumento significativo em relação ao século XIX. Segundo o Relatório de Síntese mais recente (2023) publicado pelo IPCC, até o momento a superfície da terra atingiu 1,1°C (Figura 1) acima da temperatura registrada entre o período de 1850 a 1900. Tais mudanças climáticas já estão gerando inequívocas transformações na atmosfera, nos oceanos, na criosfera e na biosfera<sup>3</sup>, e como consequência oferecem riscos diretos e indiretos ao meio ambiente e aos seres humanos.

---

<sup>3</sup> Conjunto de todos os ecossistemas da Terra. Fonte: eCycle

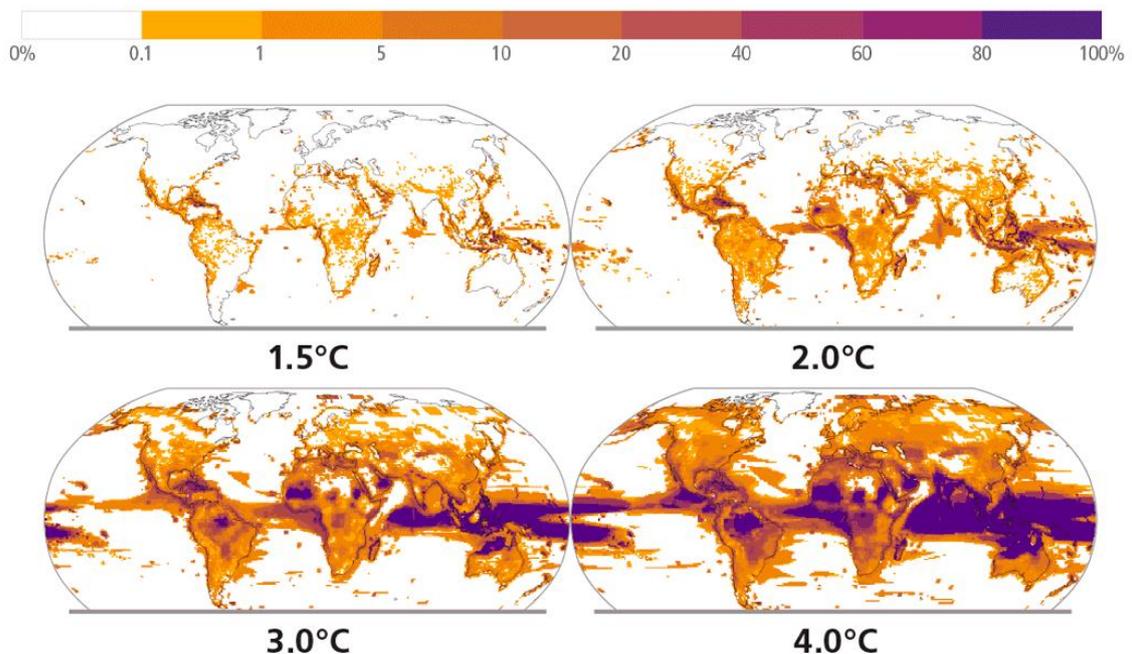
Figura 1. Variação na temperatura média anual como observado e simulado, considerando fatores naturais + humanos e depois apenas fatores naturais (de 1850 a 2020)



Fonte: IPCC, 2021

As perdas em alguns ecossistemas apresentam alto risco de irreversibilidade, onde a alta mortalidade de espécies (Figura 2) está relacionada ao aumento das condições climáticas extremas. Além disso, destacam-se os efeitos socioeconômicos negativos causados nas populações, com a redução da segurança alimentar, atingindo sobretudo as regiões mais vulneráveis, e os danos em atividades econômicas, como a agricultura, a silvicultura, a pesca e o turismo. (PÖRTNER et al., 2019)

Figura 2. Riscos de perda de espécies expostas a condições de temperatura potencialmente perigosas acima da temperatura média anual estimada historicamente (1850-2005)



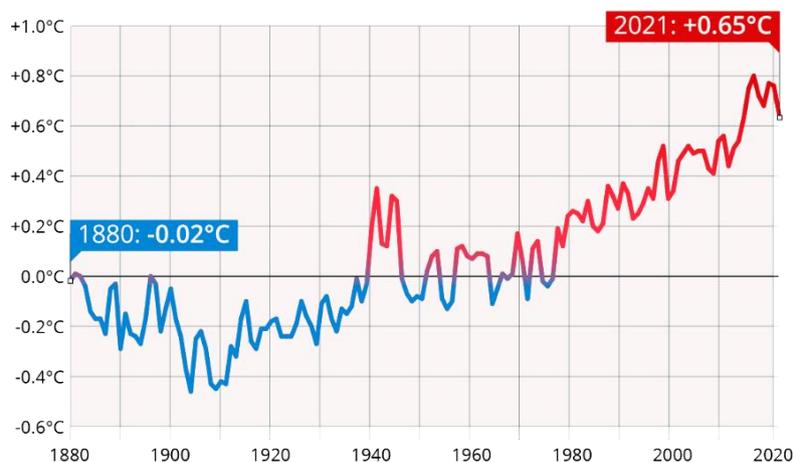
Fonte: AR6 Synthesis Report, IPCC, 2023

Na área da saúde, é evidente a relação entre as mudanças climáticas e o aumento da morbidade, mortalidade e deficiência. Embora muitas afecções sejam resultantes de fatores como exposição ao calor intenso, tempestades, secas e enchentes, essas condições são geralmente inespecíficas, tornando difícil o seu diagnóstico. Os impactos podem ocorrer de forma direta, a partir de fenômenos como as inundações e os furacões, frequentemente associados a traumatismos físicos. Enquanto os impactos indiretos, causados por afecções não traumáticas, encontram-se associados a doenças cardiovasculares, respiratórias e renais, doenças de transmissão vetorial, transtornos mentais e problemas psicossociais (OPAS, 2021).

