MESA OCÉANOS

Propuestas para la actualización del Plan de Adaptación en Pesca y Acuicultura

Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación
Gobierno de Chile

TIME FOR ACTION
COP25 CHILE 2019

COMITÉ CIENTÍFICO DE CAMBIO CLIMÁTICO

Propuestas para la actualización del Plan de Adaptación en Pesca y Acuicultura

MESA OCÉANOS

COMITÉ CIENTÍFICO DE CAMBIO CLIMÁTICO

AUTORES

Coordinadora mesa Océanos
Laura Farías

Coautores
Enzo Acuña[1,2], Catalina Aguirre[3,4], Sandra Álvarez[5,6], María Ángela Barbieri[7,8], Manuel Contreras-López[29], Verónica Delgado[9,10,4], Boris Dewitte[11,12,2], Óscar Espinoza[13], Laura Farías[9,4], Camila Fernández[9,14,15], Pablo Garrido[9], Bárbara Jacob[16,] Nelson Lagos[17,18,19], Ítalo Masotti[3,4,20], Diego Narváez[9,15], Sergio Navarrete[21,22], Iván Pérez-Santos[23,24], Elías Pinilla[13], Laura Ramajo[12], Luisa Saavedra[9,19], Claudio Silva[7,8], Doris Soto[9,14], Lilian Troncoso[9], Cristián A. Vargas[9,19,25], Camilo Veas[7], Patricio Winckler[3,26], Eleuterio Yáñez[7,8], Ariel Yévenes[27,28].

1 Universidad Católica del Norte (UCN)
2 Ecología y Manejo Sustentable de Islas Oceánicas (ESMOI-Núcleo Milenio)
3 Universidad de Valparaíso
4 Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR2)
5 Universidad de Chile
6 Ministerio de Defensa Nacional
7 Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
8 Laboratorio de Oceanografía Satelital
9 Universidad de Concepción
10 Centro de Recursos Hídricos para la Agricultura y la Minería (CRHIAM)
11 Centro Regional de Investigación Científica y Tecnológica
12 Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA)
13 Instituto de Fomento Pesquero
14 Centro Interdisciplinario para la Investigación Acuícola (INCAR)
15 Centro COPAS Sur-Austral
16 Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia(CIEP)
17 Universidad Santo Tomás
18 Centro de Investigación para el Cambio Climático (CiiCC)
19 Centro para el Estudio de Forzantes Múltiples sobre Sistemas Socio-Ecológicos Marinos (MUSELS)
20 Centro de Observación Marino para Estudios de Riesgos del Ambiente Costero (COSTAR-UV)
21 Pontificia Universidad Católica de Chile
22 Estación Costera de Investigaciones Marinas de Las Cruces
23 Universidad de Los Lagos
24 Centro i-mar
25 Instituto Milenio de Oceanografía (IMO)
26 Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres (CIGIDEN-FONDAP/Conicyt)
27 Universidad del Bío-Bío
28 Centro de Estudios Urbanos Regionales
29 Universidad de Playa Ancha (UPLA)

Editora: María Inés Pérez A.
Diseño: www.negro.cl
Foto portada: Unsplash

Citar como:
Farías, L., E. Acuña, C. Aguirre, S. Álvarez, M. A. Barbieri, V. Delgado, B. Dewitte, O. Espinoza, E. Pinilla, C. Fernández, P. Garrido, B. Jacob, N. Lagos, I. Masotti, D. Narváez, S. Navarrete, I. Pérez-Santos, L. Ramajo, L. Troncoso, C. Silva, L. Saavedra, D. Soto, C. A. Vargas, P. Winckler, C. Veas, E. Yáñez y A. Yévenes (2019). *Propuestas para la actualización del Plan de Adaptación en Pesca y Acuicultura.* Informe de la mesa Océanos. Santiago: Comité Científico COP25; Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.

PROCESO

El presente documento es el producto de una metodología colaborativa y de un taller con más de 50 expertos llevado a cabo el 31 agosto de 2019 en dependencias de la Subscretaría de Pesca y Acuicultura.

Participantes Taller de Expertos

Mario Acevedo, Sergio Acevedo, Enzo Acuña, Víctor M. Aguilera Ramos, Catalina Aguirre Galaz, Sandra Álvarez, Marcelo Arredondo, María Ángela Barbieri Bellolio, Eduardo Barros, Wolfgang Alejandro Breuer Narváez, Gustavo Chiang, Giovanni Daneri, María Beatriz Farías Hernández, Mauricio Gálvez Larach, Rosanna Garay, Manuel Roberto García-Huidobro Moreno, René Garreaud, Susana Giglio, Chita Guisado Aránguiz, Leonardo Guzmán, Mario Arturo Herrera Araya, Samuel Ernesto Hormazábal Fritz, Maritza Jadrijevic, Nelson Lagos Suárez, Jaime Letelier, Karen Magdalena Lindh Allen, Carolina Martínez, Ítalo Masotti Muzzio, Jenny Maturana Acevedo, Leyla Miranda Olivos, Catalina Molina Canales, Yacqueline Montecinos, Carlos Montenegro, Ricardo Norambuena, Carlos Olavarría, Laura Ramajo, Carla Ximena Salinas Silva, Claudio Silva, Doris Soto Benavides, Diego Urrejola, Javiera Valencia, Enrique Vargas Guerra, Cristian Oliver Vásquez Flores, Gastón Vidal, Patricio Winckler, Eleuterio Yáñez y Sonia Yáñez.

AGRADECIMIENTOS

El Comité Científico COP25 y su equipo de gestión agradecen la participación y motivación a los integrantes de la mesa Océanos. Especial reconocimiento a los participantes del Taller de expertos que se llevó a cabo el 31 agosto de 2019 en dependencias de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA), en Valparaíso.

Se agradece la hospitalidad de SUBPESCA y los recursos humanos y financieros aportados por el Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo (CNID), el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR2), el Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y la Unión Europea.

Los contenidos de este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores y no representan necesariamente a sus universidades o centros de investigación de afiliación, ni a las instituciones aquí mencionadas.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Resumen ejecutivo 8

1. Introducción 9

1.1 Contexto 9

1.2 Nuevos antecedentes en políticas públicas internacionales relativas al océano y a sus recursos . . 9

1.3 Objetivos del presente informe 14

1.4 Aspectos metodológicos para la propuesta 14

2. Gobernanza del sector de pesca y acuicultura y Plan de Adaptación 16

2.1 Institucionalidad nacional 17

2.2 Cambios y actualizaciones en políticas, planes y leyes nacionales 17

3. Situación social y económica de la pesca y la acuicultura . 25

4. Cambios físicos, bioquímicos y biológicos observados y proyectados en el océano costero 27

4.1 Cambios observados 28

4.2 Escenarios climáticos esperados para finales de siglo 37

5. Nuevas amenazas, exposición y riesgos de impactos de la zona costera 42

5.1 Amenazas, exposición, vulnerabilidad en la zona costera. . . 42

5.2 Proyección de las marejadas para la proyección (2026-2045) bajo el escenario RCP 8.5 46

5.3 Riesgos para las pesquerías considerando cambios o escenarios climáticos. 47

5.4 Riesgos para la acuicultura considerando cambios o escenarios climáticos. 49

6. Análisis y recomendaciones al PACCPA existente 52

7. Brechas para una mejora en el plan de adaptación 58

7.1 Brechas en el plan anterior 58

7.2 Nuevas acciones para el PACCPA 2020-2025. 60

7.3 Nuevos objetivos para el PACCPA 2020-2025 63

8. Recomendaciones, oportunidades y conclusiones 65

Referencias. 67

FIGURAS

Figura 1. Conjunto de objetivos globales como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible. 10

Figura 2. Esquema del uso de lenguaje calibrado con niveles de acuerdo y evidencias para evaluar grado de confidencia, dado por IPCC. 12

Figura 3. Concepto de riesgo adaptado del IPCC AR5, para evaluar riesgo en pesca y acuicultura 14

Figura 4. Marco institucional Sector Pesca y Acuicultura 16

Figura 5. Leyes modificatorias de la Ley General de Pesca y Acuicultura (1990 - 2019) 18

Figura 6. Cambio proyectado en las variables claves del océano para el corto plazo (2031-2050) y fines de siglo (2081-2100) en relación con el período de referencia reciente (1986-2005) del CMIP5. 27

Figura 7. Diferentes requerimientos de oxígeno e n mg L^{-1} para diversos organismos 34

Figura 8. Temperatura media de la superficie del mar simulado con ROMS utilizando (A) forzamientos históricos (1984-2007) y (B) forzamientos IPSL-CM4 (2000-2100). 38

Figura 9. Proyecciones al 2065 de la temperatura superficial del mar (a) y del índice de abundancia CPUE (captura por unidad de esfuerzo) del pez espada Xiphias gladius (b) y sardina común Strangomera bentinki (c) en Chile, considerando el escenario A2 del cambio climático.. 40

Figura 10: Tasa anual de cambio del nivel medio del mar (relativo) en 11 estaciones mareográficas cuya extensión excede 30 años. 43

Figura 11: Incremento del nivel del mar respecto entre la mediana de la proyección (2026-2045) respecto de la mediana del período histórico (1986-2005). 44

Figura 12: Nivel del mar respecto al promedio 1986-2005 en metros [m], a partir de 21 modelos del CMIP5 (AR5) para los puertos de Arica, Antofagasta, Valparaíso y San Vicente. 44

Figura 13: Número de eventos extremos para los nodos 19° S, 29° S, 39° S, 49° S y 55° S (izquierda), obtenidos de data del Atlas de Oleaje (Beyá et al., 2017)... 45

Figura 14. Cota de inundación entre Arica y el canal Chacao para el período histórico (arriba) y para la proyección (abajo). . . 46

Figura 15. Diferencia entre downtime de pesca histórico y proyectado cada 2° de latitud para un umbral operacional de 2.0, 2.5 y 3.0 metros [m] y variables descriptivas de pesca artesanal: número de inscripciones en el Registro Pesquero Artesanal (RPA), porcentaje de muelles o ramplas artesanales y porcentaje de facilidades en tierra. . . . 48

Figura 16. Estimación de diferencias de downtime histórico y las pérdidas de desembarque y valoración de desembarque para umbrales de 2.0 205 y 3.0 metros [m] de altura significativa de oleaje frente a 2 escenarios posibles de operación de la capacidad pesquera artesanal... 48

TABLAS

Tabla 1. Principales modificaciones (ambientales* y no ambientales) a la Ley de Pesca y Acuicultura en materia ambiental y de sustentabilidad. 20

BOX

BOX 1. El nuevo concepto de adaptación 13

BOX 2. La necesidad de reformar el concepto de enfoque ecosistémico y principio precautorio de la Ley de Pesca y Acuicultura en un contexto de cambio climático 19

BOX 3. Fortalecimiento de la capacidad de adaptación desde lo local "Proyecto GEF-FAO" 24

BOX 4. Un ejemplo de buena adaptación 26

BOX 5. La surgencia costera a lo largo de Chile 29

BOX 6. Hipoxias en fiordos chilenos 33

BOX 7. El caso de los fiordos y canales chilenos 35

BOX 8. La crisis socioambiental del Chiloé 2016 36

ANEXOS

Anexo I: Listado de modificaciones a la Ley General de Pesca y Acuicultura 1989-2019 destacando las de carácter ambiental * 75

Anexo II: Propuestas de reformas a la ley, en enfoque ecosistémico y principio precautorio 78

Anexo III: Lista de publicaciones actualizadas en pesca y acuicultura en Chile y la región 81

Anexo IV: Serie de las variables y procesos atmosféricos, marítimos y morfológicos en la zona costera que están afectas al cambio climático. 86

Resumen ejecutivo

El Plan de Adaptación al Cambio Climático en Pesca y Acuicultura (PACCPA) es un 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. La Mesa Océanos del Comité Científico COP25 presenta esta propuesta para la actualización y mejoramiento del PACCPA a la luz de los cambios físicos, químicos y biológicos que afectan al océano, sean estos observados o proyectados; para la evaluación de diferentes tipos de riesgos en la zona costera y otros antecedentes socioeconómicos, jurídicos, normativos y de gobernanza que impactan positiva o negativamente sobre la actividad pesquera y acuícola.

El presente documento entrega observaciones y argumentos relativos a los 5 objetivos específicos y 29 acciones delineadas en el primer PACCPA (2015-2020); además, introduce 16 nuevas acciones asociadas a tres de los objetivos ya planteados y agrega dos nuevos objetivos específicos relativos a fomentar e incentivar la economía circular y fortalecer el rol de la mujer, para una mejor adaptación de las comunidades costeras.

Se introducen los nuevos antecedentes de: gobernanza climática internacional, en los cuales Chile tiene compromisos, institucionalidad nacional y del marco normativo y jurídico con el cual administra y gestiona los recursos marinos y la zona costera. Se releva la necesidad de reformar el concepto de enfoque ecosistémico y principio precautorio de la Ley de Pesca y Acuicultura en un contexto de cambio climático y, explícitamente, de incorporar la actividad acuícola bajo estos conceptos. Existe consenso de que la armonización de las estructuras de gobernanza local y/o macrozonas proporcionarán una política general de acción y asignación de recursos necesarios para la adaptación.

Se analizan, además, los procesos y las variables oceanográficas y climáticas que afectan a las pesquerías y a la acuicultura (no todas consideradas en el primer PACCPA), como acidificación, desoxigenación, estratificación, aumento de la intensidad de la surgencia y de la frecuencia de eventos El Niño, entre otros, además de riesgos e impactos del aumento del nivel del mar y marejadas para el sector. Se resalta la necesidad de profundizar en el conocimiento de parámetros biológicos relacionados con la reproducción, la alimentación y la sobrevivencia de los recursos pesqueros y de cultivo a diferentes edades.

Con el análisis de planes existentes y nuevas evidencias, se levantaron brechas de conocimiento, gobernanza, ambientales y socioeconómicas; estas últimas importantes de ponderar, pues los trabajadores de este sector son los que reciben los más bajos ingresos, poseen un menor nivel de educación y de salud y, por ello, son más vulnerables. En este contexto, el cambio climático profundiza las desigualdades y es un multiplicador de amenazas.

Se indica que muchas variables/procesos que afectan a los recursos biológicos (amenazas) no deben ser analizados individualmente, sino como multi-amenazas, debido a la correlación que existe entre ellos; asimismo, se debe realizar un fortalecimiento institucional, sistematizar y profundizar el conocimiento científico. Relativo a esto último, se repite una y otra vez la necesidad de un Sistema Integrado de Observación del Océano Chileno (SIOOC) y el uso y mejoramiento de modelos regionales propios; donde se acoplen modelos oceanográficos con los pesqueros con fines de predicción y comprensión de los mecanismos que entran en juego, entre los recursos pesqueros y el efecto antrópico (como la sobrepesca), separando así la variabilidad ambiental del cambio climático y la capacidad de adaptación.

Respecto a la acuicultura, también se requiere por una parte una evaluación profunda y analítica del impacto a nivel macro y microbiológico que ejercen los centros de cultivo sobre su entorno y cómo estos pueden exacerbar la crisis climática en curso; además de cuantificar cómo los efectos del cambio climático (aumento de temperatura, cambios en corrientes, acidificación, salinidad, oxigenación, etc.) impactan la sostenibilidad y productividad del sector.

Finalmente, se concluye y recomienda que es vital incluir los aspectos socioeconómicos, de gobernanza y financiamiento al nuevo PACCPA, considerando la diversidad de amenazas, pero también las oportunidades que se presentan para el sector.

1. Introducción

1.1 CONTEXTO

Aparte de su rol en la regulación del clima del planeta, el océano brinda servicios de provisión a través de la alimentación, el comercio, el turismo y el transporte. Por ejemplo, el pescado y los mariscos aportan aproximadamente el 17 % de la proteína (que no representa granos en las dietas humanas) para la humanidad, y el transporte marítimo involucra al menos 80 % de las importaciones y exportaciones entre continentes, a través de la infraestructura portuaria. Chile es un país altamente dependiente de su mar y no está exento de estas amenazas. La acuicultura y pesquerías en su conjunto representan el segundo rubro de ingresos para el país, solo detrás de la minería. Las amenazas, exposiciones y vulnerabilidades definen el grado de probabilidad de riesgos e impactos del cambio climático.

Pero el océano también trae amenazas a las poblaciones costeras y a la infraestructura y, particularmente, a las costas de baja elevación. Las poblaciones costeras están cada vez más propensas a olas de calor marinas, aumento del nivel del mar, inundaciones costeras, oleaje y marejadas. Además, el océano está expuesto a procesos como acidificación, desoxigenación, estratificación, redistribución de corrientes y otros que pueden afectar a los servicios ecosistémicos mencionados (IPCC, 2019). Estas exposiciones pueden provocar daños y fallas en la infraestructura, pérdida de habitabilidad, degradación de los servicios del ecosistema, importantes impactos económicos y no-económicos (sociales), conflictos y migración humana generalizada (Oppenheimer *et al*., 2014; Van Ruijven *et al*., 2014; Cunsolo y Ellis, 2018).

La actividad pesquera ha estado atravesando paulatinamente una fase de reestructuración, que ha respondido fundamentalmente a nuevos marcos regulatorios emergentes provenientes de la esfera pública, los virajes estratégicos del mercado internacional y los problemas de sustentabilidad que han limitado la expansión industrial. Más que considerar al sector pesquero en su globalidad se hace necesario distinguir entre los diferentes sectores que están operando (artesanal, industrial y acuicultura) y los impactos asociados al cambio climático (CC), cada uno con características específicas y que exigen de apoyos, de regulaciones particulares y del desarrollo de una sintonía fina y descentralizada de políticas. A este análisis hay que sumar las condiciones sociales de los trabajadores asociados al rubro, un sector desprotegido de escasos ingresos y nivel de educación y salud; además de considerar las brechas por género, ya levantadas en el estudio de SERNAPESCA (2017).

1.2 NUEVOS ANTECEDENTES EN POLÍTICAS PÚBLICAS INTERNACIONALES RELATIVAS AL OCÉANO Y A SUS RECURSOS

Desde la elaboración del último PACCPA (2015), existen numerosos documentos, leyes, planes y directrices de políticas públicas tanto nacionales como internacionales, que deberían ser considerados en la próxima actualización del plan; además de escenarios climáticos, oceanográficos y de riesgos de impacto del cambio climático que han sido también actualizados y profundizados. Por ello en el presente documento se recopila información y antecedentes actualizados desde los años 2014-2015 al presente, de modo de que sean considerados y analizados para el segundo PACCPA. Estos son:

1.2.1 Acuerdo de París (2015) de la CMNUCC

La 21ª Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP21), celebrada en París en 2015, concluyó con la adopción de la Decisión y del Acuerdo de París. Dicho Acuerdo aspira a mantener el aumento de la temperatura global muy por debajo de los 2 °C, incrementando la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático y promoviendo la resiliencia al clima y a un desarrollo con bajas emisiones de carbono. Para lograr las metas acordadas, el Acuerdo de París establece un marco de transparencia reforzado que tiene como fin el fomentar la confianza mutua y promover la aplicación efectiva del Acuerdo, aumentando la claridad y facilitando el seguimiento de los progresos realizados. En el artículo 4, el Acuerdo de París introduce las "Contribuciones Nacionales Determinadas" (NDC, por sus siglas en inglés), que son compromisos que los países miembros de la Conferencia de las Partes de las Naciones Unidas han adoptado y deben implementar voluntariamente en períodos de 5 años tras la firma del Acuerdo de París, con el objetivo de reducir la emisión de gases de efecto invernadero. Lo anterior, considera acciones de mitigación, pero también incluye compromisos en adaptación, financiación o innovación tecnológica.

1.2.2 Objetivos de desarrollo sostenible de Naciones Unidas

Los "Objetivos de Desarrollo Sostenible" (ODS) (Naciones Unidas, 2015) también incorporan compensaciones y medidas para ayudar a las comunidades a adaptarse a su entorno cambiante a través de la limitación de emisiones de los gases de efecto invernadero. Al adoptarla, los Estados, entre ellos Chile, se comprometieron a movilizar los medios necesarios para su implementación mediante alianzas centradas especialmente en las necesidades de los más pobres y vulnerables. El progreso en los ODS apoya la acción climática que reducirá el cambio futuro de los ecosistemas de los océanos, y también las respuestas de adaptación a cambios inevitables.

La Agenda 2030 de las Naciones Unidas se plantea desde el año 2015 y rige los programas de desarrollo mundiales durante los próximos 15 años. Con sus 17 objetivos y sus 169 acciones se esfuerzan para terminar con la pobreza y el hambre; proteger el planeta y reducir las desigualdades de género, sociales y económicas para el 2030. En específico, el objetivo 14 establece: "Conservar y utilizar en forma sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible". Este objetivo debe analizarse transversalmente respecto a los otros de modos de dar cumplimiento y superar vallas sociales, culturales y económicas; se sugiere que un panel de expertos participe de este análisis.

Figura 1. Conjunto de objetivos globales como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible. Cada objetivo tiene metas específicas que deben alcanzarse en los próximos 15 años.

1.2.3 FAO (2018), IPCC (2014), IPCC (2018), IPCC (2019) e IPBES (2018)

El reciente reporte de evaluación de pesquerías y acuicultura, en el contexto del cambio climático de la FAO (2018), determina que el sistema de la corriente de Humboldt que recorre la costa de Chile es el ecosistema marino más productivo en términos de desembarques, lo cual está totalmente determinado por las condiciones climáticas imperantes. Los pronósticos futuros sobre la intensificación de vientos favorables para la surgencia alertan de una disminución en la productividad de los ecosistemas costeros, lo que podría cambiar el

estado actual que posee en términos de productividad de peces. Aunque los modelos climáticos predicen un incremento de los vientos favorables a la surgencia frente a Chile, el incremento de la estratificación oceánica, debido al calentamiento de la temperatura superficial del mar, debería producir una disminución de la surgencia y, por ende, de la productividad. Bertrand *et al*. (2018) denotan la necesidad de promover los sistemas de institucionalidad participativa de gobernanza a través de la mejora e incremento de los estudios científicos y el monitoreo de las condiciones ambientales; lo cual mejoraría la capacidad adaptativa de las pesquerías de pequeña escala ante el cambio climático. Este reporte también determina la necesidad de ampliar el control sobre las pequeñas pesquerías para mantener a largo plazo su sostenibilidad, favorecer el consumo de pescado, evitar el descarte y disminuir la huella de carbono a través del uso de gas natural. Estas evidencias han sido compiladas y analizadas por los informes del IPCC (de sus siglas en inglés, *Intergovernmental Panel on Climate Change*).

Los últimos informes elaborados por el IPCC declaran que las personas que viven cerca del océano dependen directamente de sus recursos para ganarse la vida y están particularmente expuestos a las amenazas e impactos del cambio climático (Barange *et al*., 2014). Estos documentan cómo en la actualidad, la población residente en regiones costeras ya está expuesta a cambios en las condiciones climáticas, muchas veces extremas, donde estos riesgos e impactos se prevén aumenten en el futuro. En estas circunstancias, la adaptación sobreviene como unas de las acciones climáticas prioritarias.

La planificación de escenarios y el diseño de vías de adaptación se han expandido desde el "5° Reporte de Evaluación" del IPCC, 2014 (AR5), especialmente en el contexto de la planificación del desarrollo para las regiones costeras y los deltas (Frame *et al*., 2018 y Lawrence *et al*., 2018). Desde AR5, se habla de adaptación transformacional; esto es la necesidad de cambios fundamentales, tanto en lo privado, lo público como lo institucional, a través de procesos flexibles en la toma de decisiones para enfrentar las consecuencias del cambio climático. Actualmente, las instituciones y/o los individuos asumen cada vez más la disposición a participar de este cambio transformador a través de la aceptación y entendimiento de las alteraciones fundamentales a sistemas tanto naturales como humanos (Klinsky *et al*., 2016).

El Informe IPCC-1.5 °C (IPCC 2018) subraya que ya estamos viviendo las consecuencias de un calentamiento global de 1 °C, y alerta sobre cómo se exacerbarían los cambios si llegamos a 2 °C, como lo proyectado al ritmo de las emisiones existentes. De acuerdo con el informe, es técnicamente posible con las leyes de la física, limitar el calentamiento a 1.5 °C, pero implicaría reducir hasta un 45 % las emisiones de dióxido de carbono en 2030 respecto de los niveles de 2010, y alcanzar una emisión cero en 2050. Al ritmo actual de emisiones, se alcanzará un aumento de 1.5 °C entre 2030 y 2052 y en 2100 el calentamiento puede situarse entre 3 a 4 °C. En el informe se ponen de manifiesto algunos impactos que podrían limitarse con un menor aumento de la temperatura.

El nivel del mar continuará creciendo más allá del año 2100, cuando se espera que se sitúe entre 26 y 77 cm por encima del nivel de referencia del período 1986-2005, con un aumento de 1.5 °C, en torno a 10 cm por debajo de lo que se espera para un calentamiento de 2 °C. Esto significa que hasta 10 millones de personas menos quedarían expuestas a los impactos asociados, tales como la intrusión del agua del mar, inundaciones y daños de infraestructuras en zonas bajas del litoral y en pequeñas islas. Si se supera el 1.5 °C, se corre el riesgo de inestabilizar las capas de hielo de Groenlandia y de la Antártica, lo que podría traducirse en un aumento del nivel del mar de más de 1 metro para cientos o miles de años.

Un calentamiento global inferior reduciría el aumento de la temperatura, la acidez del agua oceánica y el ritmo al que está disminuyendo el oxígeno en los océanos, limitándose con ello los riesgos para la biodiversidad marina, la pesca y los ecosistemas. Los impactos del cambio climático en el océano están incrementando los riesgos para la pesca y la acuicultura, a través de los impactos en la fisiología, supervivencia, hábitat, reproducción, incidencia de enfermedades y riesgo de especies invasoras (confianza media); pero se proyecta que será menor a 1.5 °C de calentamiento global que a 2 °C. Un modelo pesquero global, por ejemplo, proyectó una disminución en la captura anual global para pesquerías marinas de aproximadamente 1.5 millones de toneladas por 1.5 °C de calentamiento global, en comparación con una pérdida de más de 3 millones de toneladas para 2 °C de calentamiento global.

Por último, el "Informe Especial sobre Océanos y Criósfera" o SROCC (IPCC, 2019) entrega en forma muy actualizada observaciones y proyecciones sobre los principales cambios observados en el océano y proyectados bajo escenarios de trayectorias de emisiones RCP. Las RCP son "Trayectorias de Concentración Representativas" (en inglés, *Representative Concentration Pathways*) y que corresponden a balances radiativos en términos de W/m^2, emisiones y concentraciones de la gama completa de gases de efecto invernadero, aerosoles y gases químicamente activos, así como el uso del suelo y la cubierta terrestre (Moss *et al*., 2008). El lenguaje calibrado del IPCC utiliza expresiones cualitativas de confianza basadas en la solidez de la eviden-

cia para un hallazgo, y (cuando sea posible) usa expresiones cuantitativas para describir la probabilidad de un hallazgo (Figura 2). En el mencionado informe, los siguientes términos se utilizan para describir la evidencia disponible: limitada, media o robusta, y para el grado de acuerdo: bajo, medio o alto. Un nivel de confianza se expresa utilizando cinco calificadores: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto. Para una declaración de evidencia y acuerdo, se pueden asignar diferentes niveles de confianza, pero los niveles crecientes de evidencia y los grados de acuerdo se correlacionan con la confianza creciente. También se han utilizado los siguientes términos para indicar la probabilidad evaluada de un resultado: Alta probabilidad 99 %-100 %; Muy probable 90 %-100 %; Probable 66 %-100 %; Casi tan probable como 33 %-66 %; Improbable 0 %-33 %; Muy improbable 0 %-10 % y Excepcionalmente improbable 0 %-1 %. Por ellos en el levantamiento de evidencias ya sean globales o regionales, se debe incluir el nivel de confianza y probabilidad, para priorizar medidas de acción (mitigación y adaptación).