Ao longo dos anos, os seres humanos têm dependido dos oceanos de forma direta e indireta para suprir muitas de suas necessidades essenciais, como alimento, água e energia renovável, além de desempenharem papel significativo nos aspectos culturais, turísticos, comerciais e de transporte. Em conjunto com a criosfera, eles exercem uma função fundamental no sistema climático, captando e redistribuindo calor e dióxido de carbono (PÖRTNER, H.-O, et. al, 2019).

Apesar de sua importância, os oceanos vêm passando por uma série de transformações induzidas por atividades humanas e pela industrialização. Segundo a 1ª Avaliação Mundial do Oceano (2016, p.14) publicada pelas Nações Unidas, no período compreendido entre os anos de 1971 e 2010, “[...] o oceano absorveu cerca de 93% do calor extra combinado e armazenado pelo ar aquecido, mar, terra e gelo derretido. Isso foi acompanhado por um aumento no número anual de dias extremamente quentes ao longo de 38% da costa do mundo.” (Figura 3)

Figura 3: Divergência anual da temperatura da superfície oceânica global em relação à média do século XX



Fonte: NOAA National Centers for Environmental information

Dentre os riscos causados nos ecossistemas marinhos destaca-se a variação na temperatura, circulação, estratificação, entrada de nutrientes, no teor de oxigênio dissolvido e acidificação do mar. Fatores externos capazes de alterar a temperatura e a composição das águas, podem modificar o comportamento, o funcionamento fisiológico e as características demográficas dos organismos que habitam os oceanos (DONEY et al., 2012).

Esses ecossistemas fornecem serviços importantes que incluem proteção costeira e *habitat* para diversos seres vivos. No entanto, como consequência das ações humanas que fragmentam os *habitats* de *wetlands* e restringem as migrações para a terra, os ecossistemas costeiros perdem progressivamente sua capacidade de se adaptar às mudanças climáticas induzidas e fornecer serviços ecossistêmicos, inclusive atuando como barreiras protetoras. (OPPENHEIMER et al, 2019, p. 323, tradução nossa).

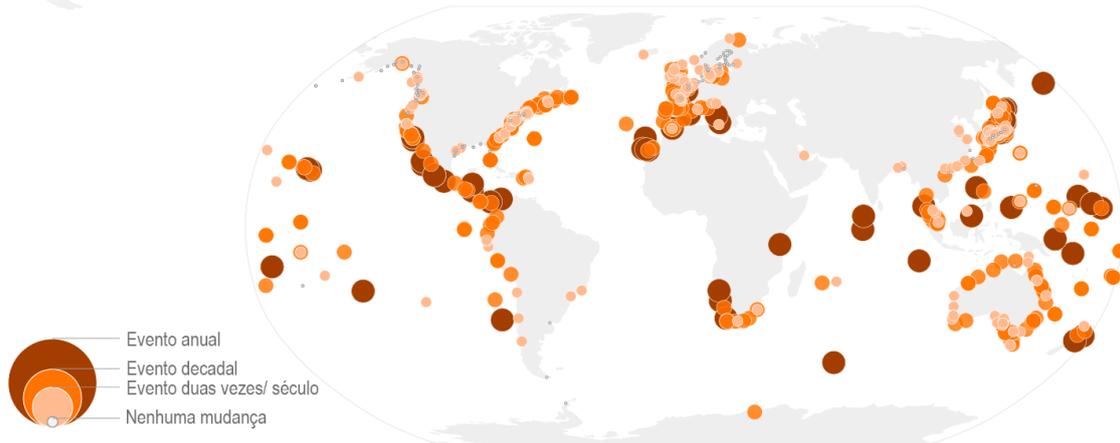
Em zonas costeiras podem ser identificados fenômenos de eutrofização<sup>4</sup>, destruição e modificação de *habitats*, desequilíbrio dos ciclos hidrológicos costeiros, introdução de espécies não nativas, poluição plástica e sobre-exploração de recursos naturais. (GAETE, 2006). Apesar de ocuparem apenas 7,6% do oceano, as águas costeiras são ecologicamente fundamentais para a biodiversidade, uma vez que contribuem com até 30% da produção primária marinha global. E ainda, abrigam diversas áreas de ressurgência que sustentam altos rendimentos na pesca e ecossistemas costeiros produtivos, como as *wetlands*. (PÖRTNER et al., 2019)

Cidades costeiras que apresentam uma relação de proximidade maior com os oceanos estão particularmente expostas às implicações resultantes do aquecimento global, dentre elas o aumento do nível do mar, as inundações, os ciclones tropicais, as ondas de calor marinhas, o degelo do *permafrost* e a perda de gelo marinho. Assim, cenários como este exigem o desenvolvimento de estratégias para proteger as comunidades estabelecidas em zonas costeiras, como a criação de infraestruturas de contenção (diques, quebra-mares e paredes etc.). (PÖRTNER et al., 2019)

---

<sup>4</sup> Processo de poluição de corpos d'água, a partir do acúmulo de nutrientes dissolvidos, que acabam adquirindo uma coloração turva ficando com níveis baixíssimos de oxigênio. Este fenômeno provoca a morte de diversas espécies de animais e vegetais, e tem um altíssimo impacto para os ecossistemas aquáticos. (Instituto de Biociências, USP)

Figura 4. Projeção de 2040 para eventos de nível de água extremo, resultantes da combinação do aumento do nível do mar, marés e ressacas, que historicamente têm possibilidade média de 1%



Fonte: AR6 Synthesis Report, IPCC, 2023

Desta forma, apesar dos esforços para mitigar as repercussões das atividades antrópicas<sup>5</sup> no oceano, através da implementação de acordos internacionais, medidas nacionais de conservação e conscientização e de planos de ação globais, como é o caso das ODS (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável) propostas pela ONU, a degradação do ecossistema marinho persiste em paralelo com a intensificação de ações humanas inconsequentes.

## 2.2. Impactos climáticos no Pacífico Sul do Chile

### 2.2.1. A biodiversidade

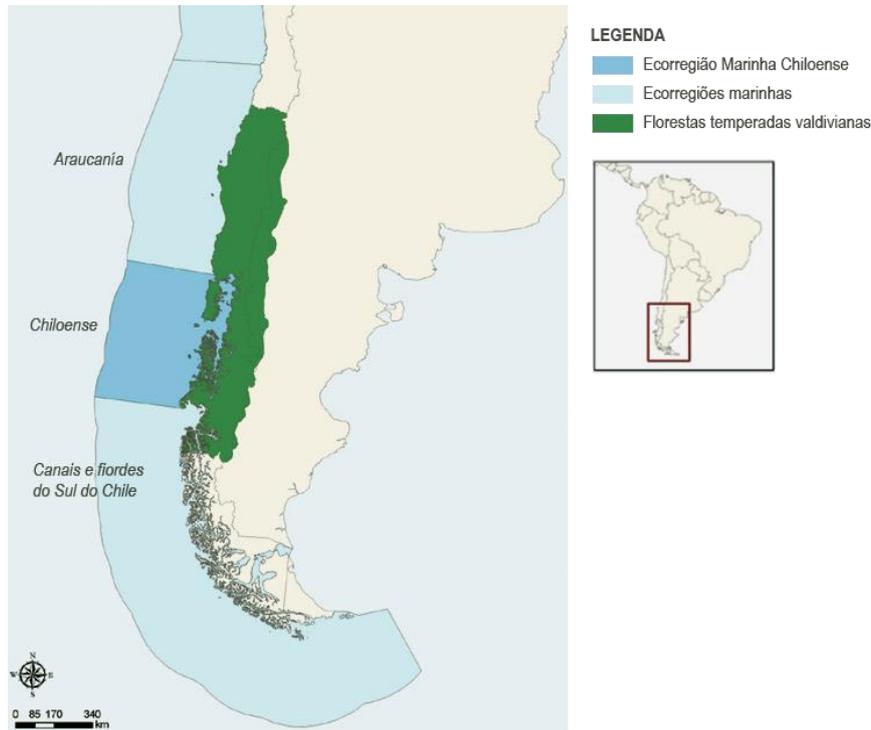
O Chile apresenta um território geograficamente isolado, constituído por uma grande variedade de paisagens ao longo de sua extensão marcadas por limites naturais, totalizando cerca de 8.000 km de norte ao sul considerando o Território Antártico Chileno, abrangendo áreas de clima costeiro até regiões com clima polar de alta montanha. Ao norte encontra-se um dos desertos mais áridos do mundo, a leste a região é delimitada pela cordilheira dos Andes, ao sul pelos gelos antárticos e a oeste pelo Oceano Pacífico. E ainda, a topografia acidentada presente no país representa uma condição favorável para a coexistência de diferentes tipos de solo a uma curta distância, com solos de origem marinha, aluvial, coluvial e vulcânica. (CONAMA, 2008)

A Ecorregião Chilense (Figura 5), uma dentre as cinco ecorregiões marinhas identificadas no Oceano Pacífico, destaca-se como uma área de prioridade de conservação pelas principais entidades ambientais, como a Comissão Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), a Corporação Nacional Florestal (CONAF), a Universidade Austral do Chile

<sup>5</sup> Antrópicas: Ações realizadas pelo homem.

(UACH), pela *The Nature Conservancy* (TNC) e o Fundo Mundial para a Natureza (WWF). (WWF, 2020).

Figura 5. Localização da Ecorregião Marinha Chilense



Fonte: WWF Chile - E. Owen

Caracterizada por seu sistema de arquipélagos, canais, estuários, mares interiores e fiordes, esta zona é reconhecida pela diversidade de organismos, abundância biológica, produtividade e por seus processos ecológicos resultantes da estrutura complexa deste ambiente, modelada pela geomorfologia costeira, topografia, batimetria e dinâmicas oceanográficas. (GAETE; VIDDI; BELLO, 2006)

Integrante da Ecorregião Chiloense, a região de Chiloé-Corcovado corresponde a um dos *habitats* costeiros mais importantes e ricos ao sul do Chile. Nela são observadas a baleia-jubarte, baleia-sei e a baleia comum, baleias cachalote, golfinhos do sul, orcas, lobos marinhos e sul-americanos, entre outros (WWF, 2020). Entretanto, vale destacar o fato de se tratar de uma zona de alimentação e amamentação da baleia azul (*Balaenoptera musculus*), o que a torna a região mais importante do Hemisfério Sul para a conservação desses raros mamíferos (GAETE; VIDDI; BELLO, 2006).