Según IPCC (2019), las personas que viven cerca del océano dependen directamente de sus recursos para ganarse la vida y están particularmente expuestas a los impactos y peligros del cambio climático (muy alta confianza) (Barange *et al*., 2014). Estas exposiciones pueden provocar daños y fallas en la infraestructura, pérdida de habitabilidad, degradación de los servicios del ecosistema, impactos económicos y no económicos (sociales), además de conflicto y migración humana generalizada (Oppenheimer *et al*., 2014; Van Ruijven *et al*., 2014 y Cunsolo y Ellis, 2018).

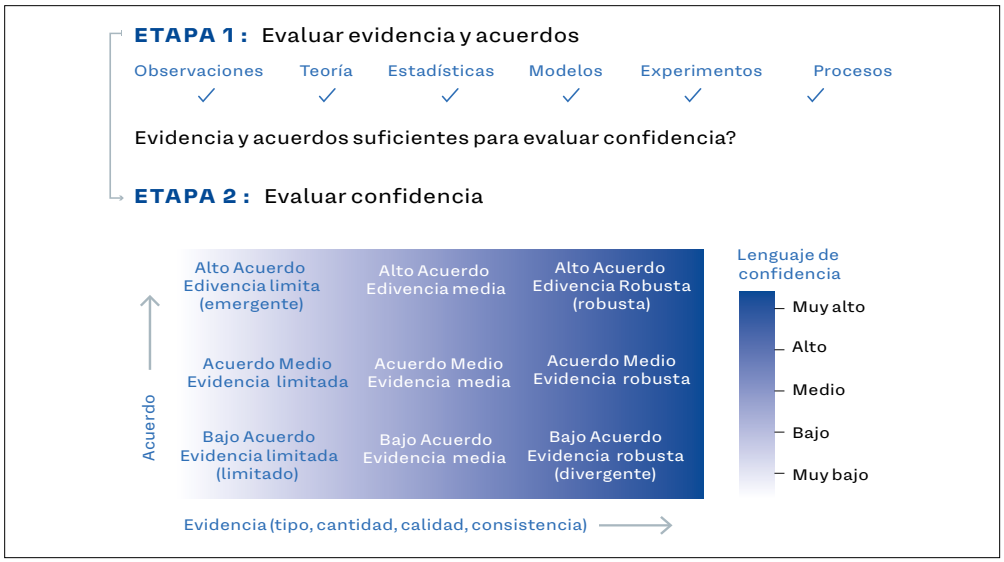


Figura 2. Esquema del uso de lenguaje calibrado con niveles de acuerdo y evidencias para evaluar grado de confidencia, dado por IPCC (2019); gentileza Laura Farías.

La Plataforma Intergubernamental de Ciencia-Política sobre Biodiversidad y Servicios del Ecosistema (IPBES) es el organismo intergubernamental de NU que evalúa el estado de la biodiversidad y de los servicios del ecosistema proporcionados a la sociedad, en respuesta a las solicitudes de los tomadores de decisiones. Respecto al manejo de recursos marinos (IPBES, 2018), el programa actualmente utiliza una amplia gama de enfoques para gestionar los recursos marinos. Estos incluyen enfoques centralizados (p. ej., zonificación oceánica, limitación del acceso al océano a través de permisos o el establecimiento de áreas marinas protegidas, regulación del uso de artes o especies capturadas o aplicación de límites de captura de peces) y enfoques basados en la comunidad y regímenes de gestión informales o tradicionales, así como un híbrido de técnicas dependientes de los contextos socioecológicos locales. Aunque la gestión de los recursos marinos a menudo se ve como un campo que tiene sus raíces en las ciencias biofísicas, es fundamentalmente un proceso impulsado político y culturalmente, moldeado por los medios de vida y las percepciones humanas, donde las nociones de espacio y lugar dan forma a las políticas y a la toma de decisiones de manera fundamental (Levine *et al*., 2015).

Las Áreas Marinas Protegidas (AMP) son una herramienta de gestión espacial fundamental que ha recibido un creciente énfasis internacional en las últimas décadas, con un objetivo internacional de 10 % de cober-

tura oceánica para 2020 establecido por el Convenio sobre Biodiversidad (http://www.cbd.int/sp/targets/). Chile se ha alineado con creces en este objetivo. Las AMP se han promovido principalmente para conservar la biodiversidad; sin embargo, este objetivo puede ser escalado a estudios ecológicos y pesqueros con el objeto de recuperar *stock* de peces y recabar información de pesquerías sostenibles (Lubchenco *et al.,* 2003; Toropova *et al*., 2010). La participación de la sociedad en las AMP presenta una oportunidad de investigación para numerosas disciplinas con un enfoque más integrado de la investigación y manejo; su éxito depende en cierta manera de factores sociales y participación ciudadana. La reciente creación del Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas ofrece una excelente oportunidad para relevar temas transversales de pesca y acuicultura en el ámbito de la adaptación. Un análisis del impacto de la pesca artesanal en la conservación de la biodiversidad es realizado por la mesa de Biodiversidad, del Comité Científico COP25.

BOX 1. El nuevo concepto de adaptación

En el Box 1 se delinean los conceptos y definiciones que están vigentes respecto a esta materia, a la luz de los nuevos conceptos delineados (desde AR5), los cuales han sido perfeccionados y mejorados en los últimos reportes e investigaciones científicas en el ámbito de la sociología y las políticas públicas. Estos no estaban vigentes en el período de elaboración del Plan de Adaptación en Pesca y Acuicultura.

EXPOSICIÓN: La presencia de personas, medios de subsistencia, especies o ecosistemas, funciones, servicios y recursos ambientales, infraestructura, o activos económicos, sociales o culturales en lugares y entornos que podrían verse afectados negativamente.

AMENAZA: La posible ocurrencia de un evento o tendencia física natural o inducida por el hombre que puede causar la pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como daños y pérdidas a la propiedad, infraestructura, medios de vida, prestación de servicios, ecosistemas y recursos ambientales.

VULNERABILIDAD: La vulnerabilidad abarca una variedad de conceptos y elementos que incluyen sensibilidad o susceptibilidad al daño y falta de capacidad para hacer frente y adaptarse. Este término comprende las consecuencias adversas potenciales donde algo de valor está en juego y donde la ocurrencia y el grado de un resultado son inciertos. La vulnerabilidad es el conjunto de condiciones físicas, sociales y económicas que inciden en la posibilidad de afectación de las personas, de un sistema social y/o natural, debido a la ocurrencia de fenómenos naturales, y que están en relación con su exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa. En el contexto de la evaluación de los impactos climáticos, el término riesgo se usa a menudo para referirse a las posibles consecuencias adversas de un peligro relacionado con el clima, o de las respuestas de adaptación o mitigación a dicho peligro, en vidas, medios de vida, salud y bienestar, ecosistemas y especies, bienes económicos, sociales y culturales, servicios (incluidos los servicios ecosistémicos) e infraestructura.

RIESGO: Es el resultado de la interacción de la vulnerabilidad (del sistema afectado), su exposición a lo largo del tiempo (a la amenaza), así como la amenaza (relacionado con el clima) y la probabilidad de que ocurra.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS: Son los beneficios que nos otorga la naturaleza, y representan los recursos o procesos de los ecosistemas naturales que benefician a los seres humanos. Incluye productos como energía, agua potable limpia y procesos tales como la descomposición de desechos, el secuestro de carbono, los alimentos y, en el caso de recursos marinos, los asociados a la pesca y acuicultura.

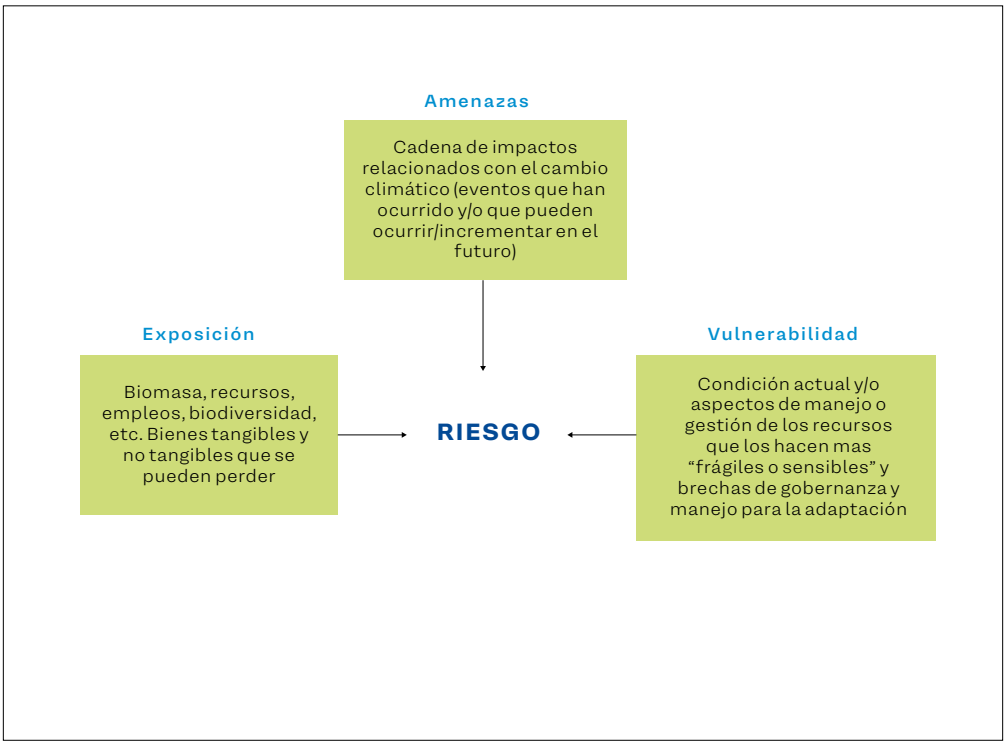


Figura 3. Concepto de riesgo adaptado del IPCC AR5, para evaluar riesgo en pesca y acuicultura (gentileza de D. Soto et al., 2019, Programa Capacitación FAO-GEF)

1.3 OBJETIVOS DEL PRESENTE INFORME

Analizar el escenario político, socioeconómico y ambiental actual donde la actividad pesquera y acuicultura transcurre y sus impactos.

Actualizar cambios de variables y procesos climáticos y oceanográficos que afecten. directamente al recurso marino y nuevos escenarios y proyecciones en distintas escalas de tiempo.

Incluir riesgos e impactos del cambio climático que afectan a la pesca y acuicultura.

Analizar progresos en PACCPA y proponer nuevos objetivos y acciones.

Levantar brechas respecto a Plan de Adaptación anterior.

Sugerir indicaciones como incluir objetivos de adaptación cuantificables y con métricas y analizar convergencias con nuevos instrumentos como NDC actuales y otros.

1.4 ASPECTOS METODOLÓGICOS PARA LA PROPUESTA

Metodológicamente, se levantó información para la elaboración del informe a través de dos instancias: una previa al taller y otra durante el día del evento. La primera actividad consistió en un trabajo individual en donde cada participante rellenó un formulario para sugerir compromisos y metas que debieran ser consideradas para el Plan de Adaptación en Pesca y Acuicultura, y el Plan de Adaptación de Borde Costero (los participantes al Taller se muestran en el Anexo I). Con plazo de una semana (31 de julio al 7 de agosto 2019), se invitó a los participantes a indicar compromisos, metas, plazos y métricas que estimen necesarios a considerar para estos planes de adaptación. Los resultados de esta encuesta arrojaron 26 compromisos para considerar en el informe.

Durante el día del evento, se diseñó una actividad que consistió en cinco mesas de discusión organizadas alrededor de los cinco objetivos específicos del primer Plan de Adaptación en Pesca y Acuicultura. En ella se les pidió a los participantes que discutieran las medidas específicas que el Plan establecía para la consecución de su objetivo, tanto en la teoría como en la práctica. Los participantes discutieron medida por medida su pertinencia, suficiencia y exhaustividad para cumplirlo, como así también la efectividad con la que estas medidas fueron alcanzadas, y las barreras que se evidenciaron para cumplirlas. También se les pidió a los participantes que indicaran nuevas medidas para el Plan, en vista de los resultados y vacíos que observaron en la primera versión del Plan de Adaptación. Esto arrojó una nueva serie de compromisos, metas, plazos y métricas para los planes. Junto con el trabajo previo al taller, esto llevó a 50 medidas nuevas sugeridas por la comunidad científica para ser incluidas en los Planes de Pesca y Acuicultura, y en el de Borde Costero. Los contenidos desarrollados en esta instancia se sistematizaron para entregar un reporte simplificado de recomendaciones al momento de elaborarse el segundo Plan de Adaptación en Pesca y Acuicultura, y la primera versión del Plan de Adaptación de Borde Costero. Incluye la descripción del proceso de diseño y elaboración, que contenga etapas, actores involucrados, modelos de participación, etc.

Una tercera instancia fue la elaboración del documento aquí presente, mediante un índice de contenido por parte de la coordinadora de la Mesa Océanos y donde los académicos y otros que se ofrecieron como contribuyentes entregaron contenidos. Estos fueron compilados en línea, revisados y editados.

2. Gobernanza del sector de pesca y acuicultura y Plan de Adaptación

La gobernanza del sector de pesca y acuicultura y del borde costero ha sido criticada por estar altamente fragmentada entre muchas instituciones y especialmente sin una adecuada coordinación (FAO, 2013) e integración con las del borde costero (Urrutia y Weber, 2016). De hecho, años atrás se propuso (sin éxito hasta ahora) la creación de un Ministerio del Mar y Borde costero y actualmente se discute en el Congreso Nacional una nueva institucionalidad para el borde costero (Proyecto de ley Administración del borde costero y concesiones marítimas, Boletín Nº 8467-12).

En relación con los desafíos que plantea el cambio climático, existe consenso en que la armonización de las estructuras de gobernanza local, regional y global proporcionará una política general de acción y asignación de recursos necesarios para la adaptación. Una coordinación de arriba hacia abajo (*top down*) y los procesos de gobernanza deben ser revisados para aumentar la efectividad de las respuestas, movilizar y distribuir equitativamente los recursos naturales y acceder a servicios privados y a las capacidades del sector público (Barnett *et al*., 2014; Altomonte y Sánchez, 2016). En la Figura 4 se presentan las instituciones y el marco regulatorio existente, pero se desarrollará la institucionalidad íntimamente relacionada al CC y sustentabilidad.

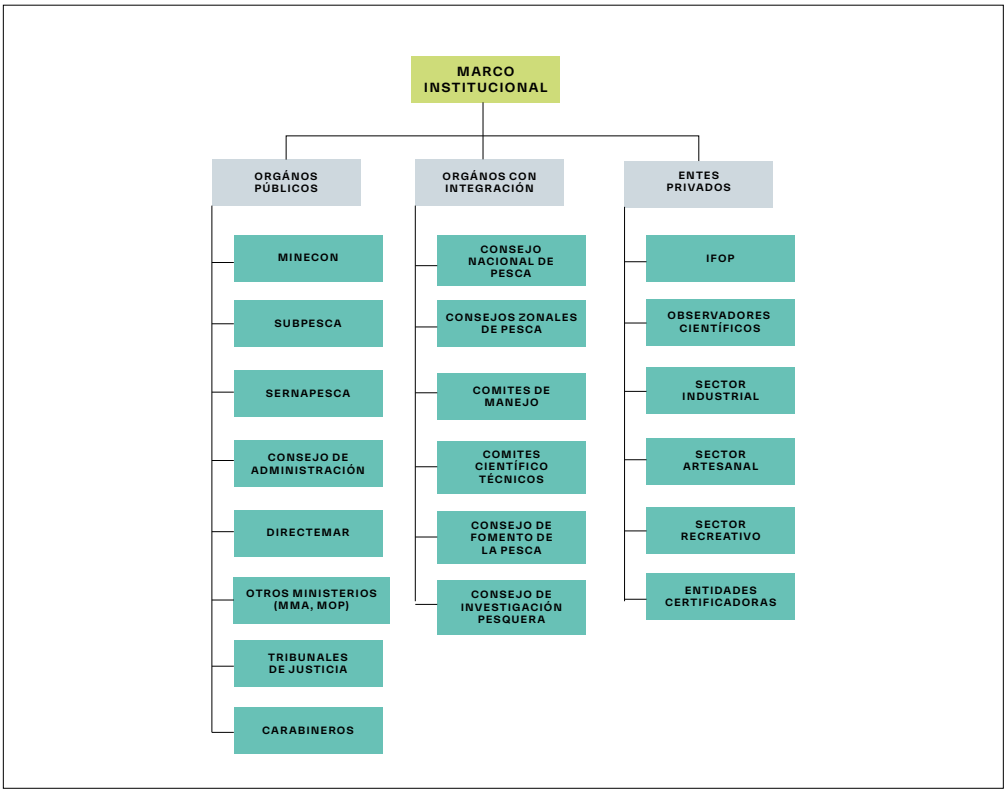


Figura 4. Marco institucional Sector Pesca y Acuicultura (Gentileza de Rocío Parra).

2.1 INSTITUCIONALIDAD NACIONAL

La Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA) tiene como misión promover el desarrollo sustentable de la actividad pesquera y acuícola, definiendo políticas y aplicando normativas que incrementen los beneficios sociales y económicos del sector, para el bienestar de las generaciones presentes y futuras del país.

El Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) asesora la toma de decisiones de la institucionalidad de pesca y acuicultura nacional, mediante la elaboración de antecedentes científicos y técnicos de valor público para la administración y sustentabilidad de los recursos de la pesca, de la acuicultura y de sus ecosistemas.

El Consejo de Ministros para la Sustentabilidad (CMS) es presidido por el Ministro del Medio Ambiente e integrado por los Ministros de Agricultura, de Hacienda, de Salud, de Economía, Fomento y Reconstrucción, de Energía, de Obras Públicas, de Vivienda y Urbanismo, de Transportes y Telecomunicaciones, de Minería y Planificación. La misión del CMS es, entre otras, proponer al Presidente de la República las políticas para el manejo, uso y aprovechamiento sustentables de los recursos naturales renovables, los criterios de sustentabilidad que deben ser incorporados en la elaboración de las políticas y procesos de planificación de los ministerios, la creación de las áreas protegidas del Estado y pronunciarse sobre los criterios y mecanismos en virtud de los cuales se deberá efectuar la participación ciudadana en las Declaraciones de Impacto Ambiental, a que se refiere al artículo 26 de la ley Nº 19300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente.

El Ministerio del Medio Ambiente (MMA), a través de la División de Cambio Climático, es responsable de "proponer políticas y formular los planes, programas y planes de acción en materia de cambio climático", de acuerdo con el artículo 70 h. de la Ley 19300. La División de Cambio Climático tiene como misión contribuir en el desarrollo sustentable y resiliente a los impactos del cambio climático y en una economía baja en carbono del país, mediante la integración e impulso de más y mejores políticas públicas sectoriales que permitan, a nivel local, enfrentar el cambio climático e implementar acciones de mitigación, que a su vez sirva de ejemplo a nivel global. Para llevar a cabo lo anterior, la División de Cambio Climático se organiza en tres departamentos: 1) Mitigación e Inventarios de Contaminantes Climáticos; 2) Adaptación al cambio climático y desarrollo de capacidades y 3) Negociación Internacional y Financiamiento.

Al respecto, la Estrategia Nacional de Cambio Climático del 2006 generó el primer "Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2008-2012" (PANCC) que contempló tres líneas de acción prioritarias: adaptación, mitigación y generación de capacidades. En la Primera (MMA, 1999) y Segunda (MMA, 2011) Comunicación Nacional sobre Cambio Climático bajo la CMNUCC, las zonas costeras no fueron abordadas en forma sustancial ni se incluyeron evidencias ni resultados relevantes, tampoco se identificaron medidas de adaptación o evidencias para identificar impactos en ellas. No obstante, en la Tercer Comunicación Nacional sobre Cambio Climático (MMA, 2016), se reconoce que no se ha identificado su vulnerabilidad, a pesar de su relevancia, y se mencionan algunos avances para el desarrollo de un Plan de Adaptación Nacional con medidas de adaptación (1) en el diseño de Infraestructura, y (2) mejora de los instrumentos de planificación territorial en zonas costeras (Aldunce *et al*., 2014).

Al presente se generaron una serie de planes sectoriales, entre ellos un Plan de Adaptación al Cambio Climático para el sector Pesca y Acuicultura (PACCPA). La coordinación de ese Plan correspondió al MMA a través de su Departamento de Cambio Climático. El PACCPA es el marco general para desarrollar la estrategia político-pública para establecer las prioridades en materia de adaptación al cambio climático y promueve la participación y coordinación de los grupos de interés. Al respecto, el Departamento de Cambio Climático de SUBPESCA lideró la elaboración del Plan y delineó sus acciones basado en cinco objetivos específicos y se puso en vigencia durante el 2015.

2.2 CAMBIOS Y ACTUALIZACIONES EN POLÍTICAS, PLANES Y LEYES NACIONALES

Es importante destacar que para el período 2015-2020 se han cambiado algunas políticas públicas, planes y leyes que conciernen al quehacer en el océano y su zona costera.

La Ley de Caletas, del 28 de septiembre de 2017, que "regula el desarrollo integral y armónico de caletas pesqueras a nivel nacional y fija normas para su declaración y asignación", comprende a la fecha 461 caletas existentes en Chile. Sus objetivos son fortalecer las capacidades productivas, económicas y sociales de las organizaciones de pesca artesanal en los espacios costeros; cabe mencionar que muchas de estas organizaciones hoy han adoptado la forma de Sindicatos de Trabajadores Independientes (STI). La ley forma parte del compromiso asumido por el Gobierno de la presidenta Michelle Bachelet en el año 2015, con el desarrollo de las comunidades pesqueras del país. En virtud de la entrada en vigor de esta normativa las organizaciones

pueden –por primera vez– proyectarse por un período de 30 años en actividades productivas, ya sea a través de emprendimientos locales que les permitan mayor diversificación, tal es el caso del turismo sustentable, o mediante salas de procesos y puestos de venta de productos del mar, artesanía local y gastronomía, como la posibilidad de una mayor inversión en infraestructura. Importante es señalar que con fecha 28 de junio de 2019, fue publicado en el Diario Oficial el Decreto Supremo N° 98, de 9 de mayo de 2018, por el cual se fija el "Reglamento que regula los títulos I y II de la Ley N° 21027", y que en particular regula el proceso de asignación de una caleta de pesca artesanal, el plan de administración de ella, el funcionamiento y tareas de una "Comisión Intersectorial" que se pronuncia sobre los planes de administración de la caleta y fija el título habilitante en virtud del cual, una vez aprobado el plan de administración, los integrantes de la organización podrán hacer uso de la caleta. Esto es un convenio de uso cuya vigencia no puede ser superior a la destinación marítima última que en la actualidad se extiende por 15 años. El referido convenio de uso permite a la organización recurrir a las figuras de arriendo y comodato respecto de una superficie que no exceda las 40 % del total de la superficie que le fue asignada.

Ley General de Pesca y Acuicultura (Ley N° 21134) contenida en el Decreto Supremo N° 430, que "Fija el texto refundido, coordinado y sistematizado de la Ley N° 18892, de 1989 y sus modificaciones". Esta ley determina el marco regulatorio para la administración sustentable de los recursos hidrobiológicos y su ambiente, a través de figuras como cuotas globales, vedas, tallas mínimas; además de importantes innovaciones en el ordenamiento de la actividad pesquera. También incentiva el ejercicio de la participación responsable de todos los actores en la actividad. Desde su publicación en el Diario Oficial en 1989, ha habido 60 reformas a la Ley General de Pesca y Acuicultura (detalladas en Anexo I) varias de ellas importantes en materia de sustentabilidad y cambio climático, como se aprecia en Figura 5.

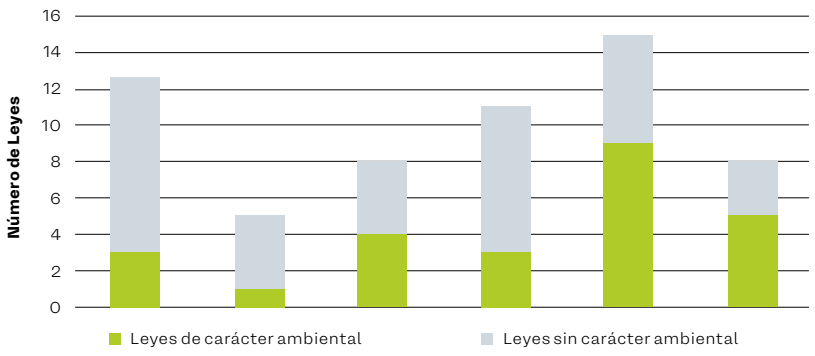


Figura 5. Leyes modificatorias de la Ley General de Pesca y Acuicultura (1990 - 2019) (Gentileza de Verónica Delgado y Juan Francisco Zapata).

En los primeros años, las materias abordadas fueron básicamente incorporar la acuicultura y el régimen aplicable a los recursos bentónicos; regular el acceso a la actividad pesquera y acuícola (con inscripciones, patentes y cuotas) y mejorar infracciones y sanciones, determinando los tribunales competentes. A partir del año 2000, se establecieron algunas prohibiciones o limitaciones, como el límite máximo de captura por armador, la prohibición de la pesca de arrastre para la pesca artesanal y la exclusión de toda actividad pesquera extractiva y de acuicultura, en las áreas silvestres protegidas por el Estado, pero permitiéndolas en Reservas Nacionales y Forestales. Se prohíbe y regula la importación y cultivo de especies hidrobiológicas genéticamente modificadas y se protegen los cetáceos, imponiendo obligaciones para "la protección, rescate, rehabilitación, reinserción, observación y monitoreo de mamíferos, reptiles y aves hidrobiológicas".

A partir del año 2010 hay algunos cambios importantes en materia de sustentabilidad, aunque generalmente se limitan a la sustentabilidad de los "recursos hidrobiológicos", como la creación de las áreas de manejo sanitario en acuicultura, imposición de cuotas globales anuales de captura, tallas mínimas, prohibición del descarte de especies hidrobiológicas. Se imponen, además, normas de protección para recursos vivos marinos antárticos y tiburones, prohibiendo y sancionando ciertas prácticas. Y se modifica la regulación relativa

al repoblamiento y cultivo de algas. Este año, se establece que la especie "Dosidicus gigas" o jibia, solo podrá ser extraída utilizando potera o línea de mano como aparejo de pesca y se aumentan sanciones. También ha habido cambios institucionales a destacar, como la creación de la Comisión Nacional de Acuicultura y los Consejos Zonales de Pesca, los Observadores Científicos, los Comités Científicos Técnicos, la creación del Instituto Nacional de Desarrollo Sustentable de la Pesca Artesanal y de la Acuicultura de Pequeña Escala, etc. Además, en enero de 2019, se fortalecen las facultades del SERNAPESCA, con nuevas facultades de monitoreo, control y vigilancia; y se imponen nuevas infracciones y delitos.