No cenário dos impactos ambientais e mudanças climáticas, emergem diversas ameaças relacionadas a alterações de condições ambientais do oceano nesta área, que incluem variação temperatura, pH, salinidade, oxigênio e de outros fatores determinantes para a alta produtividade e complexas dinâmicas oceanográficas. A partir dessa problemática,

surtem repercussões na distribuição geográfica de espécies, sendo elas invasoras ou não, e na reprodução e crescimento dos organismos marinhos, afetando sobretudo os corais, as esponjas e os *huirales* (alga marinha). (WWF Chile, 2011)

Esta região desempenha papel crucial na questão econômica e alimentar, sustentando atividades como a pesca industrial, o transporte e o turismo. “As mesmas águas que sustentam essa impressionante biodiversidade marinha também são fonte de subsistência para muitas comunidades locais, que têm na pesca, na coleta de algas e no cultivo de mexilhões sua principal fonte de renda” (WWF Chile, 2011, p. 7, tradução nossa). Além disso, predomina-se a salmonicultura como uma das atividades mais relevantes na ecorregião, que detém 95% da produção nacional de salmão, totalizando 462 mil toneladas em 2009. (WWF Chile, 2011)

O alto desenvolvimento desse setor encontra suas bases no conjunto de aspectos favoráveis presentes na costa chilena, incluindo as condições climáticas, a temperatura das águas, a geomorfologia etc. (ROJO, 2016). Parte desses fatores, que impulsionam a indústria do salmão e promovem a alta produtividade presente na região, são fortemente influenciados pelo Sistema da Corrente de Humboldt (*Humboldt Current System*, HCS, na sigla em inglês) (ALLEN, 2006). Trata-se do ecossistema marinho mais produtivo do mundo, que se estende do sul chileno até o Peru, Equador e as Ilhas Galápagos. (Figura 6)

Figura 6. Corrente de Humboldt e sua atuação na costa do Chile, Peru e Equador



Fonte: Adaptação de Bing Maps, 2023

Em relação ao aspecto oceanográfico do sistema, este é marcado pelo fluxo predominante de águas superficiais subantárticas em direção ao norte e pela ressurgência costeira, tornando as águas frias e ricas em nutrientes e garantindo condições adequadas

para a vida marinha, o que justifica a elevada produtividade das regiões onde a corrente atua. (THIEL et al., 2007)

A frequência e intensidade da ressurgência depende de alguns fatores: forças climáticas de grande escala, aspectos sazonais e latitudinais e características locais, como topografia costeira e origem das águas de ressurgência. Segundo Montecino e Lange (2009, p. 68), existe uma forte influência das interações da corrente com as dinâmicas equatoriais, em escalas que variam desde intra-sazonal (ondas costeiras presas), anual (ondas de Rossby), interanual (El Niño/ La Niña) até multi-decadal (Oscilação Decadal do Pacífico, ODP).

Este fenômeno não ocorre de forma uniforme ao longo da costa chilena, uma vez que “vários centros de ressurgência importantes [...] estão intercalados com longos trechos de costa sem ressurgência ou com ressurgência esporádica e menos intensa” (THIEL et al., 2007, p. 196, tradução nossa). E ainda, ao norte do Chile e na costa peruana o fenômeno apresenta um caráter permanente, enquanto nas áreas de ~30°S-40°S caracteriza-se por um padrão mais sazonal. (NAÇÕES UNIDAS, 2016)

Durante o El Niño, a intensidade da ressurgência é reduzida com a entrada de águas equatoriais quentes e pobres em nutrientes. Em contrapartida, no fenômeno de La Niña os anticiclones do Pacífico Sul se acentuam, e as águas frias oceânicas fortalecem o fluxo norte da Corrente de Humboldt e os processos de ressurgência. (ROMERO; KAMPF, 2003)

### **2.2.2. Indústria salmoneira chilena**

Atividades de produção de salmão no Chile podem ser descritas a partir do fim do século XIX. Tais atividades estavam relacionadas principalmente a propósitos recreacionais, esportivos e experimentais (CHÁVEZ et al., 2019, p. 403). A partir da década de 1960, investimentos públicos com o intuito de diversificar a economia chilena e desenvolver o sul do país, deram início a pesquisas para implantação de produção de salmão em larga escala (HOSONO; IIZUKA; KATZ, 2016, p. 26).

A região sul do Chile foi escolhida ainda nos anos 1960 para o desenvolvimento do projeto, para que a produção salmoneira servisse como meio de aliviar a pobreza local através de um produto de alto valor agregado (HOSONO; IIZUKA; KATZ, 2016, p. 28). O foco produtivo se dá nas regiões de Los Lagos, Coyhaique e Aysén, dado o clima ameno e a presença de fiordes, buscando mimetizar a forma norueguesa de produção de salmão, realizada nos fiordes do centro-norte do país (AFEWERKI et al., 2023, p. 760).

Este projeto, tem início em 1969, e segue até meados dos anos 1990, sendo conduzido entre o governo chileno e agências internacionais, como a *Japan International Cooperation Agency* (JICA), a fim de transferir capital tecnológico e humano (SAAVEDRA GALLO, 2013, p. 93).

Os anos 1980 representaram uma explosão na produção global de salmão, por meio de uma constante expansão na produção e capacidade de exportação do produto ano após ano (ROJO, 2016, p.87-88).

No caso chileno, o *boom* produtivo se dá nos anos 1990, quando em pouco tempo o Chile torna-se o segundo maior produtor de salmão e truta do mundo, atrás apenas da Noruega, indo de apenas 1.119 toneladas em 1985, para 259.000 toneladas em 1998 (BJØRNDAL, 2002, p. 99).

A expansão da indústria salmoneira ocorre de maneira correlata à expansão de locais de produção. Los Lagos é berço e centro da produção salmoneira desde meados dos anos 1970. Na década de 1980, a indústria se expande para a região de Aysén, tornando-se intensa no local nos anos 1990, mesma década que a produção começa na região de Magallanes, extremo-sul do Chile (HOSONO; IIZUKA; KATZ, 2016, p. 76-78).