En los últimos años también se ha regulado la pesca de investigación y se mejoró la regulación de los planes de manejo, las medidas de conservación y administración y la exigencia de sistemas de posicionamiento automático. El cambio más importante se produce el año 2013, cuando se incorpora a la ley el principio precautorio y enfoque ecosistémico (aunque con limitaciones como se verá) y se dan nuevas normas para la sustentabilidad de los recursos hidrobiológicos, la preservación del Medio Ambiente acuático y un procedimiento de adopción de medidas de conservación o administración, con nuevas sanciones. Sin embargo, y directamente vinculado al cambio climático, es importante considerar las críticas realizadas a la limitada forma de incorporar en la ley chilena el enfoque ecosistémico (FAO, 2016) y el principio precautorio (Garrido, 2018).

BOX 2. La necesidad de reformar el concepto de enfoque ecosistémico y principio precautorio de la Ley de Pesca y Acuicultura en un contexto de cambio climático

Reconociendo que la incorporación del principio precautorio y del enfoque ecosistémico en la Ley de Pesca y Acuicultura es un avance importante *para lograr una gestión sustentable de la actividad pesquera y acuícola en Chile,* es necesario realizar algunas modificaciones *legales para que estos enfoques y principios* puedan cumplir plenamente su rol protector*, tanto de los sectores productivos relacionados como de los ecosistemas naturales y sociales involucrados.*

Respecto a la incorporación del enfoque ecosistémico en la Ley de Pesca y Acuicultura, las principales críticas son las siguientes: Para la FAO (2016) no cumple los estándares internacionales en dos aspectos: (a) que el principio atiende solo a la "interrelación de especies predominantes en un área determinada" y *la recomendación es emplear un enfoque integrado al manejo de las pesquerías (FAO, 2003); (b) no incorpora la dimensión social, económica, de interrelaciones ecológicas e institucionales. Además, para Garrido (2019), la ley debe ser reformada para exigir que expresamente se aplique a la actividad acuícola, pues hoy solo se aplica a la actividad pesquera. Sobre este punto, Garrido (2019) propone:*

a) modificar el artículo 1º c de modo que se incorpore explícitamente la actividad acuícola, extendiendo la referida interpretación y aplicación a los reglamentos asociados; e

b) indicar al enfoque ecosistémico (junto al principio precautorio) como uno de los límites dentro de los que deben elaborarse los informes técnicos del artículo 2º número 65 que permitan adoptar diversas medidas de conservación;

c) elaborar un nuevo texto que conciba adecuadamente el enfoque ecosistémico cumpliendo estándares internacionales.

Respecto al principio precautorio, la ley lo reconoce en dos grupos de normas: aquellas que permiten generar información útil a la toma de decisiones, y las que permiten la participación del estamento científico en la gobernanza. Si bien para la FAO (2016) la incorporación de este principio satisface en general los estándares internacionales, para Garrido (2019) serían necesarias varias reformas importantes, que se detallan en Anexo II, entre las cuales la Mesa Océanos destaca: (a) aumentar la integración de científicos en varios consejos y comisiones; (b) propender la representación equitativa de los distintos sectores en consejos y comisiones; (c) acortar la duración en los cargos (de 4 a dos años) de algunos consejeros y (d) impedir que los Consejos puedan tomar decisiones prescindiendo de los informes técnicos (ambientales, técnico, económico y social) cuando ellos no son expedidos oportunamente.

Quizá estos aspectos explican que el informe Estado de Situación de las Principales Pesquerías Chilenas del año 2018*, publicado en marzo de 2019, ofrece información demoledora: de un total de 27 pesquerías (considera aquellas con puntos biológicos de referencia formalizados por los Comités Científicos Técnicos Pesqueros el año 2018), 8 (equivalente a 29,6 % del total) se encuentran en estado de plena explotación, 11 (40,7 % del total) como sobreexplotadas y 8 (29,6 % de total) se caracterizan como agotadas o colapsadas. Lo anterior podría explicarse por diversos motivos: deficiente consagración legal de los principios rectores de la ley y/o subrepresentación del estamento científico en la toma de decisiones en favor del sector regulado (Garrido, 2019) o una mala utilización de la institucionalidad existente (SUBPESCA, 2019). Por lo mismo, Garrido (2019) propone modificaciones legales, que se sustentan en críticas de organismos internacionales (FAO, 2016) como investigaciones nacionales (Anexo II).*

A partir del año 2015 (fecha del PACCPA) a la fecha ya se han promulgado y decretado más de seis modificaciones que ameritan ser analizadas a la luz de un nuevo PACCPA. En la Tabla 1 se incluyen las principales reformas legales en orden ambiental y de sustentabilidad.

Nº Ley	Publicación	Materia
20814	07-02-15	Prórroga a la entrada en vigor de la obligación de instalar dispositivos de posicionamiento automático en el mar, respecto de embarcaciones pesqueras artesanales.
20825	07-04-15	Amplía plazo de cierre para otorgar nuevas concesiones de acuicultura.
20837	28-05-15	Modifica materias sobre: (a) Pesca artesanal con línea de mano de la especie jurel y (b) ampliación de régimen de áreas de manejo y explotación de recursos bentónicos.
20925	17-06-16	Modifica regulación relativa al repoblamiento y cultivo de algas.
21033	05-09-17	Adecua disposiciones con la creación de la región de Ñuble y las provincias de Diguillín, Punilla e Itata.
21069	15-02-18	Adecua disposiciones con la creación del Instituto Nacional de Desarrollo Sustentable de la Pesca Artesanal y de la Acuicultura de Pequeña Escala.
21132	31-01-19	Establece (a) nuevas facultades de monitoreo, control y vigilancia, al Servicio Nacional de Pesca; (b) obligaciones a agentes de actividad pesquera y (c) nuevas infracciones y delitos.
21134	16-08-19	Establece que la especie “Dosidicus gigas” o jibia, solo podrá ser extraída utilizando potera o línea de mano como aparejo de pesca. Se prohíbe cualquier otro tipo de arte o aparejo de pesca. Establece multa de 500 unidades tributarias mensuales.

Tabla 1. Principales modificaciones (ambientales* y no ambientales) a la Ley de Pesca y Acuicultura en materia ambiental y de sustentabilidad (Elaboración: Verónica Delgado y Juan Francisco Zapata)

*Por medida ambiental entendemos toda norma o medida relacionada a la sustentabilidad y conservación, incluyendo prohibiciones y medidas de protección respecto de especies y recursos hidrobiológicos; medidas referentes a mejorar la fiscalización y a incorporar sanciones más drásticas respecto del incumplimiento de la normativa; así como medidas en favor de la investigación científica y la creación de instituciones científicas o ambientales.

Proyecto de Ley sobre Borde Costero. En la actualidad se encuentra en discusión ante el Congreso Nacional el proyecto de ley sobre "Administración del Borde Costero y Concesiones Marítimas", correspondiente al boletín legislativo N° 8467-12. Su discusión se inició el año 2012 y de acuerdo con el Mensaje del Presidente de la República el proyecto buscaba: **(a)** regular el proceso de fijación y modificación de la Política Nacional de Uso del Borde Costero del Litoral de la República contenido en el Decreto Supremo N° 475 de 1995, del Ministerio de Defensa Nacional, que además creó la Comisión Nacional de Uso del Borde Costero del Litoral, radicando este proceso en el Ministerio de Bienes Nacionales; **(b)** regular el proceso de "zonificación" del borde costero nacional, de manera que abordase la planificación territorial de aquellos segmentos no regulados a través de herramientas como el establecimiento de usos preferentes, que compatibilizan los derechos de los particulares con las necesidades del país y; **(c)** establecer un "nuevo" régimen para las concesiones marítimas, entregando su competencia al Ministerio de Bienes Nacionales, con el objeto de mejorar la eficiencia y rapidez en la tramitación de las concesiones marítimas. Se retoma su discusión durante el primer semestre de 2018, esta vez con indicaciones del Ejecutivo tendientes a considerar normativa esencial dictada en el tiempo intermedio, en particular las leyes N°s. 21703 y 21704, que en síntesis regulan la elección de Gobernadores Regionales y el Fortalecimiento de la Regionalización, significando en la práctica una nueva integración de las Comisiones Regionales de Uso del Borde Costero (CRUB), con un Delegado Presidencial Regional –antes el Intendente– y a contar del año 2022 con un Gobernador Regional electo, más un Consejo Regional con facultades en la determinación del ordenamiento territorial a través del denominado Plan Regional de Ordenamiento Territorial, donde se incluye la zonificación del borde costero. En particular, además a través de la Ley N° 21704 surge como herramienta urbanística el Plan de Ordenamiento Territorial [Nacional], en el cual debe trabajar la Comisión Interministerial de Ciudad, Vivienda y Territorio (COMICIVYT), cuya función principal es elaborar la Política Nacional de Ordenamiento Territorial, dentro de la cual no se incluye el borde costero nacional, lo que queda sujeto a su propia política contenida en el Decreto Supremo N° 475 ya referido.

Frente a esto, el Ejecutivo, mediante un trabajo conjunto entre el Ministerio de Defensa Nacional, órgano en que actualmente se radica la tramitación administrativa de las concesiones marítimas, específicamente en la Subsecretaría para las Fuerzas Armadas, además del apoyo de la Armada de Chile, a través de la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR) con sus distintos entes técnicos –el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA), la Dirección de Intereses Marítimos Medio Ambiente Acuático (DIRINMAR) y la Dirección de Seguridad y Operaciones Marítimas (DIRSOMAR)– y el Ministerio de Bienes Nacionales, concordaron en la necesidad de adaptar el texto del año 2012 a los cambios normativos ocurridos en el tiempo intermedio, precedentemente referido que en síntesis, significaron: **(a)** Migrar de la figura de la zonificación al trabajo de la COMICIVYT en tanto instancia gubernamental encargada del ordenamiento territorial nacional, para de esta forma considerar al borde costero como un territorio integrado a la planificación regional y consecuentemente nacional. **(b)** Radicar la fiscalización de este territorio en el Ministerio de Bienes Nacionales, sin perjuicio de las facultades de DIRECTEMAR de conformidad con su Ley Orgánica contenida en el DFL N° 291/1953. **(c)** Atribuir la tramitación administrativa de las concesiones marítimas al Ministerio de Bienes Nacionales. **(d)** Establecer el concepto de "áreas apropiadas" para determinados usos en el borde costero nacional. **(e)** Permitir que las concesiones marítimas sean transmisibles, es decir, los herederos de un titular, por ejemplo, un pescador artesanal, podrán adquirirla a través de la sucesión por causa de muerte, entre otros.

Una Comisión Regional de Uso del Borde Costero existe al amparo de la Política Nacional de Uso del Borde Costero del Litoral de la República, la que en su artículo 8º estipula que: "las Comisiones Regionales de Uso del Borde Costero, creadas por el Intendente, quien las presidirá, tienen por función principal entregar a la Comisión Nacional una propuesta de acciones tendientes a materializar en la respectiva región, la Política Nacional de Uso del Borde Costero del Litoral de la República. Las Comisiones Regionales dependerán funcional y administrativamente del Gobierno Regional, y tanto su organización como su funcionamiento deberán constar en los Reglamentos Internos que al efecto se dicten, con arreglo a los Instructivos Presidenciales y las directivas que se impartan desde el nivel central" (D.O. N° 35064 de 11 de enero de 1995).

La **Ley Lafkenche** correspondiente a la ley N° 20249, de 16 de febrero de 2008. También es importante que la actualización del PACCPA considere esta ley, pues pese a que la ley es del año 2008, recién el 2016 se constituyó el primero de estos espacios y esta experiencia debiera ser considerada. Esta ley otorga reconocimiento y protección a los derechos territoriales sobre el borde costero de las comunidades Mapuche-Lafkenche. Esta legislación además establece un mecanismo para destinar Espacios Costeros Marinos Pueblos Originarios (ECMPO), con el objetivo de preservar los usos y costumbres indígenas. Lo anterior ocurre entre-

gando la administración de estos espacios a las comunidades correspondientes, siempre y cuando no existan derechos constituidos por terceros en dicha área, para lo cual la Corporación Nacional de Desarrollo Indígena (CONADI) verifica los usos y costumbres reclamados. A su vez la Subsecretaría de Pesca (SUBPESCA) es la que analiza si existen superposiciones de usos, para luego derivar a la CONADI un informe sobre estos. Si este es favorable, la solicitud es sometida ante la Comisión Regional de Uso del Borde Costero (CRUBC) respectiva, que debe resolver fundadamente si estima o no compatible el o los usos propuestos con el ordenamiento territorial del borde costero local. Se hace presente que su opinión no es vinculante.

Dentro de este proceso en particular se han detectado aspectos críticos. Primero, la falta de claridad en torno a los criterios o fundamentos utilizados por las instituciones involucradas para resolver las solicitudes, esto considerando que el derecho internacional reconoce el derecho de los pueblos indígenas sobre los recursos naturales y a mantener sus usos. Segundo la lentitud de los procesos, esto a pesar de que la norma establece plazos del orden de los doce meses, en la práctica el promedio alcanza los cuatro años y medio. Esta situación ha generado la preocupación del sector acuícola-pesquero dado que impacta negativamente en sus procesos de inversión.

El **Anteproyecto de Ley Marco de Cambio Climático**, con una reciente consulta pública (http://consultasciudadanas.mma.gob.cl/) en el mes de junio 2019 (voluntaria y no vinculante) el Ministerio del Medio Ambiente buscó recoger las propuestas de la ciudadanía. Dicho documento propone que Chile se convierta en el primer país en vías de desarrollo en ser carbono neutral al 2050 y uno de los líderes a nivel mundial. El anteproyecto establece, también, la obligación de desarrollar una estrategia climática de largo plazo que defina metas de reducción de emisiones por sector, las que permitirán cumplir con la meta nacional, e incluirá metas de adaptación al cambio climático. Efectivamente, el art. 19 del anteproyecto propone que serán los planes sectoriales de adaptación los que establezcan un conjunto de acciones y medidas para lograr la adaptación de los sectores con mayor vulnerabilidad y así aumentar su resiliencia climática, siguiendo los objetivos y metas de la Estrategia Climática de largo plazo, que es el instrumento que usará Chile para definir los lineamientos en un horizonte de 30 años para el cumplimiento de los objetivos (mencionados en la ley). Para estos efectos, mandata elaborar planes en recursos hídricos, borde costero y mejorar algunos existentes como el de pesca y acuicultura. El anteproyecto también propone modificar las Normas de la Evaluación Ambiental Estratégica en la Ley 19300 de Bases Generales del Medio Ambiente, al exigir que las políticas y planes que deban someterse a este procedimiento (entre los cuales está la zonificación del borde costero y del territorio marítimo) consideren, obligatoriamente en su diseño, la "mitigación y adaptación al cambio climático" (art. 43).

Las **Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional** (NDC, por sus siglas en inglés) recogen los compromisos adoptados en forma unilateral por cada país ante el Acuerdo de París, y son comunicadas a la Secretaría de la CMNUCC cada cinco años. Si bien la NDC debe ser presentada el 2020, Chile, en calidad de país anfitrión de la COP25, quiere mostrar su compromiso presentando una propuesta ambiciosa de NDC en diciembre 2019, para el período 2020-2025. Las NDC se sustenta en cinco pilares: Mitigación, Adaptación, Construcción y fortalecimiento de capacidades, Desarrollo y transferencia de tecnologías y Financiamiento.

Para convertir las NDC en acciones, las Partes necesitan proponer acciones bajo un fundamento climático; en el caso de mitigación esto es cuánto CO_2eq se deja de emitir, o lo que representa mantener el *stock* de carbono o favorecer la captura o secuestro en término CO_2eq, otros co-beneficios de la medida y someterse a un proceso exhaustivo de desarrollo de políticas y estrategias, legislación, presupuestos, inversión y, finalmente, monitoreo y evaluación, con el fin de asegurar que se logren los objetivos (NDC, *Partnership Support Unit*, 2017). Además, este compromiso de NDC se encuentra en actual consulta pública desde 15 de octubre de 2019. Para Chile, lo que importa es transformar los compromisos en el papel en una legislación nacional y en acciones en el terreno y aumentar el nivel de ambición para la oportunidad de mantenerse en 1.5 °C o menos. Para ello la Mesa Océanos ha transformado acciones en NDC relativas a sector de pesca y acuicultura, como es su plan PACCPA, la huella de carbono de la acuicultura, y otras medidas basada en soluciones en la

naturaleza y también jurídicas relacionadas con el sector. La Mesa Océanos está realizando un análisis de los alcances de la nueva NDC presentada por el gobierno para el período 2020-2025 que deja ver las fortalezas y debilidades de este plan, a criterio de los académicos que conforman esta mesa.

La **Política Oceánica Nacional (PON)** aprobada en su segunda versión en el Decreto Supremo N° 74 de 12 de mayo de 2018, incluye un conjunto de definiciones y lineamientos para definir y precisar el campo de acción del sector público y privado, en torno a todas las actividades relacionadas con el mar. La PON incluye diversos temas como: conciencia marítima, desarrollo portuario, transporte marítimo, recursos naturales (pesca, minería), entre otros; pero la última versión hace énfasis principalmente en temas ambientales, preservación de recursos marinos e investigación científico-marina. Todo lo anterior conforme al compromiso adquirido por Chile en el Acuerdo de París el año 2016. La PON está bajo el alero de la Comisión Asesora Presidencial presidida por el Ministro de Relaciones Exteriores, en conjunto con los Ministros de Defensa Nacional, de Economía, Fomento y Turismo y del Medio Ambiente. La actual Política Oceánica será ejecutada, sectorialmente, mediante un Programa Oceánico para su implementación, actualización, seguimiento y cumplimiento de esta. El éxito de implementación y seguimiento de la PON depende en gran medida del compromiso de las instituciones y el grado de articulación entre estas.

Los Comités Regionales y Comunales de Cambio Climático o CORECC. Los gobiernos regionales (GORE), órganos públicos encargados de la administración superior de cada una de las regiones de Chile, y que tienen por objeto el desarrollo social, cultural y patrimonio propio. Tienen su sede en la ciudad capital de la respectiva región, sin perjuicio de que puedan ejercer sus funciones transitoriamente en otras localidades de la región.

Caracterizado por el modelo centralista, estos gobiernos regionales están constituidos por el intendente, designado por el Presidente de la República y por el consejo regional, compuesto de consejeros elegidos por sufragio universal, en votación directa, por períodos de cuatro años. A partir de octubre de 2019, la Ley N° 21074, reforma la Ley Orgánica Constitucional sobre Gobierno y Administración Regional (LOCGAR), realizando un cambio fundamental como es la elección de un gobernador desde la región que también ejercerá como presidente del consejo regional.

Por otro lado, la Ley de Presupuestos del sector público para el año 2019 entrega recursos para proveer ocho de los catorce cargos de planta creados por la Ley N° 21074, y la generación y reestructuración de siete nuevas divisiones, entre ellas la División de Fomento e Industria y División de Desarrollo Regional Departamento de Fortalecimiento y Gestión Regional Unidad de Fortalecimiento para la Descentralización. Los objetivos que se priorizan son: Generar planes de fortalecimiento por GORE y Detección de brechas y definición de prioridades de intervención y Entrega apoyo financiero para abordar las brechas detectadas.

De lo expuesto, se vislumbra una complejidad en estructura y aspectos legales difíciles de resolver, donde se requieren un análisis de un enfoque policéntrico de la gobernanza (Arriagada et al., 2018) o multinivel (Fernández, 2009) que permita una mejor adaptación del sector al CC.

BOX 3. Fortalecimiento de la capacidad de adaptación desde lo local "Proyecto GEF-FAO"

Este ejecutado por el IFOP, es un "sistema de información interoperable, que sistematiza e integra los datos de pesca, acuicultura y cambio climático" que forma parte de un conjunto de proyectos GEF-FAO para el "fortalecimiento de la capacidad de adaptación en el sector pesquero y acuícola chileno al cambio climático". Estos proyectos tienen como objetivo reducir la vulnerabilidad y aumentar la capacidad de adaptación al cambio climático del sector pesquero y acuícola de Chile. El proyecto GEF-FAO permitirá tener acceso a pescadores artesanales y tomadores de decisión públicos y privados de información georreferenciada ambiental, pesquera y acuícola de carácter histórica, sinóptica y climática para mejorar la toma de decisiones de manejo para el desarrollo sustentable de la actividad pesquera y acuícola. Este proyecto tiene tres pilares principales: convenios de colaboración y transferencia de información desde servicios públicos (SUBPESCA, SERNAPESCA, ARMADA y MMA, para incorporar otras en la segunda fase) y privados (UDEC) a IFOP; una base institucional reestructurada y alimentada interna y externamente y variables e indicadores sinópticos (imágenes satelitales) y climáticos (series de tiempo ambientales, pesqueras y acuícolas) que se muestran a través de una web y una aplicación telefónica. La plataforma permitirá reducir las brechas de información de los pescadores artesanales para la toma de decisiones diarias de pesca, como también tomar decisiones para el manejo e inversión pública de largo plazo (infraestructura, repoblamiento y acuicultura de pequeña escala en AMERB) y las decisiones de inversión privada en borde costero. Este proyecto en una segunda fase podrá incorporar información recopilada por otras instituciones públicas y privadas, otros proyectos FAO paralelos creciendo y generando nuevos indicadores y variables.

En el marco del proyecto GEF- FAO para el "fortalecimiento de la capacidad de adaptación desde lo local" se está llevando a cabo además, un programa de monitoreo local que busca mejorar la adaptación de la pesca y acuicultura al cambio climático, mediante el diseño e implementación de un programa de monitoreo ambiental local básico, como mecanismo de previsión y pronostico para enfrentar el CC a nivel local y de apoyo a las actividades productivas de cuatro caletas piloto (Riquelme, Tongoy, Coliumo y Hualaihué). La implementación de este Programa de monitoreo piloto, permitirá a los pescadores, recolectores, acuicultores y actores relevantes de las caletas, comprender la relevancia de la variabilidad ambiental sobre los recursos marinos y sus actividades productivas, mediante la participación activa en la toma y registro de los datos. Con esto se generará una concientización de los posibles efectos del cambio climático sobre las condiciones naturales del sistema costero local, los recursos relevantes y sus actividades productivas, apoyando la gestión y toma de decisiones locales, fortaleciendo las acciones de adaptación al cambio climático.

3. Situación social y económica de la pesca y la acuicultura

Indicadores internacionales y nacionales registran avances hacia el desarrollo, los que se reflejan en un Producto Interno Bruto (PIB) *per cápita*, ajustado por poder de compra, de US$ 25.283, estimado por el Banco Mundial. No obstante, una marcada inequidad que se manifiesta con una amplia dispersión de ingresos, donde se destaca claramente el sector minero con respecto al de la pesca artesanal (Direcon-ProChile, 2018). De hecho, el perfil socio-laboral de la pesca artesanal en Chile (incluidos pescadores de subsistencia, buzos mariscadores, recolectores de orilla y armadores) posee unos de los PIB *per cápita* más bajos y con reducido nivel educacional y cobertura de salud (https://tusalario.org/chile/carrera/funcion-y-salario/trabajadores-de-la-pesca-y-la-acuicultura).

SERNAPESCA (2017) mediante un estudio de equidad de género, entrega las primeras cifras de la condición de la mujer en aspectos culturales, sociales y económicas e indica claramente las brechas existentes en la materia.

Sin embargo, los recursos marinos, como la pesca y la acuicultura, representan la cuarta fuente exportadora, superando a la industria forestal (Direcon-ProChile, 2018). En el 2017, existió un importante crecimiento de las exportaciones de cobre, impulsado por mayores ventas al exterior de productos de la pesca y acuicultura (con US$ 857 millones adicionales a lo exportado en 2016). En efecto, desde el 2007 al 2017 se han incrementado de 13 % a 17 % las exportaciones del sector, liderado por salmónidos.

De acuerdo con el informe sobre el estado de las pesquerías de Chile (SUBPESCA, 2019), se entrevé que el 70 % de los recursos pesqueros del país están en estado de sobreexplotación o de colapso, tendencia que se ha mantenido en la última década. La situación es más compleja cuando no se ha podido separar o dar atributos de cambio climático versus sobrepesca; pues estos cambios también pueden estar asociados a modificaciones de hábitats y condiciones oceanográficas (migración y redistribución de peces, ecosistema degradados). Esto muestra la inquietante situación de los recursos marinos y la preocupante crisis ambiental en nuestro océano (SUBPESCA, 2019).

La acuicultura representa un sector en crecimiento, que junto a Noruega sumó el 80 % de la producción mundial de salmones en el año 2018. En términos de divisas y aporte al PIB, la pesca y la acuicultura son también muy relevantes; por ejemplo, las exportaciones de salmón alcanzaron a más de US$ 5150 millones el 2018, representando un 6.8 % de las exportaciones totales de Chile y un 14.5 % de las exportaciones no mineras. Durante 2018 Chile se ubicó, según FAO (2018), en el puesto 12 en producción de captura marina, descendiendo sus niveles de competitividad respecto al 2016, donde se ubicaba en el lugar Octavo. Esto posiciona al país como potencia mundial en la materia. Además del cultivo de salmones, Chile se encentra entre los cinco productores mundiales de moluscos bivalvos, con una producción de aproximadamente 300 000 toneladas en el año 2017. La principal especie de cultivo es *Mytilus chilensis* que se produce principalmente en la región de los lagos.

El informe FAO (2018) proyecta que en Chile la producción pesquera total (capturas y acuicultura) continuará expandiéndose durante la próxima década, a pesar de que los *stocks* pesqueros han disminuido(https://www.emol.com/noticias/Economia/2018/07/09/912690/FAO-Chile-aumentara-56-su-exportacion-pesquera-al-2030-y-se-convertira-en-el-lider-de-la-region.html).

Para 2030, la producción pesquera, incluida la acuicultura, alcanzará los 3.7 millones de toneladas. Se trata de un aumento del 44.6 % sobre el nivel de producción alcanzado en 2016 de 2.5 millones de toneladas.

No obstante, modelos pesqueros y el informe IPCC (2019) indican que el potencial productivo de la pesca se reduciría entre el 2.8 % y 12.1 % en forma global, frente a los diferentes escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero. Chile no está exento de esta predicción ya que parte de las amenazas, exposición y vulnerabilidades causarían esta merma en la actividad pesquera, debido a cambios en temperatura, acidificación, desoxigenación, marejadas y otros.

Al interior del sector se distinguen básicamente tres segmentos referenciales (a) un sector artesanal, proveedor de recurso para la actividad industrial de mayor escala; (b) un sector artesanal multi-productor de pequeña y mediana escala de productos destinados al consumo humano directo y (c) plantas industriales de gran escala con mayor tendencia relativa hacia la producción de líneas de consumo humano. No obstante, sus matices y diferencias, estos tres segmentos estarían determinados por dos grandes desafíos comunes. Por un lado, la necesidad de regular y ordenar el sector tendiente a desarrollar niveles de explotación más sostenible y, por lo tanto, demandando la necesidad de incrementar los niveles de eficiencia productiva. Por otro lado, las exigencias del mercado internacional por sustentabilidad, calidad y diferenciación, que también serán un fuerte incentivo a la industria para mejorar sus niveles de eficiencia.