Nos anos 2000, a indústria salmoneira chilena entra numa fase de constante crescimento, mesmo após a redução da produção entre 1998-99 em razão da crise econômica asiática, já que o Japão era um dos principais mercados (BJØRNDAL, 2002, p. 100).

Tal crescimento, entretanto, ocorreu sem controle regulatório. A quase inexistência de normas regulatórias garantiam a alta competitividade do salmão chileno nos mercados internacionais, e a permissividade para expansão em direção ao extremo-sul chileno davam meios de rápido aumento na produção. Em 2007, esse descontrole regulatório e expansionista leva ao colapso da indústria, com a crise sanitária de anemia infecciosa de salmão (*infectious salmon anaemia - ISA*, na sigla em inglês), durando até 2008 (CHÁVEZ et al., 2019, p. 405).

As práticas vigentes de autorregulação são deixadas de lado, e uma resposta de emergência é posta em prática para resolução do surto de ISA. A principal mudança feita é a diminuição da quantidade de peixes nas fazendas e o espraçamento nas regiões. Com isso, Aysén passa Los Lagos como a principal região produtora de salmão entre 2012-13 (CHÁVEZ et al., 2019, p. 406).

As novas normas regulatórias são incorporadas na Lei Geral de Pesca e Aquicultura, promulgada em 1991, e constantemente atualizada a partir de 2010 (MINISTERIO DE ECONOMÍA, FOMENTO Y TURISMO, 2023). Após a crise, a produção salmoneira chilena tornou-se mais cara, porém bem estruturada por normativas adequadas que garantem uma

produção de qualidade, de acordo com padrões rígidos bem estabelecidos (CHÁVEZ et al., 2019, p. 406).

Após os eventos de 2007-08 e a reestruturação do modelo produtivo a partir de 2010, a indústria salmoneira chilena passa por novos desafios (CHÁVEZ et al., 2019, p. 407). O principal deles é a mudança climática e seu impacto no clima e águas do sul chileno (SOTO et al., 2019, p. 355).

Um dos impactos na indústria salmoneira são as ocorrências de PANs - proliferação de algas nocivas (*harmful algal blooms* - HABs, em inglês) em regiões aquicultoras, que podem estar relacionados às mudanças climáticas, dado o aumento na ocorrência destes eventos nas últimas décadas (DÍAZ et al., 2019, p. 2).

Em 2016, um evento HAB em diferentes zonas aquicultoras da região de Los Lagos provocou a mortandade de 39.942,50 toneladas de salmão. Esse evento teve como causa a floração da microalga *Pseudochattonella verruculosa* (BUSCHMANN et al., 2016, p. 3). Segundo relatório final sobre o evento, publicado em novembro de 2016, fatores climáticos foram um dos responsáveis que levaram à proliferação de algas nocivas. Anomalias climáticas e oceanográficas na região de Los Lagos durante o verão e outono de 2016 (BUSCHMANN et al., 2016, p. 53), em conjunto com um El-Niño forte, promoveram o forte evento HAB que provocou essa alta mortandade de peixes (DÍAZ et al., 2019, p. 8).

### **2.2.3. As repercussões das mudanças climáticas**

As implicações decorrentes das atividades antrópicas no Chile podem ser identificadas em muitas de suas regiões. No deserto costeiro localizado ao extremo norte do país, foram registrados longos períodos sem floração acompanhados pela alta mortalidade de cactáceas. Há indícios de desertificação resultantes da “megaseca” no bosque esclerofilo no Chile central. Além disso, ao sul do país já são observadas mudanças na distribuição e no tempo de permanência de espécies de aves. (MARQUET et al., 2019)

O Chile Central enfrenta um prolongado período de seca que se iniciou em 2010, e apesar de representar um evento incomum em relação ao seu tempo de duração, estudos indicam que esse tipo de seca pode ocorrer de forma mais frequente futuramente. No entanto, a seca é um fenômeno natural comum nessa região, com duração de 1 a 2 anos, logo o *déficit* de precipitação observado durante a “megaseca” pode ser atribuído às mudanças climáticas em aproximadamente 25%. (MARQUET et al., 2019)

Nos últimos anos, transformações substanciais têm marcado os sistemas oceânicos globais em suas diversas escalas. Conforme apontado pelas Nações Unidas (2016), no último

século foi identificado um aumento nas temperaturas em grande parte do Oceano Pacífico e é esperado que esse cenário se intensifique futuramente.

É crucial compreender as influências que o aquecimento global exerce sobre o Sistema da Corrente de Humboldt, principalmente devido a sua importância ecológica e socioeconômica. Pesquisas apontam mudanças consistentes na intensidade, no tempo de atuação e na heterogeneidade espacial da corrente em decorrência ao aquecimento futuro em grande parte dos Sistemas de Ressurgência na Fronteira Oriental (*Eastern Boundary Upwelling Systems, EBUS*, na sigla em inglês), do qual o HCS faz parte. (WANG et al., 2015)

O *timing*, a duração e a intensidade da ressurgência costeira desempenham um papel crítico na fenologia de processos-chave dos ecossistemas marinhos, como o recrutamento de organismos de áreas intersticiais rochosas, e as alterações nessas características da ressurgência têm sido demonstradas como causadoras de perturbações substanciais nos ecossistemas em vários níveis tróficos. (WANG et al., 2015, p. 390, tradução nossa)

As zonas de ressurgência oceânica desempenham um papel fundamental na produtividade primária dos ecossistemas e nas áreas pesqueiras, além de conectar regiões geográficas. Correntes que atuam em fronteiras naturais também são responsáveis por isolar organismos de diferentes espécies e subespécies, definindo uma grande variedade de *habitats*. (NAÇÕES UNIDAS, 2016)