En este marco, los segmentos de producción más diversificados y diferenciados se encuentran en mejores condiciones de adaptación, máxime si la producción se desarrolla de manera diferenciada con destino a mercados de consumo humano, toda vez que los tamaños de escala requeridos para su elaboración son menores y la tendencia mundial de la industria más dinámica es desviarse hacia este tipo de productos con mayor valor agregado y, en consecuencia, con mejores resultados económicos.

En general, *los cambios que aumentarán la capacidad adaptativa de los diversos sectores se orientan hacia una producción más eficiente y diversificada, generando cadenas productivas más cortas, diversificadas y de menor escala en el caso artesanal. Ello implicaría la necesidad de adaptar tamaños de planta a niveles eficientes y funcionales a la disponibilidad de recursos y a producir con mayores dosis de valor agregado del producto para competir eficientemente en los mercados internacionales.* Es posible por lo tanto que se produzcan tanto nuevas fusiones a nivel industrial, como también procesos de producción asociativa a escala artesanal, siendo esto último dependiente del marco de incentivos que pueda generarse para el fomento competitivo de la industria. También es posible que se profundicen procesos de integración vertical a escala industrial, como ya se ha dado en el ámbito de los cultivos, dada la escasez de recursos y los desafíos de sustentabilidad de la industria.

BOX 4. Un ejemplo de buena adaptación
Esta es una nueva aplicación digital que permite a los pescadores vender productos del mar y otros recursos pesqueros con etiquetado de origen, directamente a supermercados, ferias libres, restaurantes, etc., eliminando los intermediarios y permitiendo mejorar los precios de venta. (http://lanacion.cl/2019/09/04/fresca-pesca-la-aplicacion-para-que-pescadores-puedan-vender-sus-productos/).

4. Cambios físicos, bioquímicos y biológicos observados y proyectados en el océano costero

En esta sección se presentan las variables y procesos climáticos y oceanográficos más importantes para la costa chilena, y que han sido reportados en el último IPCC (2019) para el océano global con algunos énfasis en océanos regionales, incluyendo el Pacífico suroriental (Figura 6). Se analizan observaciones AR5 y proyecciones en períodos de tiempo históricos, futuro cercano (2030-2050) y futuro lejano (2080-2100), en trayectorias RPC 2.6 (muy conservador) y 8.5 (extremo).

	PROCESO VARIABLE	ACTUAL AR5	FUTURO LEJANO 2081 - 2100
	Calentamiento Tasa de cambio	Probable > 66% 0,3°C	Muy probable > 90% 1,6 - 4,3°C
	Estratificación Tasa de cambio	Probable > 66% 1%	Muy probable > 90% 9%
	Nivel del mar Tasa de cambio	Probable > 66% 0,13 cm	Cierto > 99% 43 - 84 cm
↓ pH	Acidificación	Muy probable > 90%	Cierto > 99% -0,065 - 0,315
↓ O_2	Desoxigenación Tasa de cambio	Probable > 66% 0,5%	Muy probable > 90% 0,6 - 3,9%
! Impactos y riesgos	Recursos biológicos	Biodiversidad	Servicios ecosistémicos y sociedad

Figura 6. Cambio proyectado en las variables claves del océano para el corto plazo (2031-2050) y fines de siglo (2081-2100) en relación con el período de referencia reciente (1986-2005) del CMIP5. Se indican niveles de probabilidad y rangos esperados, en rojo valores esperados para el RPC 8.5 (Gentileza de Laura Farías).

4.1 CAMBIOS OBSERVADOS

4.1.1 Temperatura

Las consecuencias más inmediatas del aumento de la temperatura del aire son el calentamiento del agua, su expansión térmica y con ello un aumento del nivel del mar (Church *et al*., 2013), asimismo, el derretimiento de hielos que causa una mayor estratificación en la capa superficial (Capotondi *et al*., 2012), con concomitantes consecuencias para la productividad marina. Además, cambios en la temperatura pueden causar mayor evaporación y presión de vapor de agua, proceso que ha sido relacionado con eventos extremos (Ummenhofer y Meehl, 2017). Sin embargo, la respuesta del océano al calentamiento de la atmósfera no es homogénea en término espacial (horizontal-vertical) y temporal, sino más bien cada región responde en virtud de sus características regionales y a la multiplicidad de procesos climático-hidrográficos que se ven afectados por el calentamiento global (Cheng *et al*., 2015).

A pesar del continuo aumento de los gases de efecto invernadero en la atmósfera, la temperatura global media del aire en superficie se ha mantenido más o menos estable desde 2001; esta ralentización del calentamiento superficial es debido en parte al fortalecimiento de los vientos alisios del Pacífico, los que explican el enfriamiento del Pacífico tropical (England *et al*., 2014). Modelos atmosféricos de América del Sur subtropical occidental han predicho una intensificación de los vientos a lo largo de la costa chilena (favorables a la surgencia costera), debido a la intensificación y el desplazamiento hacia el polo del Anticiclón del Pacífico Sur (SPA, por sus siglas en inglés) bajo un escenario de calentamiento climático (Falvey y Garreaud, 2009; Belmadani *et al*., 2014). La forma en que el calentamiento climático puede afectar a los distintos sistemas de surgencia se convierte en una pregunta crucial, porque el viento favorable a la surgencia tiene efectos significativos en la temperatura del agua (McGregor, 2008; Falvey y Garreaud, 2009), parámetros químicos (Xiu *et al*., 2018), disponibilidad de oxígeno (Grantham *et al*., 2004; Hernández- Miranda *et al*., 2010; 2012) y los componentes biológicos del ecosistema (Iles *et al*., 2011; Escribano *et al*., 2012).

4.1.2 Vientos e Intensificación de surgencia costera en los bordes orientales del océano

La surgencia costera es un proceso oceanográfico que consiste en el ascenso de aguas subsuperficiales, más frías, ricas en nutrientes y CO_2 y con bajos niveles de oxígeno, debido al esfuerzo que ejerce el viento costero sobre las capas más superficiales del océano.

La surgencia costera es responsable de la prosperidad de los ecosistemas marinos y las pesquerías que son desproporcionadamente productivas en relación con su superficie, particularmente en los principales sistemas de surgencia del borde oriental (denominados EBUS) (Chávez y Smith,1995).

El incremento de la intensidad del viento favorable a la surgencia está correlacionado con la profundización neta anual de la capa mezcla estimada utilizando perfiles de densidad (desde 2000 al 2015). Los cambios en esta profundidad están asociados con el aumento de los vientos y pueden explicar aguas superficiales más frías, más salinas y productivas (mayor flujo de nutrientes) y estas últimas pueden causar fluctuaciones en el O_2 y otros gases como N_2O y CH_4, sensibles a los cambios en la oxigenación (Aguirre *et al*., 2018). Además de un aumento de vientos y marejadas trae consigo un aumento de la energía cinética turbulenta, afectaría la ecología larval y procesos de asentamiento de larvas de meroplancton en la zona litoral y costera; aspecto que debe ser investigado. El aumento de vientos favorables a las surgencias puede conducir a niveles más altos de mezcla y turbulencia y provocar la limitación por luz a la productividad primaria de ciertas especies de microalgas y además el transporte de materia orgánica y plancton hacia zonas más oceánicas disminuyendo la productividad local (Jacob *et al*., 2018).

Las evidencias respecto de las repercusiones del CC en los fenómenos de surgencia son contradictorias y las proyecciones muestran que varios procesos climáticos pueden estar jugando un rol; la diferencia de calentamiento entre el océano costero y las masas continentales (Bakun, 1980); la expansión de la celda de Hadley (Lu *et al*., 2007) y el desplazamiento hacia el polo de los anticiclones (Rykaczewski *et al*., 2015; Aguirre *et al*., 2019) han sido mencionados como procesos desencadenantes de los cambios de la surgencia costera. Se han reportado tendencias positivas de largo plazo en la intensidad de los vientos favorables a la surgencia en la costa peruana (Bakun y Weeks, 2008), en el noroeste de África (Santos *et al*., 2005), Sudáfrica (Shannon *et al*., 1992), California (Mendelssohn y Schwing, 2002; Snyder *et al*., 2003) y a lo largo de la costa oeste subtropical de Sudamérica (Aguirre *et al*., 2018). Más recientemente, un estudio de meta-análisis sobre la intensificación de los vientos favorables al afloramiento en EBUS sugiere que los vientos se han intensificado en los sistemas

de afloramiento (surgencia) de California, Benguela y Humboldt y se han debilitado en el sistema ibérico a lo largo de un período de tiempo de hasta 60 años (Sydeman *et al*., 2014). Es decir, tres de los cuatro principales EBUS han demostrado intensificación del viento a gran escala en las últimas décadas (alta confianza).

Los sistemas de afloramiento de los bordes orientales (EBUS) se encuentran entre las áreas oceánicas más productivas del mundo (Chávez y Messié, 2009; Quiñones *et al*., 2010), e influyen fuertemente en el intercambio de CO_2 entre la atmósfera y el océano, así como en el reciclaje de carbono y su exportación al mar abierto y profundo (Feely *et al*., 1999; Torres *et al*., 2003; Mathis *et al*., 2012). Existen tendencias al aumento de la intensificación de la surgencia frente a Chile es consistente con lo observado en otros sistemas de surgencia del mundo son consistentes con el patrón espacial proyectado por los Modelos de Circulación General para distintos escenarios de calentamiento (CMIP5). Tendencias crecientes en la acidificación de los océanos y la desoxigenación se observan en la corriente de California y la corriente de Humboldt en las últimas décadas (alta confianza), aunque hay poca confianza para distinguir si es un forzamiento antrópico o si se debe a la variabilidad climática interna. Por ejemplo, la expansión de las zonas con baja concentración en O_2 en EBUS de California ha alterado la estructura del ecosistema y las capturas pesqueras (confianza media).

BOX 5. La surgencia costera a lo largo de Chile

En el caso de las costas chilenas, observaciones de las últimas décadas indican que el océano costero, en promedio, se ha enfriado (Aravena et al.*, 2014; Schneider* et al.*, 2017; Aguirre* et al.*, 2018) a tasas que varían entre 0.4 °C (10 años de observación Schneider* et al.*, 2017) y -0.2 a -1.0 °C por décadas durante primavera-verano (30 años de observación, Aguirre* et al.*, 2018). Este enfriamiento ha sido consistente con las observaciones en las tres últimas décadas del incremento de los vientos favorables a surgencia costera en los meses de primavera-verano en gran parte del ecosistema de la corriente de Humboldt. Esta tendencia es consistente con un movimiento hacia el polo del Anticiclón del Pacífico Suroriental (ASPS) y se asemeja al patrón espacial de presión atmosférica proyectado por los Modelos de Circulación General bajo distintos escenarios de calentamiento (niveles de CO_2 en la atmósfera (Aguirre* et al.*, 2018). Schneider* et al. *(2017) mostró un cambio repentino en las condiciones hidrográficas a partir de 2007, impulsado por un desplazamiento anómalo hacia los polos del ASPA que a su vez ha acelerado los vientos favorables a la surgencia costera, particularmente durante el invierno, e inyectando agua más profunda y fría en la parte superior de la columna de agua. El desplazamiento hacia el polo de la ASPA estuvo también asociado con reducciones sustanciales en la precipitación y en el caudal de los ríos en la zona centro-sur (41° S) del sistema de corrientes de Humboldt (Schneider* et al.*, 2017).*

Existe un alto grado de incerteza de los efectos de la intensificación de la surgencia sobre la productividad de las microalgas y los subsecuentes niveles tróficos en el sistema de corrientes de Humboldt. Algunos estudios en la zona centro-sur han reportado que la intensificación de la surgencia provocada por el desplazamiento hacia el polo del SPA produjo una reducción de la concentración de un importante nutriente (ácido silícico) para la producción de las diatomeas en el ecosistema costero frente a Concepción debido a la disminución de las precipitaciones y, consecuentemente, cambios en las proporciones de los nutrientes (Si/N) (Jacob *et al*., 2018). Lo anterior, estuvo asociado a una disminución en la diversidad, abundancia y productividad primaria del fitoplancton (Anabalón *et al*., 2016 y Jacob *et al*., 2018); una tendencia negativa en la biomasa del mesozooplancton y cambios en la composición taxonómica del zooplancton (Medellín-Mora *et al*., 2016). Recientemente, se ha determinado que la zona de transición entre vientos favorables a la surgencia y hundimiento frente a Chiloé (43° S), se ha desplazado a razón de 11 km $año^{-1}$ en los últimos 13 años, lo cual sugiere que eventos de surgencia pueden ser más recurrentes en la Patagonia norte (Narváez *et al*., 2019), con las consecuencias biogeoquímicas sobre el océano costero y mar interior de Chiloé.

Sin embargo, no solo los vientos a lo largo de la costa son los responsables de favorecer la surgencia costera. Se ha observado que en el sistema de surgencia de California, el bombeo de Ekman contribuyó más que el transporte de Ekman a la surgencia costera, sobre todo durante la primavera y verano (Pickett y Paduan,

2003). Por otro lado, en la zona norte de Chile (27°- 32° S) se determinó que el bombeo de Ekman contribuyó con un 40 % a la surgencia costera (Bravo *et al*., 2016). Recientemente, se demostró, cómo a lo largo de la costa expuesta de la isla de Chiloé, el bombeo de Ekman contribuyó también al transporte total de Ekman y por consiguiente a la surgencia costera en este sector, produciendo una respuesta importante en la columna de agua como se ha observado frente a Concepción (Pérez-Santos *et al*., 2019). Entonces, se debe tener en cuenta que no solo la intensificación de los vientos a lo largo de la costa estará generando surgencia costera, sino que también prestar atención a los cambios en esa intensidad, que son los que hacen posible que se genere un rotor del viento que favorece igualmente el ascenso de aguas desde la subsuperficie.

4.1.3 Biomasas fitoplanctónicas y producción primaria (PP)

A nivel global, se espera una disminución de la PP fitoplanctónica entre un 4 % y 11 % en un escenario de *business as usual* (IPCC RCP8.5) debido al aumento de la estratificación (IPCC, 2019). En el SCH se reconocen latitudinalmente varios subsistemas afectados por procesos de surgencia que son permanentes o estacionales. Así, temporal y espacialmente, la productividad primaria (PP) está influenciada por perturbaciones de múltiples escalas incluyendo El Niño (Montecino y Lange, 2009) que se verá afectada además por cambios en la acidificación, vientos, que influyen sobre intensidad y estacionalidad de la surgencia en el norte y centro de Chile, y temperatura y escorrentía de agua dulce en la Patagonia austral y áreas de Magallanes. Con una media de 0.8 g C m^{-2} d^{-1} de los datos obtenidos en Chile entre 1998 y 2007, las anomalías del PP fueron positivas y más altas en la zona costera del sur en primavera, verano y otoño (Aguirre *et al*., 2018).

En Chile central (36° S), una de las zonas más productivas, donde la surgencia costera se lleva a cabo sobre la plataforma continental, las tasas del PP neta, medidas *in situ* por más de 10 años con frecuencia mensual) variaron de 0.03 a 18.29 gC m^{-2} d^{-1} (Testa *et al*., 2018). La PP estuvo parcialmente controlada por los aportes de nutrientes, ya sea desde el afloramiento (septiembre-abril) y la descarga del río (mayo-agosto), manteniendo altas tasas de NPP durante todo el año, con una tasa anual promedio de NPP de 1.1 kg C m^{-2} $años^{-1}$.

Las mediciones de biomasa del fitoplancton mediante la abundancia de la clorofila "a" (determinados desde 2002 hasta el presente por medio de satélites y series de tiempo) muestran en promedio para la región, una tendencia positiva, principalmente en la primavera-verano austral entre los 30°- 42° S, posiblemente explicada por los incrementos observados en el flujo de nutrientes hacia la capa eufótica y aumento de radiación fotosintéticamente activa, como consecuencia del movimiento del anticiclón e incremento de los vientos (Aguirre *et al*., 2018). Los cambios que se predicen en la estequiometría de nutrientes, como las razones N:P, debido a intensificación de ZMO y pérdida de N por desnitrificación (Spilling *et al*., 2019) o las razones Nitrógeno:Silice, por cambio en la escorrentía de ríos (*e.g*., Jacob *et al*., 2018), podría aumentar en el caso de *upwelling* o disminuir la PP (limitación por sílice), pero no existen la suficiente cantidad de evidencia ni modelos biogeoquímicos, siendo más complejo de predecir cuál será el efecto de los cambios en estequiometría N, P y Si.

Existe una carencia en el adecuado monitoreo de la variabilidad latitudinal y temporal de la PP, y se debe establecer un sistema de observación con tres o más series temporales permanentes de mediciones de la PP, clorofila a fraccionada por tamaños del fitoplancton (mayor y menor de 8 micras) y otras variables.

4.1.4 Acidificación del océano

El aumento de la presión parcial de CO_2 (pCO_2) en la atmósfera genera un mayor ingreso de este gas al agua de mar, que desencadena una cascada de alteraciones químicos que disminuyen el pH del océano (pH = -Log [H^+]) por el aumento de protones (H^+) y el estado de saturación del carbonato (omega) en un cuerpo de agua. Cuando este parámetro toma valores menores a 1, la capacidad de calcificación o precipitación del carbonato de calcio se ve disminuida en términos termodinámicos, implicando altos costos en el crecimiento de organismos calcificadores. En valores de omega menores a 1, ocurre la disolución del carbonato de calcio ($CaCO_3$), como reacción para taponar el aumento de H^+ y consecuente disminución del pH. Es por esto por lo que se proyecta que los organismos calcificadores, como moluscos y corales, serán el grupo más vulnerable a los impactos de la acidificación del océano. En el caso de la costa de Chile, las investigaciones se han realizado con especies bivalvos de importancia económica, han mostrado una gran variabilidad en respuestas a estresores ambientales como la acidificación del océano (AO) acorde con su diversidad genética (Cea *et al*., 2014 y Fuenzalida *et al*., 2014). Un aspecto importante de los estudios realizados en Chile es la evaluación del impacto de la acidificación del océano en interacción con múltiples estresores como: el calentamiento (Duarte *et al*., 2014; Lagos *et al*., 2016 y Lardies, 2017), disponibilidad de alimento (Ramajo *et al*., 2016), salinidad (Duarte *et al*., 2018), microalgas nocivas (Mellado *et al*., 2018). En general, estos estudios reflejan respuestas negativas sobre algunos rasgos fisiológicos relevantes en ostiones y choritos, pero que la interacción con temperatura

y disponibilidad de alimentos, por ejemplo, aminoran esos efectos; lo cual permite abordar aspectos como la capacidad de tolerancia de los organismos a la acidificación y la resistencia conferida por la acción de un segundo estresor. Estos resultados concuerdan con la síntesis acerca de la respuesta biológica de moluscos frente a la acidificación (Kroeker *et al*., 2013).

Otro aspecto evaluado en Chile ha sido el rol de la variabilidad intrapoblacional en la respuesta fisiológica de moluscos. Por ejemplo, Lardies *et al*. (2014) resaltan que individuos juveniles del gastrópodo *Concholepas concholepas*, un recurso importante de la pesca artesanal, presentan diferentes respuestas en su metabolismo, que podría depender del origen e historia ambiental de sus hábitats locales. En la misma línea, Duarte *et al*. (2014) registraron que choritos de *Mytilus chilensis* provenientes de dos zonas de cultivo en el sur de Chile, con condiciones de pH contrastantes, difieren en sus respuestas ante escenarios de AO. Osores *et al*. (2017), para entender las respuestas morfológicas y fisiológicas de los choritos ante ambientes contrastantes (océano, estuarios), realizaron un experimento de trasplante recíproco entre dos bancos naturales para evaluar sus respuestas en el ambiente natural. Los resultados de este experimento muestran que la calcificación y metabolismo de los choritos responde a los cambios en condiciones de variabilidad de pH y salinidad, evidenciando el rol de la plasticidad fenotípica para enfrentar ambientes variables como es la zona costera (véase también Pérez *et al*., 2016; Saavedra *et al*., 2017 y Yévenes *et al*., 2019). Así, varios estudios han resaltado esta variabilidad en las respuestas de distintos individuos y poblaciones locales frente a la AO (*e.g*., Manríquez *et al*., 2014; Vargas *et al*., 2014; Lardies *et al*., 2014 y Saavedra *et al*., 2017). De este modo resulta clave para la industria conocer la variabilidad intraespecífica de las especies bajo cultivo para generar las bases de la adaptación a la acidificación del océano u otros estresores que afectarán las zonas de producción.

Un aspecto característico de las zonas costeras chilenas, donde se aprovechan gran parte de servicios ecosistémicos de la parte de la acuicultura y pesquerías, es la presencia de aguas con un alto contenido de pCO_2 y bajo pH (*e.g.,* Torres *et al*., 2011); estas características en ocasiones corresponden a concentraciones proyectadas en los escenarios de acidificación del océano (AO) para 2100, según el Panel del IPCC (Vargas *et al*., 2017). Al relacionar estas propiedades de la costa de Chile con los resultados experimentales, es posible sostener que estos estudios podrían haber subestimado el impacto de la AO, ya que, al exponer experimentalmente a organismos, que en sus hábitats locales ya han experimentado una exposición crónica a la variabilidad en pH, estos podrían presentar una alta tolerancia a niveles altos de pCO_2 y bajo pH. Bajo esta situación regional, emergen preguntas claves acerca del nivel de tolerancia de estas especies al impacto de la OA, ya que podrían estar al borde de esta capacidad y un aumento progresivo en la acidificación podría representar un punto crítico que exacerbe las respuestas negativas. Además, se desconoce si estos recursos tienen una capacidad de sostener en el tiempo estas respuestas neutras o positivas en un escenario progresivo de acidificación.

Finalmente, se requiere evaluar la respuesta de estos organismos frente a la AO en rasgos de historia de vida y asociados a la adecuación biológica. Ese tipo de estudios permitirá obtener conocimiento profundo acerca de la capacidad de expresar respuestas adaptativas y sobre la heredabilidad de rasgos que sostienen estas respuestas. Dado el escenario de acidificación rápida y progresiva proyectado para los ecosistemas de surgencia como la costa de Chile (Gruber, 2011), es crucial que este tipo de preguntas se aborden en forma urgente. *Esta necesidad se asocia también con nuestra capacidad de conocer y comprender la variabilidad ambiental natural a lo largo de la costa de Chile, sobre todo en los parámetros que interactúan en el proceso de acidificación del océano como pH, alcalinidad, salinidad, temperatura, oxígeno, nutrientes, etc. Este tipo de información es un elemento esencial y básico para el diseño de experimentos que permitan mejorar las evaluaciones sobre el impacto de la acidificación en interacción con otros estos estresores climáticos sobre los recursos y ecosistemas costeros y oceánicos de Chile.*

Los estudios realizados en recursos cultivados como los choritos *Mytilus chilensis*, además de evaluar las respuestas biológicas (*e.g*., fisiología energética; Navarro *et al*., 2013, 2015 y Duarte, *et al.,* 2014), han sido integrados con la evaluación de alteraciones en sus atributos de mercado como la apariencia (color, textura) y nutricionales (calidad del alimento) (San Martín *et al.,* 2019). En general, estos estudios indican importantes reducciones en la producción de biomasas de choritos ante aumentos de pCO_2 (Navarro *et al*., 2013) y en interacción con otros estresores como temperatura, salinidad y microalgas nocivas (Duarte *et al*., 2018 y Mellado *et al*., 2018) y que estos cambios también se reflejan en los atributos de mercado (San Martín *et al.,* 2019). Estos resultados sobre impacto en apariencia y calidad nutricional de AO fueron contrastados con modelos de elección económica que evalúan los efectos marginales de estos impactos sobre las preferencias y el bienestar de los consumidores; los cuales indican que los consumidores disminuyen hasta en un 41 % su voluntad a pagar por choritos con características inducidas por la acidificación (Ponce *et al*., 2019). Este tipo de estudios demuestra que los atributos de mercado que se ven afectados significativamente por la AO son

valorados por los consumidores y, en consecuencia, pueden afectar su disposición marginal a pagar. Este enfoque transdisciplinario permite poder interpretar el impacto de fenómenos globales y las implicancias económicas para los consumidores y la industria. *En síntesis, la producción acuícola podría verse afectada por la acidificación del océano incrementando el estrés en algunas especies e impactando su eficiencia de alimentación y crecimiento. Estas pérdidas de productividad marina podrían ir de la mano con una disminución de las cosechas, junto con una pérdida de diversidad de especies cultivables (IPCC).*

4.1.5 Desoxigenación

La disminución del O_2 por aumento de la temperatura que afecta directamente la solubilidad de este gas en el agua es la causa más probable de esta desoxigenación, al que le sigue el vertido de residuos orgánicos o la escorrentía de los desechos y fertilizantes que también influyen en la disminución de O_2, favoreciendo la cantidad y el tamaño de las zonas muertas en el océano abierto y en las aguas costeras en muchas partes de los mares y océanos (Breitburg *et al*., 2018).

Las observaciones disponibles sugieren que la concentración de O_2 en el océano mundial está disminuyendo tanto en la capa subsuperficial e intermedia como profunda (Oschlies *et al*., 2018). Existe la preocupación de que la desoxigenación oceánica actual eventualmente conduzca a anoxia en las ZMO (Zonas Mínimas de Oxígeno), o a zonas muertas donde la mayoría de los organismos no sobrevive (Breitburg *et al*., 2018). Según el informe IPCC (2019), se proyecta que el O_2 disminuirá aún más a nivel global; es muy probable que el contenido de O_2 del océano disminuirá en un 3.2 % a 3.7 % para 2081 - 2100, en relación con el período 2006 - 2015, para el escenario RCP8.5, o en 1.6 % a 2.0 % para el escenario RCP2.6. Se proyecta además que el volumen de las ZMO en los océanos crecerá un rango muy probable de 7.0 % 4 5.6 % para 2100 durante el escenario RCP 8.5 (IPCC, 2019). Hasta ahora, existe un consenso débil entre los modelos globales con respecto al destino de la ZMO frente a Chile (Cabré *et al*., 2015). Sin embargo, los modelos y observaciones regionales sugieren que los eventos hipóxicos serían más probables en el futuro cercano.

En el caso del Pacífico suroriental, alberga una ZMO, la segunda en volumen luego del mar Arábico, que se sospecha que se expande verticalmente (Stramma *et al*., 2008). La distribución de las ZMO en el océano abierto está controlada por la circulación oceánica a gran escala, así como por los procesos físicos y biológicos locales. En el caso de las costas chilenas, la característica más importante es que el límite superior de la ZMO está a poca profundidad (Fuenzalida *et al*., 2009) y es extrema; es decir, carentes de O_2 o anóxica (Ulloa y Pantoja, 2009); además, si tal como lo que se ha expuesto, la surgencia costera se incrementa, esto conllevará un aumento de hipoxia (Grantham *et al*., 2004). Se han observado mortandades masivas de peces, parte de las cuales son causadas debido al ascenso por surgencia de agua pobre en O_2 (Hernández-Miranda *et al.,* 2012). Otros estudios han detectado la extensión sur de la ZMO hasta los 37° S (Fuenzalida *et al*., 2009), mientras que Silva *et al*. (2009) muestran la llegada de aguas de bajo contenido de O_2 (2 a 3 mL L^{-1}) de origen ecuatorial subsuperficial (AESS) hasta la altura de la boca del Guafo (41° S); de hecho, esta masa de agua es transportada por la costa sur de Chile y hasta el océano adyacente de la Patagonia por la contracorriente Perú-Chile (Lethl *et al*., 2004). Las AESS pasan por la boca del Guafo y se desplazan hacia norte por el golfo de Corcovado y hacia el sur por el canal Moraleda, ingresando al fiordo Puyuhuapi y al canal Jacaf, donde se han reportado condiciones de hipoxia (O_2 <2 mL L^{-1}) por debajo de los 100 metros de profundidad (Sievers y Silva, 2008; Schneider *et al*., 2014; Pérez-Santos *et al*., 2017).

BOX 6. Hipoxias en fiordos chilenos

Se han reportado fiordos con condiciones de hipoxia en la cabeza del fiordo Aysén y el golfo Almirante Montt (Silva y Vargas, 2014). En general, entre los procesos que contribuyen con la hipoxia en los fiordos y canales se mencionan: respiración de la materia orgánica alóctona y autóctona; la baja ventilación de las aguas y a la influencia del AESS (Schneider et al.*, 2014; Silva y Vargas, 2014). Sin embargo, se necesitan más mediciones para cuantificar estos procesos y sobre todo para ver la contribución de las aguas de bajo contenido O_2 que viene desde la ZMO y llegan a la Patagonia. En el contexto del cambio climático y al conocido efecto que tendrá la intensificación de los vientos a lo largo de la costa, se espera entonces que el gradiente de presión meridional se intensifique haciendo entonces que la Corriente Perú-Chile sea más intensa. Esto traerá como consecuencia que el transporte de aguas de bajo contenido de O_2 pueda alcanzar lugares de la Patagonia, donde hoy no se reportan condiciones de hipoxia como el golfo de Penas, el canal Messier, el estrecho de Magallanes, entre otros. Estas condiciones sumadas a la creciente actividad de cultivo de salmónidos en una gran área de fiordos y canales de la Patagonia, pueden contribuir con el descenso más pronunciado del O_2, debido a respiración aeróbica del O_2 por parte de microorganismos que degradan grandes cantidades de materia orgánica que hoy se desechan al sistema y que se puede exacerbar en un futuro cercano, si continúa su expansión y cultivos intensivos.*

Para muchos organismos marinos, la disminución del O_2 puede reducir la supervivencia y el crecimiento, alterar el comportamiento, perjudicar la reproducción, alterar la respuesta inmune y aumentar el grado de infecciones y enfermedades. Los niveles de tolerancia al déficit de O_2 dependen de grupos biológicos, incluso de variaciones supraespecíficas e incluso entre especies. La mayoría de los vertebrados, incluidos los peces, dependen casi exclusivamente del metabolismo aeróbico, y solo poseen vías anaerobias durante cortos períodos de mayor actividad o de niveles bajos de O_2 en el agua. Por ejemplo, los organismos que habitan ZMO (zooplancton y peces) exhiben una gama de adaptaciones para tratar condiciones hipóxicas, desde su comportamiento, la migración vertical diaria, y características morfológicas y fisiológicas inusuales (Torres *et al*., 2012; Wishner *et al*., 2000). Así, cuando la concentración baja al menos a un 50 % de saturación (hipoxia), el nivel es considerado un nivel perjudicial para distintas funciones de estos vertebrados; para especies de agua fría como los salmónidos, un lugar no óptimo para su crecimiento son aquellas aguas normóxicas con mayores niveles de O2 (Oldham *et al*., 2017). Tutasi y Escribano (2019) analizaron cómo la presencia de la ZMO en el norte de Chile, puede imponer una restricción a la migración vertical del zooplancton e influir así en la exportación de C hacia capas más profundas, indicando que cuando la ZMO está más intensa, existen altos agregados de biomasa zooplanctónica por encima de la oxiclina, asociados con más aguas superficiales oxigenadas. Sin embargo, algunos taxones se encuentran estrechamente asociados con la ZMO y pueden realizar migración vertical diaria incluso soportando hipoxia severa.

Si se espera un calentamiento de agua, sobre todo las superficiales, la cantidad de O_2 va a disminuir debido a que la solubilidad es dependiente de la temperatura. En este escenario, la mitigación potencial incluye la selección del sitio para priorizar el movimiento del agua, de manera que se maximice la reposición del O_2 dentro de las jaulas y en áreas más profundas donde hay una mayor distancia entre el fondo de la jaula y la materia orgánica en descomposición en sedimentos bentónicos (Oldham *et al*., 2017). Los rangos óptimos de oxígeno para la vida de distintos organismos son muy variables. La Figura 7 muestra la variabilidad de los distintos niveles de tolerancia al O_2 para los distintos organismos. A diferencias, los microorganismos son más tolerantes a la variación de O_2, algunos son capaces de realizar metabolismo anaeróbico e incluso se activan o estimulan algunos procesos que pueden tener en algunos casos efectos en los ciclos biogeoquímicos (Fernández y Farías, 2012) y son reguladores naturales del planeta (producción de N_2O, N_2 y HS^-). A medida que el agotamiento del O_2 se vuelve más severo, persistente y generalizado, una mayor fracción de mares y océanos pierde su capacidad de soportar biomasa; es decir, la diversidad de animales, plantas, algas y microorganismos. En el fiordo Puyuhuapi, Patagonia Chilena, mediciones acústicas e *in situ* demostraron que la mayoría de los organismos del macrozooplancton evitaron las aguas hipóxicas de este lugar, agrupándolos y realizando migración vertical solo en la capa óxica (Pérez-Santos *et al*., 2018).

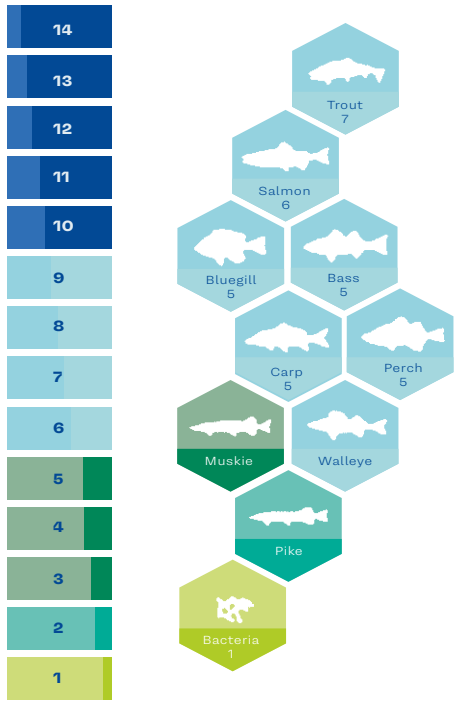


Figura 7. Diferentes requerimientos de oxígeno en mg L^{-1} para diversos organismos, nótese la diferencia para peces. Fuente https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/dissolved-oxygen/

4.1.6 Condiciones hidro-meteorológicas

De manera preocupante, la actual megasequía (Garreaud *et al*., 2017) ha ocasionado que, entre los años 2010 y 2015, los caudales de la zona central y sur de Chile hayan disminuido en más de un 50 %, lo que generó una reducción similar en la contribución de nutrientes al mar (Masotti, *et al*., 2018). A esto se suma que la zona centro sur de nuestro país sería la más afectada por la escasez hídrica en el futuro cercano (Bozkurt *et al*., 2018), con una baja de la precipitación anual de hasta un 25 % hacia mediados de siglo. Debido a estos escenarios, es fundamental determinar el impacto de la sequía en la biodiversidad costera. El agua dulce que llega desde los ríos al mar es muy relevante porque contribuye con nutrientes y la consiguiente preservación de la biodiversidad costera y desarrollo de estados larvales de peces y zooplancton; además de mantener, la estructura hidrográfica de estuarios y fiordos (circulación estuarina). *Por tanto, si se plantea extraer agua del caudal de nuestros ríos para el uso humano, se debe considerar el dejar la suficiente cantidad para (a) sustentar la biodiversidad de flora y fauna de los ecosistemas que son parte de este ciclo; (b) mantener el traspaso de nutrientes y ecología del plancton; (c) la dilución de contaminantes; (d) la disminución de los impactos causados por eventos extremos y (e) la preservación del paisaje.*

4.1.7 Estratificación (fiordos y canales del sur)

Para finales de siglo, se prevé que la estratificación media anual de los 200 m superiores de la columna de agua aumente en el rango muy probable de 1 % a 9 % y 12 % a 30 % para RCP2.6 y RCP8.5, respectivamente, en relación con el período 1986-2005. Dicha estratificación es proyectada principalmente por aumentos de temperatura en la zona tropical y los giros subtropicales (Capotondi *et al*., 2012). Con un alto nivel de confianza muy alta, se ha levantado evidencia de las consecuencias del aumento de la estratificación (Vallis *et al*., 2017). Además de efectos dinámicos en la frecuencia de flotabilidad y la velocidad de propagación lateral de las ondas de gravedad internas y las ondas límite; la estratificación incrementada localmente reduce la difusividad vertical turbulenta del calor, la salinidad, el oxígeno y los nutrientes (Wang *et al*., 2015). El aumento de la estratificación regiones tropicales y subtropicales (como es el caso de las Islas oceánicas de Chile) muy

probablemente conducirá a una reducción neta en las difusividades verticales de nutrientes y gases dentro de la termoclina principal, reduciendo el flujo de nutrientes hacia la zona eufótica y aumentando el gradiente en las concentraciones de O_2 entre el océano superficial. Este mecanismo está asociado a la desertificación de zonas tropicales y subtropicales y el mejor ejemplo de cómo el forzante atmosférico modifica los ciclos biogeoquímicos.

La estratificación es una de las principales características en fiordos y canales del sur, se ve modulada por viento, aportes de agua dulce y temperatura, variables que pueden producir intensificación o debilitamiento de la estratificación (MacCready y Geyer, 2010; Schneider *et al*., 2014; Pérez-Santos *et al*., 2014; Montero *et al*., 2017). En caso de la zona Patagónica, la disminución de descarga de ríos o incluso aumento de deshielo de hielos continentales puede afectar la estratificación por cambio en salinidad y circulación estuarina.

BOX 7. El caso de los fiordos y canales chilenos

El debilitamiento o rompimiento de la estratificación se debe a que hay mayor mezcla vertical, la cual redistribuye las propiedades físicas, biológicas y químicas entre las capas superficiales y subsuperficiales (Montero et al.*, 2017). Debido a la complejidad de la topografía de los canales y fiordos, los efectos de los cambios en la estratificación pueden ser diversos, y no existen estudios de largo plazo para predecir certeramente los cambios futuros en estos ecosistemas. Sin embargo, si las tendencias actuales, como el aumento del viento (Young* et al.*, 2019) y la disminución de la precipitación (Garreaud* et al.*, 2017) se mantienen, se espera debilitamiento de la estratificación e intensificación de la mezcla vertical. Con menor precipitación, habría menor aporte de agua dulce, reduciendo la estratificación (e intensificación de la mezcla vertical) y, en consecuencia, las condiciones hidrográficas de los fiordos y canales tenderán a ser principalmente compuestas de aguas oceánicas. Aguas oceánicas son más salinas y cálidas, ricas en nitrato y menos oxigenadas, por lo tanto, afectarán la biogeoquímica de las aguas de fiordos y canales. Un ejemplo reciente de las consecuencias que estos potenciales cambios en los ecosistemas de la Patagonia norte fue lo acontecido en el verano 2015-2016, la reducción de los vientos del oeste y la precipitación (Garreaud, 2018) debilitó la estratificación (menos agua dulce en superficie); la mayor mezcla vertical trajo más nutrientes (especialmente nitrato) a las aguas superficiales, lo que generó un evento de floración de algas nocivas (León-Muñoz* et al.*, 2018) que originó grandes impactos en la región (ver sección Floraciones Algales Nocivas). Por otro lado, el derretimiento de los glaciares que se encuentran en la cabeza de algunos fiordos por el aumento de la temperatura del aire y mayor ingreso de aguas oceánicas (Moffat* et al.*, 2018), pueden llegar a producir condiciones de mayor estratificación, lo cual puede (a) inhibir la ventilación de aguas profundas con bajo contenido de oxígeno o (b) inhibir la exportación de material particulado a capas profundas que reducirían el consumo de oxígeno (Silva y Vargas, 2014). Los mecanismos que propicien una u otra condición aún requieren ser estudiados.*

4.1.8 Floraciones Algales Nocivas

Recientemente se ha detectado un aumento en la frecuencia, intensidad y duración de eventos de Floraciones Algales Nocivas (FAN) en la Patagonia y que pueden impactan fuertemente tanto estos ecosistemas marinos como la economía y salud de la región (Iriarte, 2018 y Sandoval *et al*., 2018). Estas regiones australes de Chile han sido descritas como zonas altamente susceptibles al CC y a la actividad antropogénica (industria acuícola, agricultura y poblaciones). Forzantes climáticos, tales como el ENOS y el Modo Anular Austral (SAM, por sus siglas en inglés, Zheng *et al*., 2013), pueden afectar de forma directa al régimen de vientos y la precipitación en esta región (León-Muñoz *et al*., 2018; Garreaud, 2018 e Iriarte, 2018) con evidentes consecuencias en las condiciones oceanográficas (mezcla y estratificación). Un claro ejemplo del impacto de estos forzantes climáticos ocurrió durante el verano 2015-2016, en donde bajo condiciones de El Niño y coincidente con una fase positiva del SAM, se produjo una marcada caída en la intensidad de los vientos del oeste y de

las precipitaciones (Garreaud, 2018), lo que unido a la persistencia de condiciones anticiclónicas, indujeron el desarrollo de un verano especialmente seco, con una alta radiación solar, un incremento en la temperatura superficial del mar y una marcada caída en el aporte de agua dulce al sistema costero. La marcada influencia del anticiclón con vientos favorables a la surgencia costera por transporte y bombeo de Ekman contribuyeron con el ingreso de más nutrientes a la capa superficial ayudando al incremento e intensificación de la floración (Pérez-Santos et al., 2019). La reducción de la llegada de agua dulce claramente influyó en la salinidad y la estratificación, permitiendo el desarrollo de procesos de mezcla reflejados en el ascenso de agua salada y rica en nutrientes, lo que influyó en la abundancia del fitoplancton con un registro excepcional de eventos de floraciones algales nocivas, como el descrito por parte de la especie *Pseudochatonella cf. verruculosa* (León-Muñoz *et al*., 2018). Las pérdidas económicas asociadas a estas floraciones fueron importantes (US$ 800 millones en la producción del salmón, Díaz *et al*., 2019), sin embargo, aún se desconocen las consecuencias sobre los ecosistemas marinos en esta vasta zona de fiordos y canales del sur de Chile.

BOX 8. La crisis socioambiental del Chiloé 2016

En febrero de 2016, una intensa floración de la microalga Pseudochatonella verruculosa, *ocurrida en la región de Los Lagos, tuvo como consecuencia una masiva mortandad de salmones en cultivo en el extremo norte del mar interior de Chiloé y seno de Reloncaví (39 942.5 toneladas de salmones). Luego, a partir de la última semana de febrero, comenzó a manifestarse una floración del dinoflagelado tóxico* Alexandrium catenella*, impactando fuertemente a la región de Los Lagos y alcanzando por primera vez a la región de Los Ríos. Desde principio de abril se observaron, además, mortalidades de moluscos bivalvos, aves y peces en Chiloé y otras localidades de la región de Los Lagos. Como consecuencia de la intensidad y extensión del fenómeno, y la aparente ocurrencia de las floraciones nocivas en la costa de Chiloé y el vertimiento de salmones en altamar, se generaron protestas sociales y ambientales en Chiloé que luego se extenderían a otras localidades de la región de Los Lagos. Según estudios y a la luz del análisis de toda la información recolectada y observada, la comisión no pudo encontrar evidencia científica de que el vertimiento de salmones fuera la causa fehaciente de sucesivos FAN, aunque parte de la población chilena no estuvo de acuerdo con las conclusiones. No obstante, sí hubo consenso de que estos eventos coincidieron con condiciones hidro-meteorológica y climáticas únicas, como es el aumento de la radiación solar y de la temperatura, baja descarga de agua dulce, vientos anómalos que favorecieron surgencias de aguas y tal vez disponibilidad de nutrientes, condiciones denominadas la tormenta perfecta que coincidió con un evento El Niño. El conflicto llegó a nuestro máximo Tribunal, pues un grupo de pescadores cuestionaron la autorización de vertimiento de los salmones muertos y en avanzada descomposición, otorgada por la DIRECTEMAR con el informe técnico del SERNAPESCA. La Corte -ordenando varias medidas para evitar que la situación se repita- reprochó la intervención tardía de las autoridades, solo una vez producida la emergencia, pese a estar en conocimiento de la floración de microalgas y del aumento de la temperatura del mar en la zona del seno de Reloncaví, todas condiciones que favorecían la muerte masiva de peces, la cual debió haber sido, a juicio del máximo Tribunal, objeto de mayor control de parte de la autoridad. Si bien el grupo de expertos que visitó el lugar no pudo establecer una relación causal entre el vertimiento y los eventos de floraciones masivas de microalgas en el otoño temprano en las costas occidentales de la Isla de Chiloé; se entregó argumentos sobre que estos vertimientos si podrían causar impacto ambiental (enriquecimiento de amonio) y que no es una práctica recomendada en ningún caso. La sentencia dejó en evidencia que las forzantes climáticas, como en este caso la floración de algas, es un contexto que debe ser tomado en cuenta por la autoridad al momento de adoptar decisiones que pueden poner en riesgo el equilibrio del medioambiente (Moraga* et al.*, 2018).*

La División de Investigación en Acuicultura de IFOP, en específico, del grupo de Oceanografía y Clima y del Centro de Estudios de Algas Nocivas (CREAN) está trabajando en el modelamiento y capacidad predictiva de las FAN. Esto incluye expediciones científicas en la zona sur-austral de Chile, con el objeto de mejorar la información de variables biológicas, oceanográficas y meteorológicas (*e.g.,* Pinilla *et al*., 2018; Soto *et al*., 2018 y Soto *et al*., 2019) redundando en un avance sostenido en el desarrollo de modelos numéricos. En este contexto, está en pleno desarrollo un modelo físico-biológico para uso como herramienta de pronóstico de Floraciones Algales Nocivas (FAN). Esta modelación incorpora el desarrollo de un modelo hidrodinámico, que considera el patrón de corrientes en la zona de estudio y que está condicionado por forzantes como la batimetría, las mareas, temperatura y salinidad de la columna de agua, patrón de vientos, presión atmosférica y fuentes de agua dulce. Este modelo hidrodinámico fue acoplado al modelo biológico para conocer la distribución y abundancia de *Alexandrium catenella*, como función de su crecimiento frente a variables como la temperatura, salinidad, luz y nutrientes, y su mortalidad o remoción desde la columna de agua, mediada por la predación, senescencia celular y enquistamiento (Espinoza-González *et al*., 2017 y Guzmán *et al*., 2018).

Además, se ha desarrollado la plataforma de información oceanográfica CHONOS (chonos.ifop.cl), de libre acceso basado en el desarrollo de modelos numéricos hidrodinámicos y atmosféricos que facilita el conocimiento y comprensión del medioambiente marino, con el fin de mejorar la gestión y planificación de las áreas costeras para un desarrollo sustentable de las actividades productivas en el sur de Chile. CHONOS cuenta con un sistema de pronóstico hidrodinámico a 72 horas, plazo basado en el modelo MOSA-ROMS acoplado a un módulo de dispersión de partículas (PartiMOSA), una biblioteca de modelaciones (ATLAS) y una herramienta de conectividad (CLIC), basada en modelación *Hindcast*. CHONOS representa un hito en cuanto al acercamiento a la sociedad chilena del conocimiento del medio ambiente marino de los canales y fiordos del sur de Chile.

*Los estudios observacionales requieren de la recolección sistemática de información ambiental y biológica con una resolución temporal adecuada y durante períodos de tiempo relevantes (años a décadas), para evaluar en primera instancia las correlaciones entre cambios físicos y biológicos y, posteriormente confrontar esta información con las predicciones de modelos de cómo funcionan los sistemas (*Buschmann *et al., 2016). Por lo tanto, parte del problema fue y será que, antes potenciales nuevos eventos y el manejo de crisis socioambientales, la falta de un Sistema Integrado de Observación del Océano Chileno (SIOOC) donde todos los esfuerzos colectivos e individuales ya existentes estén integrados y administrado por el Estado chileno.*

4.2 ESCENARIOS CLIMÁTICOS ESPERADOS PARA FINALES DE SIGLO

Las proyecciones climáticas han mostrado que bajo un escenario de calentamiento global, se producirán cambios en la circulación atmosférica de gran escala. En la zona tropical se proyecta una expansión de la celda de Hadley (Lu *et al*., 2007) y una intensificación de los anticiclones subtropicales del hemisferio sur (Li *et al*., 2013). Además, se proyecta un desplazamiento de los anticiclones subtropicales hacia los polos (Rykaczewski *et al*., 2015); particularmente, el anticiclón subtropical del Pacífico Sur, situado frente a las costas de Chile (Belmadani *et al*., 2014). Por otra parte, los cambios proyectados en la circulación atmosférica de latitudes medias y altas del hemisferio sur han sido caracterizados por una tendencia hacia la fase positiva del SAM. Además, se ven afectadas las trayectorias de ciclones y anticiclones migratorios de latitudes medias, los cuales bajo fases positivas del SAM tienen trayectorias desplazadas hacia el polo (Chang *et al*., 2012 y Aguirre *et al*., 2019). Estos cambios en la circulación atmosférica de gran escala tienen impactos regionales en Chile como, por ejemplo, la disminución de las precipitaciones en la zona centro-sur, la reducción de los vientos del oeste sobre la Patagonia centro-norte y un fortalecimiento de los vientos del oeste en latitudes altas de la Patagonia, particularmente durante el verano austral, además de un aumento en la precipitación al sur de los 50° S.

Modelos regionales (ROMS) con forzamientos normales (Figura 8a) y con cuatro veces las concentraciones de CO_2 actuales (Figura 8b) muestran un aumento en promedio de la temperatura superficial del mar (TSM) de ~1.7 °C en 100 años. Al mismo tiempo, las diferencias espaciales en la TSM frente a la costa de Chile entre los dos escenarios muestran que la isoterma de 18 °C se desplaza hacia el sur en aproximadamente 5° de latitud (~550 km). En tanto que la TSM proyectada no muestra enfriamiento a lo largo de la costa debido a los procesos de surgencia (Figura 8b). Cabe señalar que a pesar de que las tendencias actuales consisten en un enfriamiento, los modelos climáticos globales acoplados, utilizados en las proyecciones del clima que aparecen en los informes del IPCC, proyectan un calentamiento de la TSM a lo largo de Chile del orden de 2 - 3 °C para 2050-2070. Eso se explica de un lado por la variabilidad natural del clima, en particular el "hiatus", es decir, una pausa en la tendencia de calentamiento que tuvo en el principio de los años 2000 (England *et al*.,

2014; Karl *et al*., 2015), y de otro lado, por las limitaciones de los modelos globales asociados a una resolución que no permite simular de manera realista la dinámica de la surgencia costera. La temperatura y el nivel del mar han sido más altos en el este del Pacífico sur en las últimas décadas, excepto a lo largo de la franja costera entre el centro de Perú y el norte de Chile (12 ° - 23.5° S). Esta área está experimentando la fase opuesta debido a un posible aumento en la surgencia costera asociado con un fortalecimiento del ASPS. Por ello se realza la importancia de tener modelos acoplados atmósfera-océano regionales para realizar proyecciones climáticas de la circulación costera.

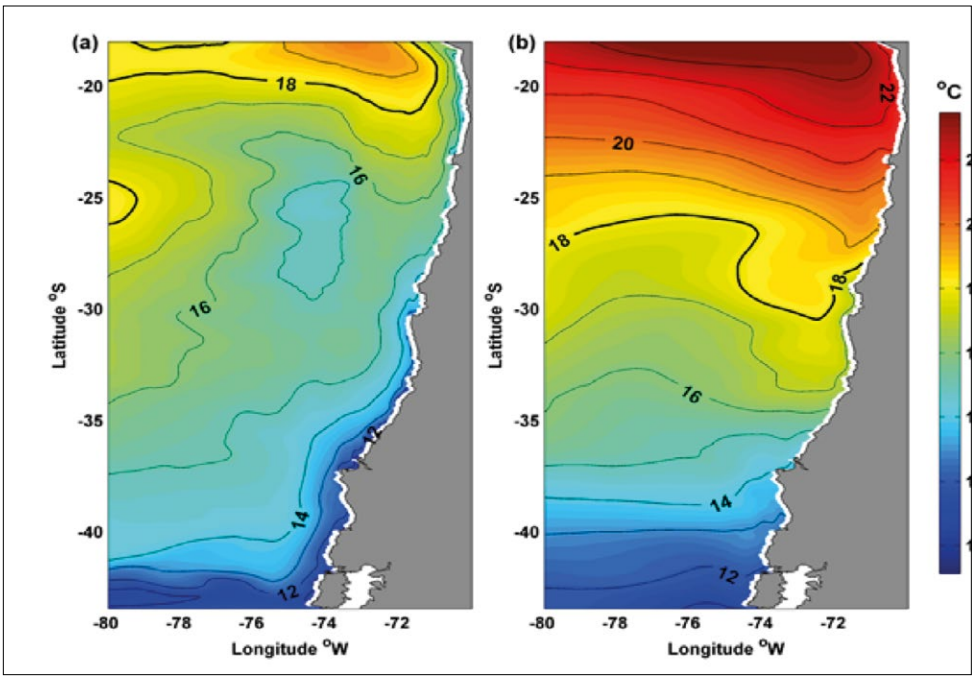


Figura 8. Temperatura media de la superficie del mar simulado con ROMS utilizando (A) forzamientos históricos (1984-2007) y (B) forzamientos IPSL-CM4 (2000-2100). La línea negra sólida corresponde a la isoterma de 18 ° C (Gentileza de Yáñez et al., 2018).

Dada la incertidumbre de la respuesta a largo plazo de la surgencia costera al calentamiento y forzante atmosférico, es clave focalizar el estudio de la relación entre la circulación de gran escala (SPA, El Niño/La Niña), el clima local y los efectos sobre la productividad biológica en los principales ecosistemas de surgencia de la costa de Chile. En América del Sur, Chile representa uno de los cuatro países con mayor producción de capturas marinas del mundo (FAO, 2018), destacando como uno de los más productivos del mundo en términos de capturas de peces (Gutiérrez *et al*., 2016). *Por lo tanto, es crucial intensificar los esfuerzos en la financiación e implementación de redes de monitoreo continuo con el objeto de tener resolución de varias escalas de variabilidad temporal (horaria, sinóptica, estacional, interanual y decadal) y espacial (sub-mesoescala, regional y de gran escala) de los procesos océano-atmosféricos con el objeto de mejorar los pronósticos a mediano y largo plazo de los efectos del calentamiento global, la variabilidad de la surgencia costera y, consecuentemente, la productividad de los ecosistemas costeros de Chile.*

4.2.1 Nuevos escenarios oceanográficos

Los cambios en la circulación atmosférica de gran escala expuestos anteriormente desencadenan cambios en el océano en muchos aspectos. El desplazamiento hacia el polo del ASPS, proyectado para fines de siglo, es consistente con los patrones espaciales de los cambios en la intensidad del viento favorable a la surgencia en la zona centro-sur de Chile. En el límite sur de la zona de surgencia, se proyecta un aumento en la intensidad del viento favorable a la surgencia (Rykaczewski *et al*., 2015), como así también una mayor duración de la temporada de surgencia (Wang *et al*., 2015). Además, el desplazamiento hacia el polo de las trayectorias de los anticiclones migratorios aumenta la frecuencia de los eventos intensos de viento favorable a la surgencia en Patagonia norte (Aguirre *et al*., 2019; Narváez *et al*., 2019; Pérez-Santos et al., 2019). Sin embargo, también se proyecta una mayor estratificación del océano producto del aumento de la temperatura superficial del mar

(Oyarzún y Brierley, 2018), el incremento de la turbulencia y el aplanamiento de las isotermas (Echevin *et al*., 2012), lo que impediría el real aumento de la surgencia costera (velocidad vertical en el océano costero) y del flujo de nutrientes hacia la superficie.