Além disso, muitos organismos dependem das correntes para propagar suas larvas, outras espécies apresentam padrões de migração que dependem fortemente das correntes, como é o caso dos salmões e das lulas. Logo, é evidente a influência desses sistemas na vida marinha, atuando sobretudo na flutuação constante das populações nos oceanos. (NAÇÕES UNIDAS, 2016)

Nativos de regiões temperadas e subárticas, o salmão, dentre outros seres marinhos, é fortemente influenciado pelo aquecimento global, visto que o aumento ou diminuição da temperatura das águas afeta seus processos biológicos e comportamentais, como a migração, a capacidade natatória e a reprodução. E ainda, há consequências indiretas decorrentes dessa questão, podendo citar a produção e disponibilidade de alimentos (AAS, 2011).

O aumento da acidificação e a diminuição dos níveis de oxigênio nos sistemas de ressurgência de Humboldt e da Califórnia, ainda que não seja clara se essas alterações têm sua origem resultante das ações antrópicas ou da variabilidade climática interna, afetam a

estrutura ecossistêmica, impactando diretamente a produção de biomassa e a composição das espécies (PÖRTNER et al., 2019).

Os fenômenos La Niña e El Niño exercem fortes influências no HCS, como citado anteriormente, que segundo a FAO (2018) eventos extremos em toda a região serão mais frequentes diante do cenário em questão, provocando resultados negativos nos regimes de pesca e causando uma diminuição considerável na abundância de plâncton.

Bakun (1990) propôs que os ventos costeiros e a ressurgência se fortaleceriam com o aquecimento global, a partir do aumento da diferença térmica entre a terra e o mar durante o verão, e do gradiente de pressão atmosférica nas regiões de ressurgência. Em escala local, essa intensificação pode favorecer a produtividade dos ecossistemas marinhos e da pesca. Em contrapartida, “o aumento do suprimento dessas águas ricas em nutrientes e pobres em oxigênio das profundezas pode ter efeitos adversos sobre a vida madrinha, permitindo que condições hipóxicas<sup>6</sup> se desenvolvam em grandes áreas do oceano [...], causando mortes em massa” (WANG et al., 2015, p. 392, tradução nossa).

E ainda, mudanças da temperatura e salinidade dos oceanos podem alterar a estabilidade da coluna de água e o nível de estratificação<sup>7</sup>, impossibilitando o movimento das águas frias e ricas em nutrientes para a superfície. (NAÇÕES UNIDAS, 2016)

Em escala regional, projeções futuras apontam significativas transformações na distribuição de espécies, uma vez que a biodiversidade depende do gradiente latitudinal<sup>8</sup> presente no sistema de ressurgências. Efeitos decorrentes das mudanças climáticas podem destruir uma barreira natural importante com a homogeneização das ressurgências, promovendo maior competição interespecífica e aumentando o ritmo das variações na composição das espécies ao longo da costa oceânica. (WANG et al., 2015)

Conforme o relatório do IPCC (2019), as consequências dos impactos climáticos nas EBUS terão efeitos desproporcionais nas sociedades, colocando em risco principalmente as atividades que mais dependem dos serviços ecossistêmicos dos oceanos, como a pesca, a aquicultura e o turismo costeiro.

Na pesca, quedas na quantidade de peixes, moluscos e crustáceos já são percebidos no Chile e Peru, e até 2050 é previsto uma diminuição moderada de capturas, uma vez que o aquecimento global e suas repercussões podem reduzir as chances de sucesso de desova

---

<sup>6</sup> Condições de baixo teor de oxigênio (TUNES AMBIENTAL, 2020)

<sup>7</sup> Divisão da água em camadas, com base em sua densidade (UNESP, 2022)

<sup>8</sup> Teoria que busca explicar a diversidade de espécies no planeta, onde encontra-se uma maior biodiversidade à medida que a latitude diminui. (MARTINS, Fernando Roberto; SANTOS, Flavio Antonio Maës dos, 1999)

dos peixes (FAO, 2018). Impactos neste mercado geram uma cadeia de problemáticas no setor alimentício e na economia de diversos países, além de aumentar a insegurança alimentar em muitas comunidades.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em conclusão, a Corrente de Humboldt desempenha um papel fundamental nos ecossistemas marinhos, e os impactos em seu sistema vão além dos riscos ecológicos, influenciando não apenas as espécies que dela dependem, mas também as comunidades humanas que sustentam suas economias através da pesca e atividades relacionadas aos oceanos.

Desta forma, analisando os riscos provenientes das mudanças climáticas, a pesquisa propõe a compreensão da fauna e flora marítima do Pacífico, tendo como objeto de estudo o salmão e seu meio ambiente. Nesse contexto, vale ressaltar a declaração realizada no documento “The Future we Want” da Conferência das Nações Unidas (2012), que trata da valorização do compartilhamento de conhecimento científico e tecnológico para promover um desenvolvimento sustentável.

Logo, com a pesquisa pretende-se contribuir trazendo maior entendimento a respeito desses animais, expressando a importância da preservação do oceano como um elemento essencial para a vida humana e alertando sobre os impactos ambientais a longo prazo.

### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AAS, Øystein et al. *Atlantic Salmon Ecology*. West Sussex: Blackwell Publishing Ltd, 2011.

AFEWERKI, Samson et al. Innovation in the Norwegian aquaculture industry. *Reviews in Aquaculture, Australia*, v. 15, ed. 2, p. 759-771, 2023. DOI info:doi/10.1111/raq.12755. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/raq.12755>. Acesso em: 22 maio 2023.

ALLEN, Larry G.; II PONDELLA, DANIEL J.; HORN, MICHAEL H. *The ecology of marine fishes: California and adjacent waters*. Berkeley: University of California Press, 2006.

BAKUN, A. Global climate change and intensification of coastal ocean upwelling. *Science*, [S.l.], 247, 1990, p. 198–201.

BJØRNDAL, Trond. The competitiveness of the Chilean Salmon aquaculture industry. *Aquaculture Economics & Management*, [s. l.], v. 6, ed. 1, p. 97-116, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/13657300209380306>. Acesso em: 22 abr. 2023.

BUSCHMANN, Alejandro et al. (2016) Informe Final. Comisión Marea Roja. MINISTERIO DE ECONOMÍA, p. 1–64. Chile. Disponível em: [http://www.economia.gob.cl/wp-content/uploads/2016/11/InfoFinal\\_ComisionMareaRoja\\_24Nov2016-1.compressed.pdf](http://www.economia.gob.cl/wp-content/uploads/2016/11/InfoFinal_ComisionMareaRoja_24Nov2016-1.compressed.pdf). Acesso em: 13 jun. 2023.

CHÁVEZ, Carlos et al. Main issues and challenges for sustainable development of salmon farming in Chile: a socio-economic perspective. *Reviews in Aquaculture*, Australia, v. 11, p. 403-421, 2019. DOI 10.1111/raq.12338. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/raq.12338>. Acesso em: 13 jun. 2023.

CONAMA. *Biodiversidad de Chile: Patrimonio y desafíos*. Santiago, Chile: Ocho Libros Editores Ltda, 2008.

DÍAZ, Patrício A. et al. Impacts of harmful algal blooms on the aquaculture industry: Chile as a case study. Stuttgart, Alemanha: Alejandro H. Buschman, Fevereiro 2019. Publicado em *Perspectives in Phycology* (ResearchGate). Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/331203144\\_Impacts\\_of\\_harmful\\_algal\\_blooms\\_on\\_the\\_aquaculture\\_industry\\_Chile\\_as\\_a\\_case\\_study](https://www.researchgate.net/publication/331203144_Impacts_of_harmful_algal_blooms_on_the_aquaculture_industry_Chile_as_a_case_study). Acesso em: 10 abr. 2023.

DONEY, Scott C. et al. Climate Change Impacts on Marine Ecosystems. *Annual Review of Marine Science*, [S.l.], v.4, p. 11-37, 2012. Disponível em: <<https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev-marine-041911-111611>>. Acesso em: 22 mar. 2022.

FAO. *FAO warns of climate change impact on world's most productive marine ecosystem: the Humboldt Current System*. Santiago, Chile, 2018. Disponível em: <<https://www.fao.org/americas/noticias/ver/en/c/1144974/#:~:text=Troubling%20changes%20to%20the%20Humboldt%20Current%20System&text=An%20overall%20decrease%20in%20phytoplankton,due%20to%20a%20warmer%20climate.>>. Acesso em: 20 jun. 2023.

GAETE, Rodrigo Hucke; VIDDI, Francisco; BELLO, Maximiliano. *Conservación marina en el sur de Chile: la importancia de la región Chiloé-Corcovado para las ballenas azules, la diversidad biológica y el desarrollo sustentable*. Valdivia: Centro Ballena Azul, Universidad Austral de Chile, 2006.

HOSONO, Akio; IIZUKA, Michiko; KATZ, Jorge. Chile's Salmon Industry: Policy Challenges in Managing Public Goods. [S. l.]: Springer, 2016. DOI 10.1007/978-4-431-55766-1. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Michiko-Iizuka/publication/305547022\\_Chile's\\_salmon\\_industry\\_Policy\\_challenges\\_in\\_managing\\_public\\_goods/links/60c1bf9492851ca6f8d64ffc/Chiles-salmon-industry-Policy-challenges-in-managing-public-goods.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Michiko-Iizuka/publication/305547022_Chile's_salmon_industry_Policy_challenges_in_managing_public_goods/links/60c1bf9492851ca6f8d64ffc/Chiles-salmon-industry-Policy-challenges-in-managing-public-goods.pdf). Acesso em: 6 jul. 2023.

IPCC. Climate Change 2023: Synthesis Report. *IPCC*, Geneva, Switzerland, 184 pp. Disponível em: <[10.59327/IPCC/AR6-9789291691647](https://www.ipcc.ch/report/synthesis-report/)>. Acesso em 20 jun. 2023.

MARQUET, P.A.; ALTAMIRANO, A.; ARROYO, M. T. K.; FERNÁNDEZ, M.; GELCICH, S.; GÓRSKI, K.; Habit, E.; LARA, A.; MAASS, A.; PAUCHARD, A.; PLISCOFF, P.; SAMANIEGO, H.; RAMIREZ, C.S. *Biodiversidad y cambio climático en Chile: Evidencia científica para la toma de decisiones*. Informe de la mesa de Biodiversidad. Santiago: Comité Científico COP25, 2019.

MESQUITA, João Lara. Ressurgência, conheça o fenômeno. Estadão, São Paulo, 17 dez. 2017. Disponível em: <<https://marsemfim.com.br/ressurgencia-conheca-esse-fenomeno/>> Acesso em: 06 abr. 2022.

MINISTERIO DE ECONOMÍA, FOMENTO Y TURISMO (Chile). SUBPESCA (ed.). Modificaciones a la Ley de Pesca y Acuicultura. In: Modificaciones a la Ley de Pesca y Acuicultura. [S. l.]: Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, 2023. Disponível em: <https://www.subpesca.cl/portal/615/w3-propertyvalue-50858.html>. Acesso em: 9 nov. 2022.