El aumento de la frecuencia de los eventos fuerte El Niño prevista por los modelos globales (Cai *et al*., 2015; 2018 y muchos otros) podría al contrario traer más precipitaciones en invierno (junio-agosto) por la migración hacia el ecuador de la trayectoria de las tormentas durante este tipo de eventos debido a la debilitación del anticiclón del Pacífico sur (Rutllant y Fuenzalida, 1991). No obstante, este impacto podría ser superado (*off-set*) por la tendencia positiva del SAM sobre las precipitaciones, y futuros eventos El Niño podría no romper/ amortiguar una sequía, como ocurrió para el evento de 2015/16 (Garreaud *et al*., 2019). Esto tendría un efecto oceanográfico local por la reducción del aporte de agua dulce, modificando la estratificación y reduciendo la inyección de nutrientes hacia la costa, impactando finalmente en la biomasa y biodiversidad de estas áreas.

La mayor ocurrencia de eventos El Niño debería tener también un impacto sobre la circulación oceánica regional en la región Norte y Central de Chile a través de la teleconexión ecuatorial oceánica, con, en particular, una mayor ocurrencia de "marine heat waves" por procesos de advección de aguas ecuatoriales (*i.e.*, AESS), la modulación del Perú-Chile *undercurrent (*Pizarro *et al*., 2002) y cambios asociados del flujo turbulento (Combes *et al*., 2015), lo que tendría consecuencia para el ecosistema marino y la pesca (Fernández-Álamo y Färber-Lorda, 2006; Lehodey *et al*., 2006); dicha variabilidad aún no está bien documentada a esta escala de tiempo interanual. Es probable también que la mayor ocurrencia de los eventos El Niño tenga un impacto sobre la variabilidad a baja frecuencia de la zona de mínima de oxígeno frente a Chile considerando su fuerte conexión con la variabilidad ecuatorial (Pizarro-Koth *et al*., 2019).

Por otro lado, los modelos predicen una tendencia positiva del SAM (*Southern Annular Mode*, Gong y Wang, 1999) con el calentamiento global (Zheng *et al*., 2013) lo que debería reducir las precipitaciones en Chile centro-sur una tendencia ya observada (Garreaud, 2018). Por lo tanto, es esperable que bajo un escenario de disminución en las precipitaciones en la zona centro-sur, se reduzca la inyección de nutrientes hacia la costa, impactando finalmente en la biomasa y biodiversidad de estas áreas. Es importante destacar que la reducción de las precipitaciones tendrá un efecto diferente en Patagonia norte. En esta zona de canales y fiordos, la disminución en la entrada de agua dulce producirá una disminución de la estratificación, lo que junto a una intensificación de los vientos producto de la migración del anticiclón hacia el sur, aumentaría la entrada de nutrientes desde aguas subsuperficiales. Por lo tanto, las condiciones hidroclimáticas descritas para explicar lo ocurrido durante la FAN de Chiloé en 2016 (Garreaud, 2018; León-Muñoz *et al*., 2018; Pérez-Santos *et al*., 2019), baja precipitación e intensificación de los vientos, serían más frecuentes en el futuro. Incluso este evento de FAN fue asociado a la ocurrencia conjunta de El Niño 2015-2016 con una fase positiva de SAM (Garreaud, 2018). En este sentido, las proyecciones muestran que los eventos más extremos de El Niño serán más frecuentes en el futuro, producto del cambio climático (Cai *et al*., 2018), y que además el SAM tiende hacia la fase positiva en un escenario de calentamiento global (Zheng *et al*., 2013). Por lo tanto, es esperable que bajo un escenario de CC las condiciones hidro-meteorológicas que son favorables para el desarrollo de FAN ocurran con mayor frecuencia.

4.2.2 Nuevos escenarios pesqueros

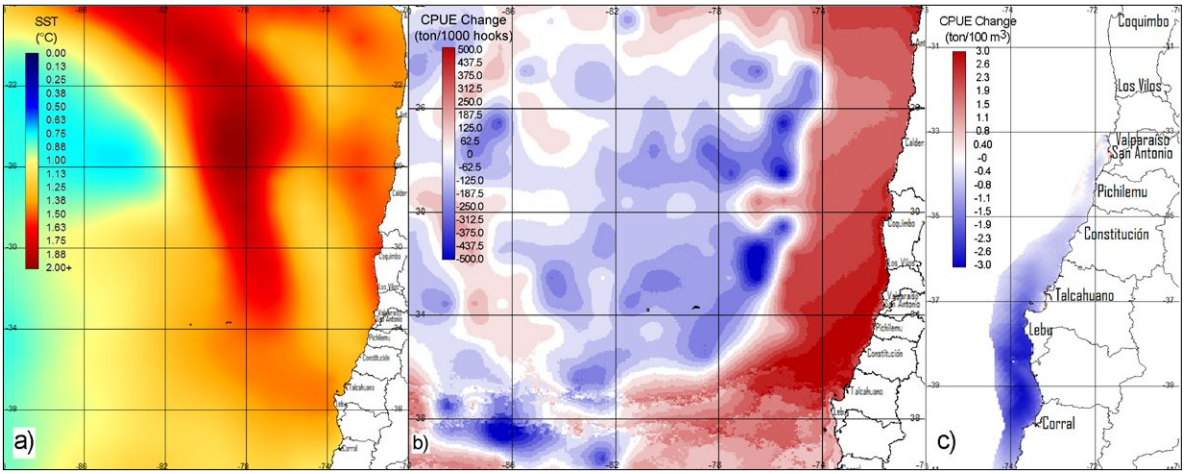
Se ha analizado la variabilidad ambiental y su relación con las fluctuaciones de las principales pesquerías pelágicas chilenas, tanto temporal como espacio-temporalmente (Yáñez *et al*., 2008 a). Dichas pesquerías claramente responden a eventos El Niño, los que afectan la distribución y abundancia de los recursos, y presentan variaciones interdecadales relacionados con cambios ambientales de esa escala de tiempo y que producen modificaciones de regímenes hidrográficos e hidrobiológicos. También se han analizado modelos conceptuales para las pesquerías de la anchoveta (*Engraulis ringens)* y de la sardina (*Sardinops sagax*), las que se alternan en la zona norte de Chile, y para la pesquería de pez espada (*Xiphias gladius*) (Yáñez *et al*., 2008 b). Con estas mismas bases de datos se desarrollaron modelos pesca-ambiente, con los cuales se estiman proyecciones de capturas considerando diferentes escenarios del CC (Yáñez *et al*., 2016 a).

En efecto, con el escenario del CC A2 (método Delta) se estima que en la zona norte de Chile la TSM aumentaría cerca de 1.5 a 2 °C hasta el 2065, no modificándose mayormente las capturas de anchoveta; mientras que las capturas de sardina (*Sardinops sagax)* aumentarían alrededor de los 21 % (Yáñez *et al*., 2017). Sin embargo, previamente Yáñez *et al*. (2014) estimaron disminuciones de captura de anchoveta en la zona norte de Chile de 33 % - 39 % entre el 2010 y el 2100, para escenarios moderado y fuerte, respectivamente; aunque también se estiman aumentos de captura al 2080, si las condiciones fueran de enfriamiento.

En tanto que para el centro-sur de Chile, con los escenarios del CC A2 (método Delta) y 4×CO_2 (modelo ROM) se estima que en la zona de pesca costera de anchoveta y sardina común (*Strangomera bentincki*), y en la zona de pesca más oceánica de jurel (*Trachurus murphyi)*, la TSM aumentaría en 0.58 °C a 1.59 °C y en 0.62 °C a 2.51 °C, hasta el 2065, respectivamente. Con la proyección del CC A2 los desembarques de anchoveta y sardina común disminuirían, y los de jurel aumentarían, aunque levemente. En tanto que con el escenario 4×CO_2 del CC se estiman considerables aumentos en los desembarcos de jurel (Yáñez *et al*., 2016 b, 2018). El incremento de las capturas de jurel se debería a una distribución más al sur y más cerca de la costa, aumentando la disponibilidad y no necesariamente la abundancia. Este mismo cambio en distribución se estima para el pez espada, al mismo que una notable disminución de la abundancia de sardina común al 2050 (Silva *et al*., 2015). Modelos de predicción al 2050, forzados por cambios ambientales según lo proyectado por el IPCC bajo los escenarios RPC, también han sido considerados (Silva *et al*., 2019). En estos dos trabajos se deduce que el CC afectará el hábitat de los recursos.

En efecto, en la Figura 9 a se muestra el calentamiento generalizado de la temperatura superficial del mar, de hasta 2 °C al 2065. La Figura 9 b muestra la pérdida de hábitat (color azul) del pez espada y su acercamiento a la costa con valores positivos de Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) (color rojo), particularmente al sur de Coquimbo, y la Figura 9 c indican una clara pérdida de hábitat de la sardina común (color azul) en toda su área de distribución.

Figura 9. Proyecciones al 2065 de la temperatura superficial del mar (a) y del índice de abundancia CPUE (captura por unidad de esfuerzo) del pez espada Xiphias gladius (b) y sardina común Strangomera bentinki (c) en Chile, considerando el escenario A2 del cambio climático. Los datos mostrados son diferencias entre emisiones proyectadas de CO2 en 2065 y el período base 2001–2012 (Silva et al., 2015; Copyright (2015), con permiso de Elsevier).



Existe además evidencia de que la presencia de El Niño en las costas del norte de Chile ha producido cambios en la diversidad de especies ícticas y crustáceos, con la detección de especies con distribución de latitudes más bajas (tropicales). Estos antecedentes constituyen un verdadero *proxy* de lo que se debiera esperar si por una parte aumenta la cantidad de eventos El Niño y/o se produce un calentamiento de las aguas nortinas, como uno de los efectos de uno de estos procesos. Guzmán y Soto (2000) reportaron que durante el evento El Niño" 1997-1998, se capturaron 12 ejemplares de camarones Penaeoidea (crustácea: decápoda: dendrobranchiata) en las aguas de la zona norte de Chile (18° a 22° S), que constituyen nuevos registros de decápodos para el país. De estas especies, dos pertenecen a la familia *Penaeoidea*, una tercera a la familia *Scycionidae* y la cuarta a *Solenoceridae*.

Sielfeld (2003) comunicó los primeros registros de cuatro especies de lenguados de los géneros *Achirus, Etropus, Bothus* y *Symphurus* en aguas de chilenas, algunas citadas anteriormente para las costas de Ecuador, el Pacífico colombiano y Perú (*Etropus*); Baja California, Bahía de Panamá e islas Galápagos, Pacífico colombiano, costa continental de Ecuador a Perú (*Bothus*); el Pacífico colombiano y las costas de Ecuador (*Achirus*) hasta la zona de Iquique en el norte de Chile (20° S) asociado con el evento cálido de El Niño 1982/83, y, finalmente, entre los 25° N frente a Baja California hasta Huacho, Perú (11° S) (*Symphurus*).

Sielfeld *et al*. (2010) analizaron la ictiofauna frente al norte de Chile, durante El Niño 1982/83, 1986/87, 1991/92, 1997/98, 2002/2003 y el evento no claramente definido 2004/2005, considerando las anomalías térmicas que caracterizaron a cada caso en particular. Esto autores encontraron que la anomalía se relaciona directamente con el número de especies invasoras/afectadas. Durante El Niño, la ictiofauna del norte de Chile

experimenta cambios significativos a causa de la presencia de alrededor de 100 especies de peces invasores que durante períodos normales y/o fríos habitan en latitudes menores, también nombrados "invasores septentrionales" y "peces trópico-ecuatoriales", que en conjunto incluye 15 familias y 86 géneros. La gran parte de las especies invasoras (>50 %) fueron epipelágicas, 25 % fueron típicas de playas de arena y 14.6 % de ambientes rocosos. En el Anexo III, se incluye un listado de publicaciones actualizadas relativas a estudios recursos de pesca y acuicultura en Chile.

5. Nuevas amenazas, exposición y riesgos de impactos de la zona costera

5.1 AMENAZAS, EXPOSICIÓN, VULNERABILIDAD EN LA ZONA COSTERA

La zona costera es uno de los ambientes más dinámicos del planeta, donde interactúan agentes meteorológicos, geológicos y oceánicos en distintas magnitudes y escalas espacio-temporales; por ello está sujeta a muchas amenazas, parte de la cuales están asociadas al CC y otros procesos de variabilidad climática asociadas a los sistemas costeros de Chile (Anexo IV). Cabe señalar que de acuerdo con el Censo 2017 más de 900 000 personas viven en zonas costeras bajas por debajo de los 10 m sobre el nivel del mar, y la zona costera mantiene actividades importantes para la vida social, cultural y económica. En cifras, la pesca artesanal en Chile sustenta 12 989 embarcaciones registradas, 443 caletas pesqueras y 139 5706 pescadores, de ellos 24 806 son mujeres (23 %) y 114 764 hombres (77 %) (SERNAPESCA, 2019). Respecto a la acuicultura, existen 2223 centros de cultivos operando que generan más 11 086 empleos.

De acuerdo con MMA (2019), los impactos físicos asociados al CC en el territorio costero mediante una combinación de marejadas y las variaciones del nivel del mar pueden clasificarse en:

- Inundación de las zonas bajas.
- Cambios en la dinámica y desaparición de humedales.
- Erosión de playas y acantilados.
- Efectos en la dinámica de las dunas.
- Efectos en la hidrodinámica y morfodinámica de estuarios.
- Efectos sobre la operación de puertos y caletas.
- Daños más frecuentes sobre las obras marítimas.
- Pérdida de deltas.
- Intrusión salina en acuíferos.
- Otros efectos.

Los cambios en el nivel del mar y las marejadas fueron reportados en el primer plan como potenciales riesgos; otras como viento costero fueron variables no consideradas, y que tienen muchas repercusiones para la actividad pesquera y acuícola. En efecto, el primer PACCPA establece dos medidas específicas que responden a la amenaza generada por un aumento del nivel del mar y por el aumento de los eventos extremos de oleaje. Estas medidas de acción son:

- N°15: Sistema de predicción de condiciones climáticas para la Pesquería Artesanal y la Acuicultura.
- N°25: Adaptación de la infraestructura portuaria de la pesca artesanal a los posibles impactos del CC (p. ej., aumento nivel del mar).

Según el segundo reporte del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, estas medidas de acción presentan 0 % de avance al 2017 (MMA, 2017). Sin embargo, el Plan de Adaptación y Mitigación de los Servicios de Infraestructura al cambio climático, puesto en marcha el año 2017, incorpora medidas de adaptación orientadas a disminuir los riesgos del aumento del nivel del mar y eventos extremos (marejadas, oleaje). Respecto a los otros planes de adaptación sectorial (por ejemplo, el de ciudades), no se identifican mayores relaciones y/o avances en dicha materia.

A continuación, se presentan nuevos análisis históricos y proyecciones del nivel medio del mar y de las marejadas frente a Chile que permiten mejorar el conocimiento de estas variables en las costas de nuestro país. La información se basa en dos informes que entregan nuevos conocimientos respecto a las amenazas y la exposición, relacionadas con riesgos de impactos de diversas variables que afectan la zona costera. El estudio Determinación del riesgo de los impactos del CC en las costas de Chile (Winckler, Contreras-López & Castilla) busca generar información de proyecciones de la amenaza, exposición, vulnerabilidad y riesgo de los sistemas humanos y naturales de la zona costera ubicados en 104 comunas de Chile continental, además de Rapa Nui y el archipiélago de Juan Fernández. El objetivo de este estudio es sentar las bases para el diseño de políticas e implementación de medidas de adaptación. El estudio se presenta mediante un resumen ejecutivo, 8 volúmenes temáticos y un Sistema de Información Geográfica (SIG). Este fue realizado por 21 investigadores de 5 universidades (PUC, UV, UPLA, PUCV y UCM) y 3 centros de investigación (CCG-UC, CIGIDEN y COSTAR-UV), y mandatado por MMA (Winckler, Contreras-López & Castilla). Además de este estudio, varios mapas de vulnerabilidad y riesgo están siendo elaborados por proyecto de la Unión Europea bajo el liderazgo de los centros CR2 y CG.

5.1.1 Nivel del mar

La principal causa del incremento del nivel del mar es el incremento de la temperatura que puede causar inundaciones en algunas regiones costeras (ver mapa de vulnerabilidad http://globalfloodmap.org/Chile) y derretimiento de hielos marinos y continentales. Existen escasos trabajos que analizan el comportamiento histórico del nivel medio del mar. Montecinos *et al*. (2017), por ejemplo, estiman que el aumento del nivel del mar ha sido de 1.2 a 0.6 mm año^{-1} desde Arica hasta Puerto Montt; es decir, menores de la tendencia históricas global de las dos últimas décadas (~ 3 mm año^{-1}). Contreras-López *et al*. (2017), por otra parte, analizan las tendencias del nivel medio del mar (relativo) para 11 mareógrafos (Figura 10), con estadística superior a 30 años. El análisis muestra una distribución espacial no homogénea en el margen continental, con estaciones que muestran aumentos de hasta 0,38 mm año^{-1} en San Antonio (33,6° S) o disminuciones de hasta -0.40 mm año^{-1} en Puerto Montt (41.5° S). Con excepción de Caldera (27.1°S), las estaciones del norte muestran una caída de -0.13 a -0.04 mm año^{-1}, probablemente asociado al acoplamiento de las placas tectónicas luego del terremoto de 1877. La porción central del país muestra una tendencia ascendente con valores máximos de 0.36 mm año^{-1} en San Antonio y 0.11 mm año^{-1} en Talcahuano (36.7° S). Los grandes cambios en las tendencias entre las estaciones vecinas de Valparaíso y San Antonio pueden atribuirse a los efectos locales. Hacia el sur, Corral (39.9° S) y Puerto Montt muestran las mayores caídas en el nivel del mar en todo el país. En el mar interior chileno (41°S - 47° S) no hay registros a largo plazo del nivel del mar, mientras que, en Puerto Williams, el aumento es relativamente pequeño. La incertidumbre, cuantificada por el intervalo de confianza del 95 %, es pequeña debido a la buena longitud temporal de los datos.

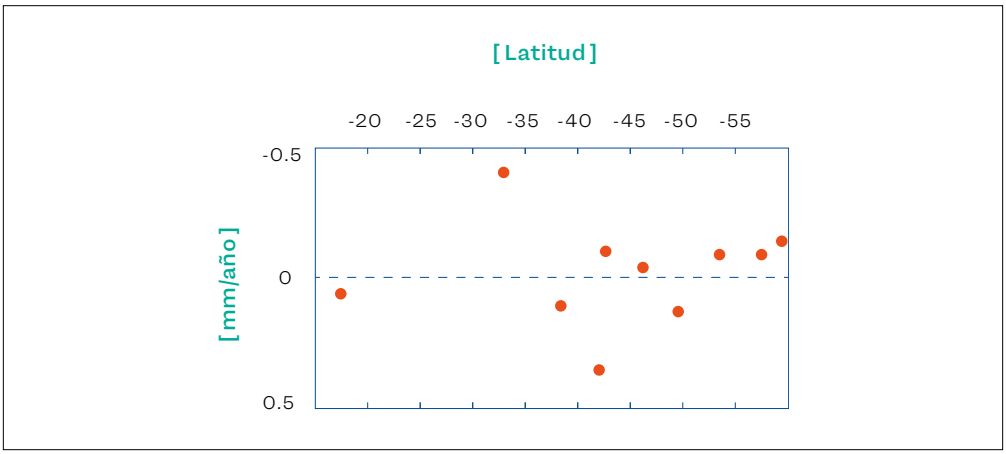


Figura 10: Tasa anual de cambio del nivel medio del mar (relativo) en 11 estaciones mareográficas cuya extensión excede 30 años. Los puntos rojos representan la media. Fuente: MMA (2019)

En lo relativo a proyecciones del nivel medio del mar, también existen escasos trabajos en Chile. Albrecht y Shaffer (2016), por ejemplo, indican que el aumento del nivel medio del mar a lo largo de la costa será relativamente constante de 34 a 52 cm y 46 a 74 cm hasta fines del siglo XXI para el escenario de emisiones RCP 4.5 y RCP8.5. (MMA, 2019), por otra parte, utilizan los resultados correspondientes al análisis de estos 21 modelos procesados para la preparación del AR5 (Church *et al.*, 2013 a, 2013 b) para el escenario RCP 8.5. En la Figura 11, se muestra el aumento del nivel del mar (absoluto) correspondiente al período 2026-2045 respecto del período 1985-2004. Se observa un gradiente latitudinal moderado, con valores en la mediana que van de 0.14 m en la zona norte, a 0.10 m, hacia el sur de los 36° S, lo cual estaría asociado al efecto isostático de la región glaciar en el sur de Chile.

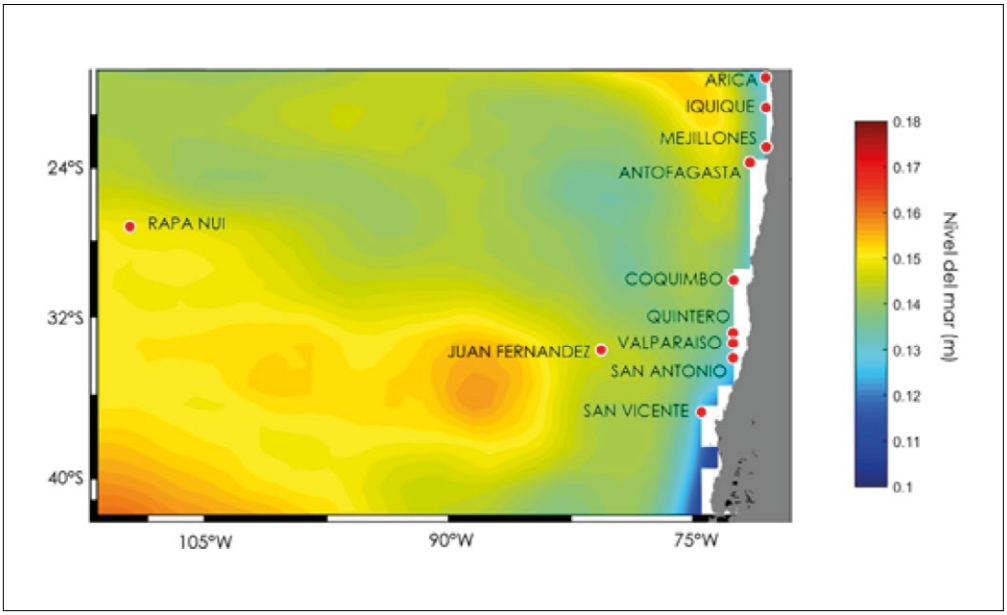


Figura 11: Incremento del nivel del mar respecto entre la mediana de la proyección (2026-2045) respecto de la mediana del período histórico (1986-2005). Los puntos rojos corresponden a los nodos más cercanos a los puertos en los cuales se efectúa la proyección. Esta gráfica no contempla los efectos de deformación vertical de la corteza terrestre producto del ciclo sísmico (MMA (2019).

En la Figura 12 se presentan las proyecciones del nivel medio del mar, correspondientes al período 2010-2100, las cuales fueron calculadas en nodos cercanos a Arica, Antofagasta, Valparaíso y San Vicente (MMA, 2019) Se observa que las proyecciones son relativamente uniformes en todo el país. Hasta mediados del siglo XXI, las proyecciones exhiben una tendencia aproximadamente lineal, la cual incrementa la tasa de aumento hacia la segunda mitad del siglo. Para el período 2026-2045, la magnitud del ascenso en la proyección sería inferior a 0.18 4 0.10 m a lo largo de Chile. A fines de siglo, no obstante, el incremento sería del orden de 0.65 4 0.3 m. Estos resultados son consistentes con Slangen (2014) y Yan (2012). Cabe señalar que el trabajo de Aubrecht y Shaeffer (2016), no sigue precisamente la metodología de los trabajos mencionados, por lo que no es estrictamente comparable a los resultados de este estudio.

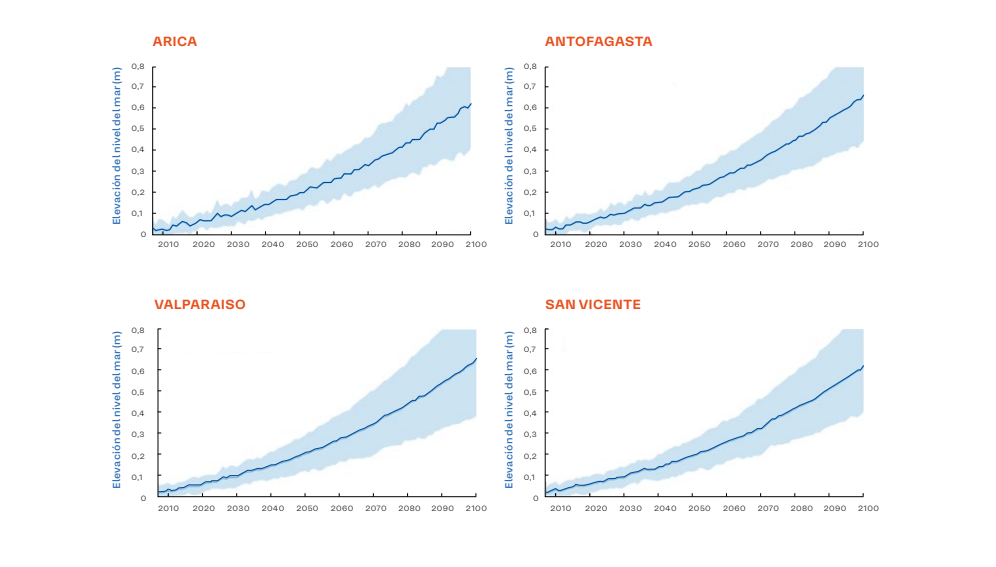


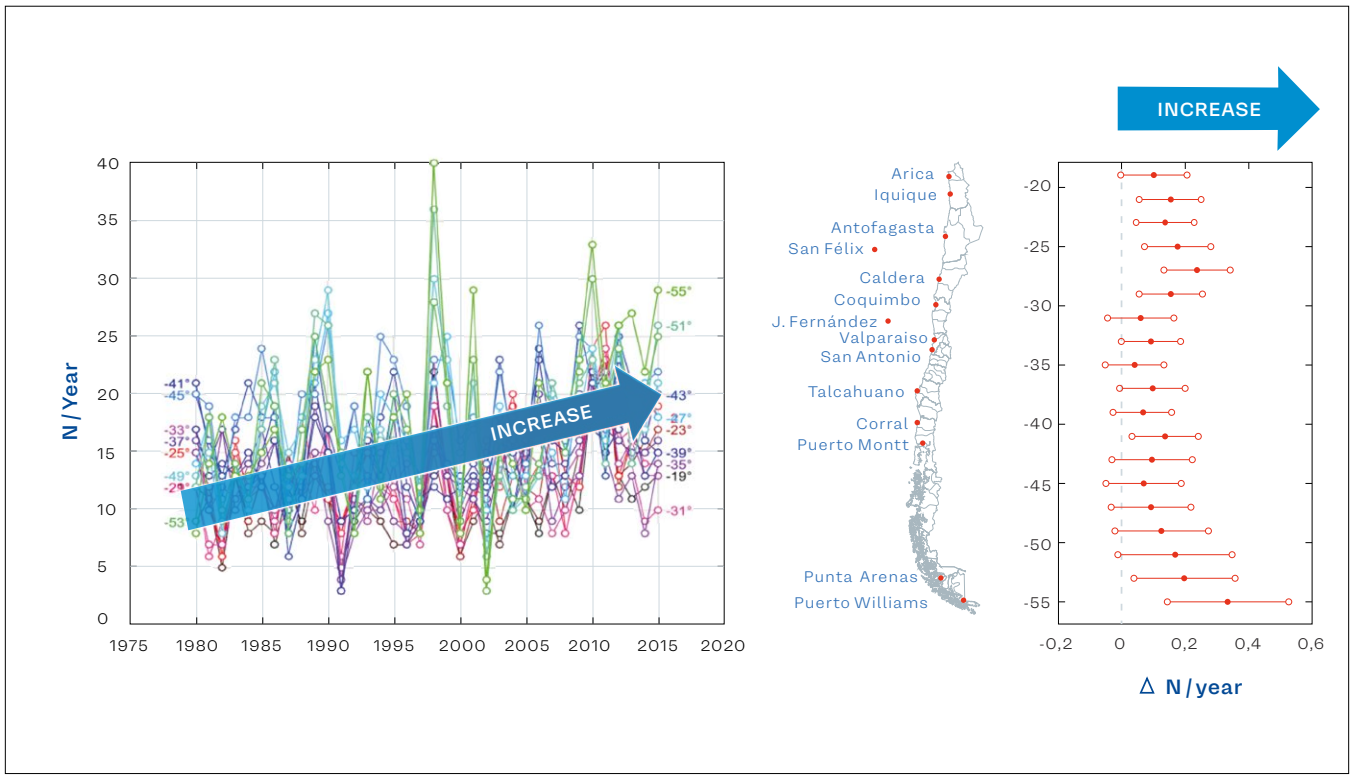
Figura 12: Nivel del mar respecto al promedio 1986-2005 en metros [m], a partir de 21 modelos del CMIP5 (AR5) para los puertos de Arica, Antofagasta, Valparaíso y San Vicente. Las líneas corresponden a la mediana y el celeste el rango entre modelos. Esta gráfica no contempla los efectos de deformación vertical de la corteza terrestre producto del ciclo sísmico (MMA, 2019).