MONTECINO, Vivian; LANGE, Carina. The Humboldt Current System: ecosystem components and processes, fisheries, and sediment studies. *Progress in Oceanography*, [S.l.], 2009. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/223728938\\_The\\_Humboldt\\_Current\\_System\\_Ecosystem\\_components\\_and\\_processes\\_fisheries\\_and\\_sediment\\_studies](https://www.researchgate.net/publication/223728938_The_Humboldt_Current_System_Ecosystem_components_and_processes_fisheries_and_sediment_studies)>. Acesso em: 20 mar. 2022.

NAÇÕES UNIDAS. *The First Global Integrated Marine Assessment (World Ocean Assessment I)*. [S.l.]: United Nations, 2016. Disponível em: <[https://www.un.org/Depts/los/global\\_reporting/WOA\\_RPROC/WOACompilation.pdf](https://www.un.org/Depts/los/global_reporting/WOA_RPROC/WOACompilation.pdf)>. Acesso em: 25 mar. 2022.

OECD. *Cities and Climate Change: National governments enabling local action*. 2014. Disponível em: <<https://www.oecd.org/env/cc/Cities-and-climate-change-2014-Policy-Perspectives-Final-web.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2023.

OPAS. *Mudança do clima para profissionais da saúde: Guia de bolso*. Washington, DC, 2021. Disponível em: <[https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/54510/9789275721841\\_por.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/54510/9789275721841_por.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Acesso em: 26 mar. 2022.

OYARZÚN, Damián; BRIERLEY, Chris M. The future of coastal upwelling in the Humboldt current from model projections. *Climate Dynamics*, [S.l.], vol. 52, p. 599-615, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00382-018-4158-7>>. Acesso em: 02 abr. 2022.

PÖRTNER, H.-O.; ROBERTS, D.C.; DELMOTTE, V. M.; ZHAI, P.; TIGNOR, M.; POLOCZANSKA, E.; MINTENBECK, K.; ALEGRÍA, A.; NICOLAI, M.; OKEM, A.; PETZOLD, J.; RAMA, B.; WEYER, N. M. (eds.). *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*. Cambridge: Cambridge University Press, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1017/9781009157964>>. Acesso em: 23 mar. 2022.

ROJO, Mauricio Maldonado. *Regional innovation systems based on low technology industries in development countries: salmon industry in Chile*. 2016. Tese (Doutorado em Economia) - Universidade do Algarve. Faro, 2016. Disponível em: <<https://www.proquest.com/docview/2008656750/fulltextPDF/8534C1FCDF254C33PQ/1?accountid=12217>>. Acesso em: 19 mar. 2023.

ROMERO, Hugo; KAMPF, Stephanie. Impacts of climate fluctuations and climate changes on the sustainable development of the arid Norte Grande in Chile. In: DIAZ, Henry F; MOREHOUSE, Barbara J. *Climate and Water: Transboundary Challenges in the Americas*. Nova York: Springer, 2003. p. 83-115.

SAAVEDRA GALLO, G. La pesca artesanal en las encrucijadas de la modernización. Usos, apropiaciones y conflictos en el borde costero del sur de Chile. *Revista Andaluza de Antropología*, [S.l.], n.4, p. 79-102, mar. 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.12795/RAA.2013.i04.05>>. Acesso em: 23 mar. 2022.

SOTO, Doris et al. Salmon farming vulnerability to climate change in southern Chile: understanding the biophysical, socioeconomic and governance links. *Reviews in Aquaculture*, Australia, v. 11, p. 354-374, 2019. DOI 10.1111/raq.12336. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/raq.12336>. Acesso em: 3 jun. 2023.

THIEL, Martin; MACAYA, Erasmo; ACUNA, Enzo; ARNTZ, Wolf; BASTIAS, Horacio; BROKORDT, Katherina; CAMUS, Patricio; CASTILLA, Juan; CASTRO, Leonardo; CORTES, Maritza; DUMONT, Clément; ESCRIBANO, Ruben; FERNANDEZ, Miriam; GAJARDO, Jhon; GAYMER, Carlos; GOMEZ, Ivan; GONZALEZ, Andres; GONZÁLEZ, H.E.; HAYE, Pilar;

VEGA, J M Alonso. The Humboldt Current System of Northern and Central Chile: Oceanographic processes, ecological interactions and socioeconomic feedback. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, [S.l.], v. 45, p. 195-344, 2007.

VINCENTI, Rita Delfina. *Las Corrientes de Humboldt y 'El Niño' Sus Repercusiones En El Ambiente*. Revista Geográfica, no. 135, 2004, pp. 95–114. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/40996681>>. Acesso em: 28 jun. 2023.

WANG, D.; GOUHIER, T.; MENGE, B.; GANGULY, A. R. Intensification and spatial homogenization of coastal upwelling under climate change. *Nature*, [S.l.], 518, p. 390–394, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/nature14235>>. Acesso em: 20 jun. 2023

WWF CHILE. *Plan Estratégico de la Ecorregión Valdiviana*. Valdivia, Chile: WWF, 2011.

WWF CHILE. *Memoria Anual WWF Chile 2020: aumentando la ambición climática del país y el desarrollo sustentable, 2020*. Disponível em: <[https://wwflac.awsassets.panda.org/downloads/memoria\\_anual\\_wwf\\_chile\\_2020\\_\\_final.pdf](https://wwflac.awsassets.panda.org/downloads/memoria_anual_wwf_chile_2020__final.pdf)>. Acesso em: 05 abr. 2023

**Contatos:** marianalurytoma@hotmail.com e carlos.arriagada@mackenzie.br