5.1.2 Marejadas

Estos son eventos extremos del oleaje en que las olas presentan una gran energía y tienen el potencial de alterar la morfología de la costa, provocar daños en la infraestructura costera o simplemente impedir el normal desarrollo de las actividades socioeconómicas que ocurren en ella. Las marejadas que inciden en nuestro país están asociadas principalmente a los ciclones extratropicales (sistemas frontales) del hemisferio sur, los cuales en general se observan sobre el océano Austral y generan marejadas de origen remoto. Cuando el sistema frontal llega a la costa, se produce una marejada local, que además de presentar un oleaje con gran altura, tiene un aumento del nivel del mar en la costa por efecto de la baja presión atmosférica y la acumulación de agua en la costa producto del viento.

MMA (2019) efectúan un análisis histórico de valores extremos basándose en estadísticas cada 3 horas entre 1980 y 2015 (35 años) en puntos espaciados latitudinalmente cada 2° frente a la costa chilena. Las estadísticas están disponibles en https://oleaje.uv.cl/, "Atlas de Oleaje de Chile" (Beyá *et al*., 2016, 2017). La cantidad de eventos extremos por año y la tasa anual de cambio de esta cantidad se muestran en la Figura 13. El análisis indica que existe un aumento generalizado en la frecuencia de eventos extremos en todo el país. Las tasas positivas varían entre 0.1 a 0.3 eventos año^{-1}, que son equivalentes a aproximadamente 4 a 12 eventos más en la actualidad en comparación con los años ochenta. Los resultados del aumento en la frecuencia de eventos extremos son consistentes con los escasos estudios disponibles. Martínez *et al*. (2017) encontraron un incremento de +0.32 eventos año^{-1} en un conjunto de datos de 58 años que cubre 1958 a 2016 en Valparaíso mientras que MMA (2019) muestra un incremento menor de +0.11 eventos año^{-1} entre 1980-2015. Sus diferencias se explican porque se utilizan diferentes fuentes indirectas para estimar el número de eventos extremos, al no contar con un registro permanente de oleaje de larga data a lo largo del litoral nacional.

Figura 13: Número de eventos extremos para los nodos 19° S, 29° S, 39° S, 49° S y 55° S (izquierda), obtenidos de data del Atlas de Oleaje (Beyá et al., 2017). Tasa de variación anual del número de eventos extremos por año (derecha). Los puntos rojos representan la media y los intervalos de confianza del 95 % se muestran en barras y círculos blancos (Adaptado de MMA, 2019).



Como complemento al análisis de valores extremos, MMA (2019) efectúan un análisis para el clima medio del oleaje. Los resultados indican que en el período 1980-2015 ha habido un incremento leve en la altura y el período, además de un giro antihorario de la dirección media de propagación del oleaje, probablemente asociados a la migración al sur de las trayectorias de los sistemas frontales (ciclones extratropicales) como consecuencia de la tendencia hacia la fase positiva del SAM (Aguirre *et al*., 2019).

5.2 PROYECCIÓN DE LAS MAREJADAS PARA LA PROYECCIÓN (2026-2045) BAJO EL ESCENARIO RCP 8.5

El estudio de MMA (2019) indica que los eventos extremos serán más frecuentes e intensos, sobre todo en la zona central de Chile, lo que seguramente aumentará los daños en la infraestructura costera. El estudio de clima medio que acompaña al de las marejadas concluye que la altura de ola y el período seguirán incrementándose levemente y el oleaje girará más al sur, también en forma moderada.

Cota de inundación

MMA (2019) también efectúan estimaciones de la cota de inundación mediante un procedimiento simplificado que considera los efectos del oleaje, el aumento del nivel medio del mar, la marea astronómica y la marea meteorológica. Los resultados indican que la cota de inundación para una ventana histórica (1985-2004) presenta valores de +2.5 m respecto del NRS (Nivel de Reducción de Sondas) en el extremo norte a +3.5 m NRS en el canal Chacao. Para la proyección (2026-2045) la cota de inundación aumentaría entre +2.8 a +3.8 m NRS para ambos extremos, lo que implica un aumento de +0.23 a +0.29 m en los extremos sur y norte, respectivamente (Figura 14).

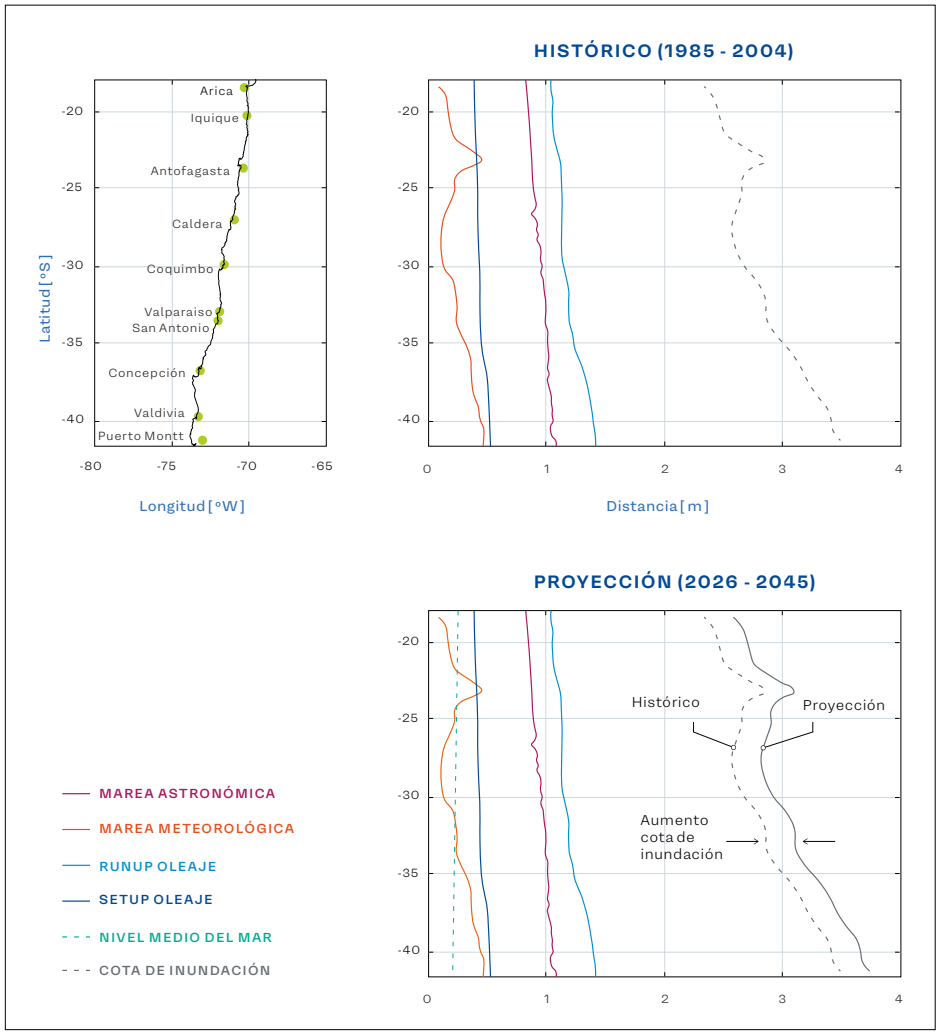


Figura 14. Cota de inundación entre Arica y el canal Chacao para el período histórico (arriba) y para la proyección (abajo). En el panel de abajo se muestra también la cota de inundación histórica para facilitar la comparación entre ambos períodos. Fuente: MMA (2019).

5.3 RIESGOS PARA LAS PESQUERÍAS CONSIDERANDO CAMBIOS O ESCENARIOS CLIMÁTICOS

Dada la variedad de impactos asociados al CC, el estudio de riesgo e impactos se restringe en forma genérica a los efectos en sistemas humanos y naturales y en forma específica a playas, humedales, puertos y caletas de pescadores. Los dos últimos altamente relevantes para tomar acciones de adaptación en pesca, el impacto de las marejadas afecta operacionalmente a caletas pesqueras y puertos, pero también tienen efectos sobre la infraestructura costera, la pérdida de playas, y el cierre de puertos afecta la economía local por la falta de recursos a comercializar y a nivel país por los productos que no pueden exportarse.

En el estudio de riesgo y vulnerabilidad en puertos efectuado por MMA (2019) se analiza el impacto histórico asociado a la pérdida de disponibilidad de sitios de atraque debido a oleaje (*downtime*). A partir de los certificados de cierre de puerto (2015 a 2017) y una base de datos de SERVIMET (2007 a 2014) se concluye que, entre 2008 y 2017, se registraron 9097 cierres de puerto en 19 capitanías expuestas al océano Pacífico de las cuales se contó con información. Los puertos con mayor cantidad de cierres son Arica (850), Tocopilla (802) y Quintero (761). El estudio de riesgo en puertos se evalúa el *downtime* operacional en 9 puertos en Chile (Arica, Iquique, Mejillones, Antofagasta, Coquimbo, Quintero, Valparaíso, San Antonio y San Vicente).

En términos económicos, el análisis a nivel agregado para los 9 puertos se traduce en pérdidas de US$ 4.12 millones anuales y ganancias por US$ 6.34 millones anuales, dando como resultado unas ganancias netas de US$ 2.22 millones anuales como efecto del CC. No obstante, el aumento del nivel medio del mar (NMM) sumado al incremento en la frecuencia e intensidad de las marejadas significará un aumento significativo del sobrepaso y del daño estructural de obras portuarias. En este contexto, se proponen medidas de adaptación para mejorar las condiciones operacionales y para la gestión de la infraestructura en un contexto de clima futuro más severo que el actual.

Dada su similitud operacional, el estudio de vulnerabilidad en caletas efectuado por MMA (2019) equivale al de puertos y busca mostrar que estas han experimentado numerosos cierres debido a marejadas en la última década. En el estudio de riesgo se evalúa el *downtime* operacional de las 546 caletas agrupadas cada 2° de latitud para el período histórico (1985-2004) y la proyección (2026-2045), considerando los límites operacionales definidos en base a *focus groups* y encuestas para diferentes actividades (buzos, recolectores, embarcaciones de eslora inferior y superior a 12 m). El oleaje en aguas profundas se transfiere a la costa utilizando una metodología simplificada que rescata la física fundamental de la zona de aproximación a la costa, pero no las condiciones locales de cada caleta. El análisis concluye que un 23 % de los registros pesqueros artesanales se encuentran en zonas con predicciones de aumento en *downtime* de pesca, entre 19° S y 34° S (Figura 15). Hacia el sur, las condiciones operacionales asociadas al oleaje mejorarían en la proyección. Considerando los valores de desembarque y de precios en playa del año 2017, se estima una pérdida a nivel agregado que podría fluctuar entre los US$ 1.3 y 7.6 millones anuales para las caletas ubicadas entre los 19° S y 34° S, dependiendo del escenario. Las pérdidas en desembarque representan alrededor de un 2 % a 5 % de capturas actuales (Figura 16).

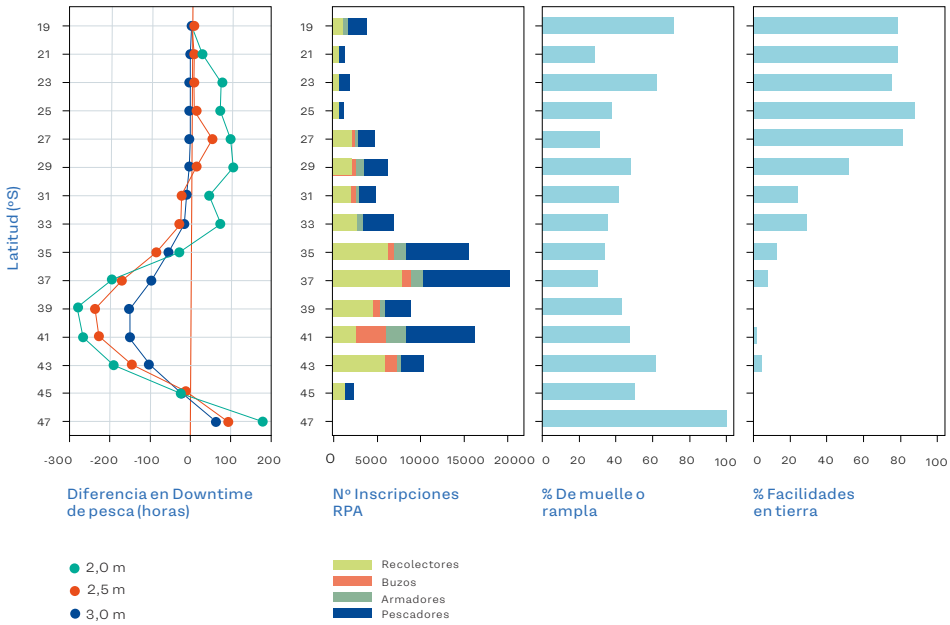


Figura 15. Diferencia entre downtime de pesca histórico y proyectado cada 2° de latitud para un umbral operacional de 2.0, 2.5 y 3.0 metros [m] y variables descriptivas de pesca artesanal: número de inscripciones en el Registro Pesquero Artesanal (RPA), porcentaje de muelles o ramplas artesanales y porcentaje de facilidades en tierra (MMA (2019).

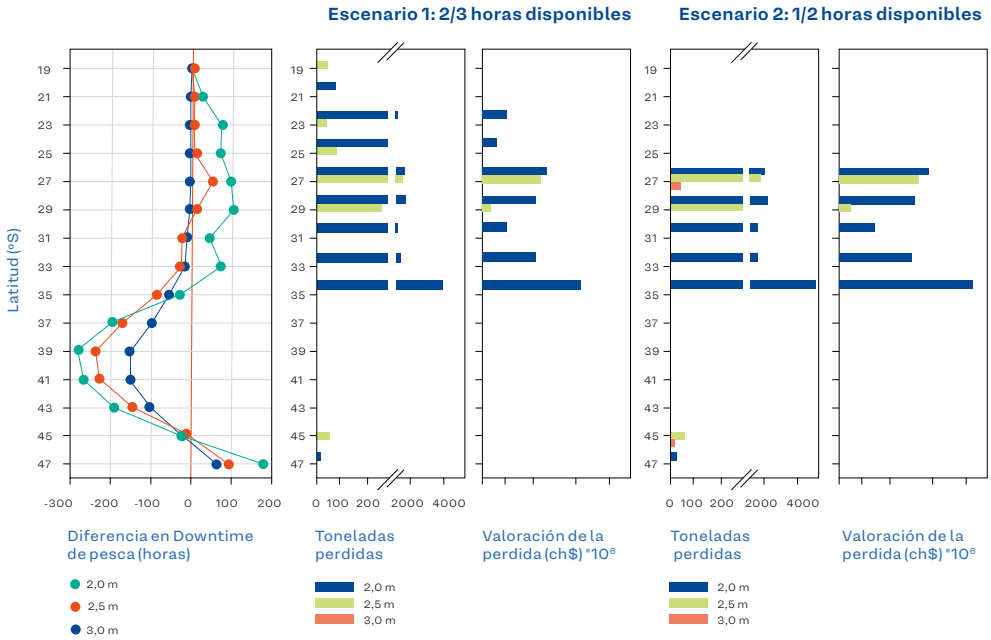


Figura 16. Estimación de diferencias de downtime histórico y las pérdidas de desembarque y valoración de desembarque para umbrales de 2.0 205 y 3.0 metros [m] de altura significativa de oleaje frente a 2 escenarios posibles de operación de la capacidad pesquera artesanal. Escenario 1: donde la flota puede operar 66 % (2/3) de las horas disponibles y Escenario 2 donde la flota puede operar 50 % (1/2) de las horas disponibles (MMA (2019).

5.4 RIESGOS PARA LA ACUICULTURA CONSIDERANDO CAMBIOS O ESCENARIOS CLIMÁTICOS

El CC tendrá numerosos efectos directos e indirectos sobre la acuicultura a corto o largo plazo. Algunos ejemplos de impactos negativos a corto plazo incluyen la pérdida de producción o infraestructura debido a eventos extremos (marejadas), enfermedades, FAN y presencia de parásitos, así como la disminución de la productividad debido a condiciones de cultivo sub-óptimas. A largo plazo se pueden esperar cambios incrementales en las condiciones ambientales que van siendo cada vez más sub-óptimas para los organismos en cultivo y que afectan sus límites fisiológicos. El CC puede afectar la disponibilidad de semillas silvestres (como podría ser en el caso de los mejillones o los ostiones), el acceso cada vez más limitado al agua dulce para piscicultuas y criaderos (*hatcheries*). Además, existen importantes efectos indirectos asociados con la disponibilidad de insumos marinos y/o terrestres para los alimentos (*e.g.*, aceite de pescado, soya, lupino, etc.). Todo esto puede traer importantes consecuencias para la imagen de la industria y aceptabilidad de sus productos.

Un estudio reciente sobre la vulnerabilidad de la salmonicultura chilena al CC (Soto *et al.*, 2019) destaca que las proyecciones climáticas para la región de Los Lagos y la zona norte de la región de Aysén, indican una intensificación en el decrecimiento de las precipitaciones y un aumento en la temperatura del aire. Esta condición reducirá significativamente los ingresos del agua dulce al sistema costero, principalmente durante primavera, verano y otoño temprano, lo cual puede propiciar la ocurrencia de eventos nocivos para el cultivo de salmónidos, tales como hipoxias y FAN. Conjuntamente, según el análisis de imágenes satelitales, las zonas del mar interior de Chiloé en la región de Los Lagos y los canales de la región de Aysén han experimentado incrementos significativos de temperatura durante los últimos 20 años, tendencia que se pronostica que continuará. Es posible entonces que áreas de cultivo que actualmente tienen salinidades bajas y moderadas incrementen su salinidad y que continúe la tendencia de aumento en la temperatura del mar. Por el contrario, en la región de Magallanes se esperan cambios mínimos o incluso un aumento en las precipitaciones, pero no se prevén aumentos significativos de temperatura del aire. Sin embargo, para esta región no existe suficiente conocimiento oceanográfico, por lo cual cualquier predicción tiene menor confiabilidad y una mayor incertidumbre sobre la magnitud y dirección de los impactos.

Los incrementos de temperatura y salinidad afectan negativamente la salmonicultura puesto que el incremento de ambas variables facilita la reducción del O_2 y hace más propicia la presencia y expansión de parásitos como caligus y amebiasis. El análisis de riesgo que realizó la investigación revela además que ciertas condiciones de manejo del sector pueden incrementar el riesgo ante el CC. En particular, aquellas áreas o barrios donde se ha acumulado más producción y que tienen altas densidades en términos de biomasa km^{-2} presentarían mayor riesgo de pérdida. Esto es debido a que tales condiciones son más susceptibles al parasitismo y enfermedades y además porque los ingresos acumulados y actuales de nutrientes de la salmonicultura al ecosistema podrían facilitar crecimiento del fitoplancton y potenciar el desarrollo de FAN en condiciones de incremento de temperatura y un mayor número de días sin precipitaciones en los meses de verano y otoño. El estudio también destaca los posibles impactos para el empleo y desarrollo local, especialmente para aquellas comunas que tienen alta dependencia de la salmonicultura como son Castro, Quellón y Puerto Cisnes. El estudio sugiere que es posible reducir la vulnerabilidad implementando algunas medidas de adaptación claves tales como:

- Realizando una planificación espacial de los centros y ACS basada en riesgos.
- Mejorando sistemas de monitoreo ambiental y alerta temprana abiertos, transparentes y con inclusión local ampliada.
- Mejorando la coordinación público-privada y entre entidades y agencias.
- Mejorando el manejo productivo de los centros.
- Manteniendo la concentración de la producción de salmones (ton/km^2) a niveles que minimicen el riesgo (por magnitud de impacto).
- Manteniendo o estimulando el cultivo de especies nativas (fauna y flora). Es de vital importancia que se consideren los riesgos para la producción misma y para el ecosistema. Para ello, es fundamental establecer capacidad de carga de áreas y/o ecosistemas relevantes que contienen la producción.
- Reemplazando combustibles fósiles por energías renovables y mejorando el rendimiento de maquinaria ligada a la producción y transporte de especies cultivadas.

Existe además un estudio en curso sobre el impacto del CC sobre la calidad y cantidad de agua dulce para las pisciculturas en las regiones de Concepción y de la Araucanía. Los resultados preliminares sugieren que este recurso, particularmente por la reducción en las precipitaciones, podría ser también muy afectado y limi-

tante especialmente para pisciculturas de flujo abierto. La mitilicultura chilena que se realiza esencialmente en la región de Los Lagos, por su estrecha relación con las condiciones ambientales de los ecosistemas en que se desarrolla, está expuesta a la variabilidad climática y al CC. Un estudio en curso (Soto *et al.*, en revisión) indica que existen riesgos tanto para la captación y retención de la semilla de mejillones, así como para el proceso de engorda y cosecha. Para la captación de semilla se prevé que la reducción en las precipitaciones previstas para la Patagonia norte bajo el escenario RCP 8.5 podría afectar tanto a los bancos parentales como el proceso de transporte de larvas y captación retención de semilla. En tanto para el proceso de engorda, un mayor número de días sin lluvia y un leve calentamiento del mar interior podrían facilitar procesos con efectos opuestos, como son incrementos en la ocurrencia e intensidad de FAN e incremento en la disponibilidad de alimento generando más bien oportunidades. A estos riesgos habría que sumar aquellos relacionados con la acidificación del océano que podría afectar tanto a la captación de semilla como a los procesos de engorda y se plantea como urgente abordar diversas brechas de conocimiento para entender impactos que se sobreponen y en algunos casos se contraponen.

Un aumento de la surgencia costera podría traer consecuencias importantes sobre las actividades pesqueras, y sobre todo sobre el cultivo de especies debido al incremento en las condiciones de frío, acidificación y de bajo oxígeno en la columna de agua. Recientes estudios determinan que el tamaño del ostión chileno es altamente determinado por las condiciones ambientales que genera surgencia en la bahía donde se cultiva, por lo que ante un aumento en la intensidad de la surgencia podría generar condiciones negativas para la industria de este recurso (Ramajo *et al.*, 2019).

La acidificación podría tener también potenciales impactos sobre la industria asociada a la acuicultura de moluscos. Estudios realizados sobre ostiones juveniles muestran que bajo condiciones de bajo pH y alta temperatura, estos tienen efectos sobre las tasas de calcificación, crecimiento y metabolismo (Navarro *et al.*, 2013; Duarte *et al.*, 2014; Lagos *et al.*, 2016; Ramajo *et al.*, 2016 a,b; Lardies *et al.*, 2017 y Duarte *et al.*, 2018). Este resultado ha sido respaldado por otros estudios que muestran la importancia de la disponibilidad de alimento para contrarrestar con los efectos de la acidificación del océano (Ramajo *et al.*, 2016 a, b). Este estudio determinó que, bajo condiciones de alta disponibilidad de alimento, los ostiones responden mejor ante condiciones de bajo pH (Ramajo *et al.*, 2016 b), lo que proporciona a la industria los primeros elementos para crear capacidad de adaptación al CC global (León-Muñoz *et al.*, 2017).

En Chile, las investigaciones sobre bivalvos se complementan con estudios realizados en distintas poblaciones en especies de importancia económica en las costas de Chile, los que han mostrado su diversidad genética (Cea *et al.*, 2014 y Fuenzalida *et al.*, 2014) y una gran variabilidad en respuestas a estresores ambientales como la acidificación del océano. Varios estudios han resaltado el rol de la variabilidad naturales en pCO_2 y pH en conferir tolerancia frente a la acidificación en mitílidos (choritos) (Duarte *et al.*, 2014). Este tipo de estudios es de vital importancia para la industria ya que conocer la variabilidad intraespecífica de las especies bajo cultivo, lo cual permitiría, por ejemplo, desarrollar programas de selección de reproductores tolerantes y generar las bases de la adaptación a la acidificación del océano u otros estresores que afectarán las zonas de producción. Sin embargo, un aspecto crítico de este tipo de estrategias es el nulo desarrollo de *hatcheries* para el cultivo de choritos; mientras que, en el caso de ostiones, estos tienen poco impacto en el porcentaje de la producción basada en captación natural. Otros estudios sugieren resultados interesantes para el desarrollo de estrategias de adaptación frente a la acidificación del océano que podría estar basada en diversificar la forma en que el producto se ofrece al consumidor (San Martín *et al.*, 2019 y Ponce *et al.*, 2019), y generando las condiciones para la apertura de nuevos mercados para recursos que no son cultivados, pero que son tolerantes a la acidificación como el bivalvo *Choromytilus chorus* (Benítez *et al.*, 2018).

La sostenibilidad de la acuicultura de moluscos depende además del presupuesto de carbonato con el que los individuos construyen sus exoesqueletos calcáreos. Estudios realizados en bancos de ostras del hemisferio norte demostraron que la extracción progresiva del recurso y deposición de sus valvas en el sistema terrestre generan condiciones de inestabilidad en la productividad de largo plazo, y que darle sostenibilidad se necesitó establecer estrategias de restauración activas que consideren el reciclaje de conchas hacia los bancos naturales (Powell y Klinck, 2007). La restauración de bancos de moluscos y la disponibilidad del carbonato de sus valvas permite fortalecer la resiliencia de estos ecosistemas bentónicos en el sentido que su disolución aporta alcalinidad al mar actuando como *búfer* frente a la acidificación progresiva y aporta el carbonato necesario para la formación de conchas de nuevas semillas y el crecimiento de los adultos (Waldbusser *et al.*, 2012). Sin embargo, para Chile no existe información sobre el presupuesto de carbonato y las condiciones que facilitan su reciclaje en ecosistemas que contengan los bancos naturales de mitílidos, ostras u ostiones, por lo que es crucial desarrollar programas de investigación que fortalezcan la resiliencia de estos ecosistemas.

Uno de los nuevos hallazgos reportados fue la presencia persistente de aguas con alto contenido de pCO_2 (y bajo pH) en varios lugares de la línea costera (p. ej., Antofagasta, Tongoy, Las Cruces, golfo de Arauco, estuario Reloncaví, mar interior de Chiloé, etc.), que incluso es utilizada por múltiples servicios ecosistémicos (acuicultura/pesquerías), y que en ocasiones corresponde a los escenarios de acidificación del océano proyectados para 2100 según el IPCC (Vargas *et al*., 2017 y Aguayo *et al*., 2019). Los resultados de este trabajo sugieren que el impacto de la acidificación del océano podría haber sido subestimado, al exponer experimentalmente a organismos que ya habitaban aguas ácidas y corrosivas. Los resultados sugieren además que a lo largo de la costa de Chile hay mucha plasticidad y adaptación local en términos de la respuesta de los organismos marinos frente al CC y global. El uso de datos públicos solamente resaltó el valor de las observaciones abiertas a largo plazo como una clave para la resiliencia del sector socioecológico. El poder conocer la variabilidad ambiental natural a lo largo de la costa de Chile es un elemento esencial y básico para el diseño de experimentos que permitan evaluar de forma correctas las repercusiones del CC en nuestro país.

La acidificación del océano genera importantes impactos sobre los atributos físicos y nutricionales en mitílidos con significativas consecuencias sobre las preferencias y el bienestar de los consumidores (San Martín *et al*., 2019). Este tipo de estudios demuestra que los atributos que se ven afectados significativamente por la acidificación del océano, fueron justamente los más valorados por los consumidores, y en consecuencia pueden afectar su disposición marginal a pagar. Este enfoque transdisciplinario que algunos grupos de investigación en Chile han realizado, permite poder abordar correctamente este tipo de fenómenos globales y sus implicaciones económicas locales que tiene para los consumidores y la industria.

Recientemente, San Martín *et al*. (2019) realizó tanto experimentos biológicos como económicos para evaluar los impactos de la acidificación de los océanos sobre los atributos físicos y nutricionales de los mitílidos y sus consecuencias sobre las preferencias y el bienestar de los consumidores. En el estudio se evaluó específicamente el impacto de la acidificación del océano sobre los atributos comercialmente relevantes de los mitílidos, y luego se usaron estos resultados para informar los modelos de elección económica que evalúan los efectos marginales de estos impactos sobre las preferencias y el bienestar de los consumidores.

6. Análisis y Recomendaciones al PACCPA existente

A continuación, se presentan recomendación por objetivo realizadas por los integrantes del taller.

Objetivo 1: Promover la implementación del enfoque precautorio y ecosistémico en la pesca y acuicultura como una forma de mejorar la resiliencia de los ecosistemas marinos y de las comunidades costeras.

Acción 1: Apoyar la implementación de planes de manejo en pesquerías locales, nacionales y regionales.

- La evaluación de los *stocks* indica que hay un alto número de pesquerías colapsadas y sobreexplotadas. En el contexto del CC, una manera de promover este objetivo es haciendo una evaluación sobre las pesquerías que necesitan urgente aplicar este enfoque precautorio y ecosistémico (*i.e.*, sobreexplotadas y en plena explotación).
- Se deben desarrollar modelos pesqueros de este tipo de planes
- Debe existir una mejor formación de nivel superior y postgrado, con bajada a las asociaciones de pesqueros para la elaboración de planes de manejo
- La acuicultura no aparece en este objetivo precautorio y ecosistémico. Una medida de mitigación y adaptación de este rubro podría ser la adopción de cultivos más sostenibles por sobre intereses económicos. En tal sentido, aquellos acuicultores que opten por recursos menos invasivos y contaminantes podrían tener ventajas comparativas. Además, las externalidades ambientales de la acuicultura DEBEN ser incorporadas en los balances del privado como costos. No puede seguir el estado y sociedad-civil soportando este impacto.
- Considerar la capacitación continua de los integrantes de los Comités de Manejo en materias asociadas al CC, elaboración de planes de manejo con enfoques ecosistémico y precautorio.
- Por ley se aplican ambos enfoques. Quizás es necesario revisar cómo estos se consideran o incorporan las componentes ambiental y social al enfoque ecosistémico que actualmente solo considera el aspecto biológico.
- Se debe realizar una revisión de los planes de manejo existentes para incorporar nuevas medidas que aborden el CC y otras materias medioambientales.
- Se requiere capacitación de funcionarios públicos y ampliar la formación de futuros profesionales en la formulación de planes de manejo. De igual forma entregar mayores conocimientos a los integrantes de los comités de manejo.

Acción 2: Fortalecer el programa de observadores científicos a bordo de las flotas pesqueras nacionales.

- Incorporar asociaciones con pesquerías y acuicultores para la toma de datos ambientales (independientemente de que haya observadores o no). Esto es interesante, ya que amplía la red de monitoreo de variables. Aquí los observadores científicos podrían ser responsables de la capacitación, manejo, limpieza de datos, calibraciones, etc., y de aguas continentales.
- Actualmente, Chile está en el *top ten* de países con superficie marina protegida. Sin embargo, estas áreas necesitan administración, manejo y estudios permanentes. Estas áreas no solo man-

tienen la biodiversidad, sino que también atenúan otros impactos del cambio climático como el CO_2 atmosférico. Parece poco viable desarrollar una red de estudio de biodiversidad; sin embargo, concentrar en esfuerzos en estas áreas podría proveer refugios a las poblaciones, permitiendo su restablecimiento.

- Se debieran seguir las directrices internacionales que existen sobre los sistemas/redes de monitoreo; se debieran estudiar para homologar y hacer conversable y comparable el funcionamiento de la red.
- La red que se forme debe ser colaborativa para hacer que las distintas bases de datos, provenientes de diversas instituciones puedan conversar y ser transformadas a información útil para la toma de decisiones.
- Se debe definir cuáles van a ser las variables de innovación en la red nacional.
- No existen monitoreos en las áreas marinas protegidas, si se llegasen a implementar sería de interés discutir este objetivo.

Acción 3: Fortalecer el Programa de Reducción del Descarte y la Pesca incidental en las pesquerías nacionales.

- Medidas 1, 2 y 3 no se relacionan con el cambio climático, sino a medidas de sostenibilidad para un manejo de recursos biológicos (principalmente). El estado actual de los recursos a los cuales hacen alusión estas medidas se debe a la sobreexplotación, que nada tienen que ver con cambio climático.
- Incluir la obligatoriedad para la incorporación de nuevas tecnologías y materiales para reducir el descarte (como redes).
- La toma de decisiones en actividades socioeconómicas en el medio ambiente debiese basarse en argumentos científicos y no en el cumplimiento de una normativa importada, rígida que no recoge la heterogeneidad espacial de tecnologías y materiales para reducir el descarte.

Acción 4: Promover el desarrollo de la Planificación Espacial Marina (MSP, por sus siglas en inglés) como una herramienta de gestión para el uso de los recursos y ecosistemas marinos.

- MSP es una estrategia más integral que solo mitigar descarte.
- Según investigación en derecho, en esto no se ha avanzado nada.

Acción 5: Guía para la certificación de pesquerías.

- Creo que esta certificación debiera incorporar elementos como apoyo a investigación científica, a las comunidades pesqueras dada su condición social, uso de energía limpia, conductas en alta mar o durante los embarques, manejo de residuos a bordo, por ejemplo.

Objetivo 2: Desarrollar la investigación necesaria para mejorar el conocimiento sobre el impacto y escenarios de cambio climático sobre las condiciones y servicios ecosistémicos en los cuales se sustenta la actividad de la pesca y de la acuicultura.

Acción 6: Red nacional de monitoreo y análisis de biodiversidad marina y de aguas continentales.

- Actualmente, Chile está en el *top ten* de países con superficie marina protegida. Sin embargo, estas áreas necesitan administración, manejo y estudios permanentes. Estas áreas no solo mantienen la biodiversidad, sino que también atenúan otros impactos del cambio climático como el CO_2 atmosférico. Parece poco viable desarrollar una red de estudio de biodiversidad; sin embargo, concentrar en esfuerzos en estas áreas podría proveer refugios a las poblaciones, permitiendo su restablecimiento.
- En este objetivo se dejó afuera la pesquería.
- Se debieran seguir las directrices internacionales que existen sobre los sistemas/redes de monitoreo, se debieran estudiar para homologar y hacer conversable y comparable el funcionamiento de la red.
- La red que se forme debe ser colaborativa para hacer que las distintas bases de datos, provenientes de diversas instituciones, puedan conversar y ser transformadas a información útil para la toma de decisiones.
- Se debe definir cuáles van a ser las variables de innovación en la red nacional.

- No existen monitoreos en las áreas marinas protegidas, si se llegasen a implementar sería de interés discutir este objetivo.
- Referencia de capacidades en materias de cambio climático, debiera ser un requisito tal como es un curso CAPYDES, de buceo, patrón de embarcación menor, mayor, etc. Simultáneamente, la autoridad técnica o administrativa. También debe capacitarse en estas materias, pero también adquirir capacidades comunicacionales acordes, de manera tal de hacer más eficiente la transferencia de capacidades blandas. Hasta ahora, la falta de conocimiento en ambos, la autoridad y los usuarios, limita los programas de adaptación de estos sectores.
- Contar con una evaluación de las especies sujetas a pesquería y acuicultura y sus respuestas a variables ambientales y cambio climático. Este documento, redactado de diversas maneras, puede ser usado para tomadores de decisiones, educación, público general, pescadores.

Acción 7: Modelos de pronósticos de pesquerías pelágicas chilenas frente a diversos escenarios del cambio climático.

- Fortalecer institucionalidad Centro que se dedique a levantar información para realizar los pronósticos, prospecciones y financiamiento adecuado, estable, y permanente.
- Los pronósticos de desembarque de los recursos pesqueros deben llevar a la instauración de procesos productivos de bajo impacto.
- Fortalecer IFOP a través de una estructura directa, como Centro que se dedique a levantar información para realizar los pronósticos. Establecer un Instituto o Centro de investigación público que cuente con financiamiento para asegurar su funcionamiento.
- Bases de datos pesqueras trazables y Plataformas con información oceanográfica estandarizada obtenida de datos públicos o privados.

Acción 8: Estudios oceanográficos de biodiversidad marina.

- Se deben incrementar las investigaciones integradas con la comunidad.
- Incorporación de la data levantada en oceanografía, morfología submarina y biodiversidad en plataformas abiertas.

Acción 9: Programa de prevención, control y/o erradicación de especies exóticas invasoras (EEI).

- Tomar resguardos, y realizar estudios ecológicos si las especies nuevas a cultivar también son especies no endémicas que pueden convertirse en invasoras a largo plazo.

Acción 10: Determinación de las Áreas Aptas para Acuicultura (AAA) de acuerdo con los posibles futuros escenarios climáticos-oceanográficos.

- Esta acción debe consolidarse con la acción 6 que versa sobre riesgos en acuicultura.
- No está claro como la identificación de 3A va a permitir su adaptación. Actualmente, hay en cursos proyectos piloto con distintos recursos, pero no se tiene certeza de si ese recurso tiene o tendrá mercado. Por fisiología, algunos recursos pueden crecer adecuadamente, pero sus atributos para el mercado no son aptos. Si se va a detallar la cartografía de estas áreas, idealmente se podría conocer su capacidad de carga como elemento primordial en cualquier desarrollo de la actividad y, en segundo lugar, aumentar la certeza en cuanto a la viabilidad de la acuicultura. La calidad de agua es inherente a esto, y si en la costa no es posible, la acuicultura en tierra debiera ser una alternativa, para lo cual se requiere que la normativa también se "adapte".
- Desarrollar una imagen territorial de la productividad e investigar el manejo social nómade.
- No se debieran determinar más áreas, sino que restaurar las utilizadas y depredadas. Se deben mejorar las prácticas acuícolas y especies cultivadas.
- Dado que las AAA se asocian principalmente a la primera milla, es necesario considerar modificaciones para una acuicultura de alta mar.

Acción 11: Análisis de variables ambientales y oceanográficas que afectan la producción de semillas de mitílidos.

- Estas áreas son sensibles, debería haber áreas de desove de peces y semilleras protegidas. Al igual que otras áreas de alta biodiversidad.
- Incluir prácticas acuícolas que pueden afectar la producción de semillas.
- Determinar áreas de la mitilicultura que sean refugios a estresores climáticos (*e.g.*, acidificación).

- Desarrollar programas de investigación para establecer estrategias de adaptación que incluya la restauración activa de los bancos naturales, estimando el presupuesto de carbonato y las formas de estimular su reciclaje (aporte en alcalinidad) para fortalecer la resiliencia de estos ecosistemas y dar sostenibilidad de largo plazo a la industria acuícola.

Acción 12: Impacto del cambio climático en la distribución de mamíferos marinos, pingüinos y tortugas marinas.

- Relevante para la biodiversidad, no existe relación de este compromiso con el objetivo.
- Debe haber un manejo público controlado para los circuitos biológicos.

Acción 13: Estudios sobre el impacto del cambio climático sobre recursos marinos en la Antártica Chilena.

- Medidas 13 y 14 deberían tratarse en conjunto, como una sola medida.

Acción 14: Estudio de vulnerabilidad al cambio climático para recursos hidrobiológicos importantes para pesca y acuicultura.

- Realizar estudios de riesgo y vulnerabilidad con las mismas metodologías y realizar un estudio por macrozonas y locales.
- Definir las variables, índices y el modelo a desarrollar para hacer estudios de vulnerabilidad que sean comparables.
- Identificar la institución responsable y los instrumentos adecuados para los seguimientos, alertas y otros manejos de riesgos.
- Los datos, la información y la capacidad están, no obstante, para este compromiso falta la institución responsable y los instrumentos adecuados.
- Falta definir las variables, índices y el modelo a desarrollar para hacer estudios de vulnerabilidad que sean comparables.

Acción 15: Sistema de predicción de condiciones climáticas para la Pesquería Artesanal y la Acuicultura.

- Agregar la interacción con nodos regionales y globales de transferencia de datos e información, para validar mutuamente.

Acción 16: Evaluación de especies de interés para la acuicultura bajo diferentes escenarios climáticos.

- Se deben implementar variables de desarrollo.

Acción 17: Estudio del cambio en la distribución geográfica de *Alexandrium catenella* en los fiordos y canales del sur de Chile.

- Seleccionar un número de amenazas específicas generales e incluirlas como *multidrivers* que se presentan como eventos extremos tanto para la pesca como para la acuicultura tales como: (a) FAN, (b) Marejadas, (c) hipoxias.
- Realizar un análisis especial de acciones ante tales amenazas en relación con protocolos de actuación, monitoreos, coordinación, decisión, etc.
- Actualmente, hay herramientas satelitales que permiten estimar la biomasa y distribución del fitoplancton, las cuales, no obstante, no resuelven bien cerca de la costa. Lograr una mayor exactitud de estas estimaciones mediante validaciones-sitio-específicas, sería un importante aporte para conocer y documentar la variabilidad de este componente trófico marino. Sin embargo, dentro de estos grupos hay FAN, cuya fenología es sensible al cambio climático. Un monitoreo continuo, acompañado de estudios de toxicidad frente a distintos estresores podría mejorar la resiliencia del sector.
- Incluir al análisis de distribución del fitoplancton variables oceanográficas esenciales que intervienen con la salud de los ecosistemas, y afectan la actividad productiva.
- Se debe ampliar FAN a más especies, y agregar más variables.
- Sistema de alerta.

Acción 18: Efectos del cambio climático en las actividades de acuicultura desarrollada en espacios fluviales y lacustres.

- (Sin observaciones)

Objetivo 3: Difundir e informar sobre los impactos del cambio climático con el propósito de educar y capacitar en estas materias a usuarios y actores relevantes del sector pesca y acuicultura.

Acción 19: Capacitación local a través de proyectos piloto.

- Las buenas prácticas o prácticas sustentables debieran ser requisito para desarrollar estas actividades. Por lo tanto, la educación, capacitación o transferencia de capacidades en materias de cambio climático, debiera ser un requisito tal como es un curso de buceo, patrón de embarcación menor, mayor, etc. Simultáneamente, la autoridad técnica o administrativa. También debe capacitarse en estas materias, pero también adquirir competencias comunicacionales acordes, de manera tal de hacer más eficiente la transferencia de competencias transversales. Hasta ahora, la falta de conocimiento en ambos, la autoridad y los usuarios, limita los programas de adaptación de estos sectores.
- Contar con una evaluación de las especies sujetas a pesquería y acuicultura y sus respuestas a variables ambientales y cambio climático. Este documento redactado de diversas maneras puede ser usado para tomadores de decisiones, educación, público general, pescadores.
- Las buenas prácticas o prácticas sustentables debieran ser requisito para desarrollar estas actividades. Por lo tanto, la educación, capacitación o transferencia de capacidades en materias de cambio climático, debiera ser un requisito.
- Uno de los problemas es que se sigue con una lógica muy vertical, en donde se difunde e informa lo que la academia establece. Este modo de trabajar genera distancias con los actores del territorio (en este caso pescadores que son a quienes estamos invitando a adaptarse) y, por ende, genera mayor aversión a la adaptación. Es necesario pensar, por ejemplo, en Escuelas de adaptación al cambio climático, instancias moderadas por el sector público, en donde en terreno investigadores / académicos y pescadores, puedan mostrar sus experiencias. Desde ahí se pueden construir acciones colectivas validadas desde su creación y con mayor nivel de certeza de ser replicadas en el tiempo.

Acción 20: Información sobre cambio climático en pesca y acuicultura.

- El cambio climático debe ser parte de las mallas curriculares de todas las carreras técnicas y profesionales. Las agencias estatales, los privados y sociedad civil, todos debieran saber y comprender el cambio climático.
- Contar con una evaluación de las especies sujetas a pesquería y acuicultura y sus respuestas a variables ambientales y cambio climático. Este documento redactado de diversas maneras puede ser usado para tomadores de decisiones, educación, público general, pescadores.
- Definir audiencia, plataforma y lenguaje. Generar una plataforma tipo CR2 de análisis y procesamiento de información.
- Identificar posibles usuarios (para presentar la información con diferentes lenguajes). Generar/ recopilar diferentes tipos de formatos (ejemplo: *Summary for policymakers* del IPCC, libros para niños, etc.).
- El estado actual de las pesquerías no es debido al cambio climático, la erosión de dunas y humedales en las playas por proyectos habitacionales, vertimiento de residuos, mal uso del agua, etc., es resultado de actividades que muchas veces cumplen con la normativa, pero impactan el medio ambiente y a las comunidades aledañas.
- Favorecer proyectos que desarrollen modelos regionales para las pesquerías de interés.

Acción 21: Sistema pronóstico de futuros desembarques bajo diferentes escenarios climáticos.

- La toma de decisiones en actividades socioeconómicas en el medio ambiente debiera basarse en argumentos científicos y no en el cumplimiento de una normativa importada, rígida que no recoge la heterogeneidad espacial del territorio, ni tampoco en conveniencias económicas o políticas. El estado actual de las pesquerías no es debido al cambio climático, la erosión de dunas y humedales en las playas por proyectos habitacionales, vertimiento de residuos, mal uso del agua, etc., es resultado de actividades que muchas veces cumplen con la normativa, pero impactan a una mayoría.
- Favorecer proyectos que desarrollen modelos regionales para las pesquerías de interés.

Objetivo 4: Mejorar el marco normativo, político y administrativo para abordar eficaz y eficientemente los desafíos y oportunidades del cambio climático.

Acción 22: Inclusión de áreas acuáticas al Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado.

- Con la aprobación del Servicio Nacional de Biodiversidad y áreas protegidas, se deberá evaluar cuáles de las áreas marinas que se encuentran actualmente en diferentes categorías de protección deberían ser administradas por este nuevo Servicio.

Acción 23: Adaptación normativa para respuestas inmediatas ante variabilidad climática y eventos extremos.

- Complementado con un buen sistema de alerta temprana (para esto hay que invertir en tecnología o en el desarrollo de estas.
- El ente normativo deberá ser adecuadamente asesorado y contar con la información oportunamente para adaptar la normativa a los diferentes escenarios, de forma de dar respuestas oportunas para una eficiente administración de los recursos.

Acción 24: Grupo Técnico Asesor de Cambio Climático (GTA CC) para la SUBPESCA.

- (Sin observaciones)

Objetivo 5: Desarrollar medidas de adaptación directas tendientes a reducir la vulnerabilidad y el impacto del cambio climático en las actividades de pesca y acuicultura.

Acción 25: Adaptación de la infraestructura portuaria de la pesca artesanal a los posibles impactos del cambio climático.

- Ampliar la medida para que no quede sesgada solamente a infraestructura portuaria, sino que a más general como "infraestructura de la zona costera".
- Incorporar medidas de mitigación para reducir los daños en la infraestructura.
- Incorporar adaptación para infraestructura de otras actividades diversificadas como gastronomía, turismo.
- Rediseñar con espacios específicos (explanada) para instalar infraestructura de cultivos acuícolas.
- Incorporar mecanismos para registrar de manera formal la participación de la mujer en el sector de pesca y acuicultura (visibilizar al personal de tierra, directo o indirecto que esté ligado en la pesca extractiva). De esta manera, se podrá establecer indicadores de impacto e iniciativas para beneficiar al género.

Acción 26: Sistema de seguros para acuicultores de pequeña escala y pescadores artesanales ante eventos climáticos extremos.

- Muchas veces estos problemas no son solo debido a eventos extremos sino a la variabilidad en la competencia de los mercados. Quizás estos créditos deberían estar también en estas ocasiones con el fin de favorecer la diversificación de especies.
- Incorporar "floración de algas nociva" y "varazón de macroalgas" al sistema de seguros.

Acción 27: Implementación de técnicas de recirculación de agua en acuicultura dulceacuícola.

- Evaluar tecnologías amigables con el medio ambiente para minimizar impactos por el Bloom de algas en el sector acuícola, manejo de riles, uso eficiente del agua.
- En el caso de anchoveta y sardina, evaluar el éxito del establecimiento de una cuota para consumo humano.

Acción 29: Promover el consumo y valor agregado en los recursos de la pesca artesanal.

- Ampliar el fomento del consumo humano directo para diferentes recursos. Generar programas de mejoramiento de la comercialización de productos en ferias libres y en el traslado de la pesca. Incentivar proyectos de innovación para el consumo o procesamiento de los recursos provenientes de la pesca artesanal.

7. Brechas para una mejora en el plan de adaptación

7.1 BRECHAS EN EL PLAN ANTERIOR

De los antecedentes expuestos tanto de orden político, jurídico, socioeconómico y del análisis de los objetivos y acciones delineadas en el primer Plan de Adaptación en Pesca y Acuicultura se levantan las siguientes brechas:

7.1.1 Brechas de gobernanza

Dada la complejidad de la zona costera y sus múltiples servicios y actores, se propone analizar el mejor modo de gobernanza que permita una mayor adaptación del sector y la reducción de conflictos sociales y ambientales. La gobernanza del cambio climático, policéntrica o multinivel, desde lo local (CORECC), lo regional hasta lo nacional, debe ser analizada para generar mayor capacidad adaptativa y un mejoramiento sustantivo de las comunidades en su condición socioeconómica. Para lo anterior se requiere:

Impulsar una participación activa de los gobiernos locales (municipios), como entidades coordinadoras entre las instituciones nacionales, regionales y el sector pesquero artesanal, creando los canales de financiamiento correspondiente, y considerando que, de un universo de 345 comunas, 102 poseen acceso directo al mar, por ende, son organismos con presencia territorial permanente.

Aumentar la coordinación y la articulación del Plan con respecto a otros planes de adaptación, analizando transversalmente los impactos que afectan a los distintos planes sectoriales. Por ejemplo, en relación con el riesgo de impacto de marejadas y nivel de mar, el Plan de adaptación y mitigación de los servicios de infraestructura al cambio climático, puesto en marcha el año 2017, incorpora medidas de adaptación orientadas a disminuir los riesgos del aumento del nivel del mar y eventos extremos (marejadas, oleaje); pero, por ejemplo, no identifica mayores relaciones y/o avances en el Plan de adaptación de ciudades.

Incentivar efectivamente la incorporación del Cambio climático en las agendas de los Gobiernos regionales (CORECC), estableciendo planes y programas con financiamiento, que permitan abordar acciones tendientes a la mejora de la infraestructura costera, monitoreos de indicadores, investigación, fomento productivo con énfasis en innovación para la adaptación a CC, entre otros.

Estudiar un modelo de zonificación y administración de la zona costera, que reúna todos los servicios ecosistémicos y otros de esta zona; la cual se encuentra en una brecha administrativa y política que no permite avanzar adecuadamente en los planes de adaptación.

En participación ciudadana, atender al conocimiento local (experiencias) resulta fundamental para orientar las iniciativas de adaptación. En este tenor, se deben crear instancias permanentes de trabajo o diálogo (investigación participativa, por ejemplo), en donde los distintos sectores se vean representados. Esto generará que quienes se deban adaptar, es decir, los pescadores/acuicultores, se sientan escuchados; entiendan las propuestas académicas, estatales u otros y, por ende, las adopten de mejor manera.

Coordinar la institucionalidad existente (que se critica de fragmentada y descoordinada) con la nueva institucionalidad del cambio climático. Esta brecha de coordinación institucional implica que las diferentes entidades públicas, que se relacionan con el océano y la zona costera, requieren de una coordinación para

enfrentar los cambios a que se expondrán los territorios. Por ejemplo, en agua (dulce), el Gobierno pidió una asesoría al Banco Mundial, el que en su informe 2013 concluyó que había 42 instituciones competentes en alguna de las 102 funciones asociadas a la gestión del agua en Chile; que existía duplicidad de funciones; descoordinación y vacíos institucionales. Recomendó la organización de estas funciones, lo cual implica reformas legales y/o de gestión, creación de una Subsecretaría, una Agencia o un Ministerio. En este contexto, se sugiere pedir una asesoría similar. De hecho, desde hace años se ha solicitado la creación de un Ministerio del Mar.

7.1.2 Brechas socioeconómicas

Diseñar e implementar un sistema de información socioeconómica de todas las comunidades costeras de vocación pesquero-artesanal. Este instrumento debe ser dinámico (actualizable), pues la única forma de orientar los programas de capacitación, financiamiento de infraestructura y transferencia para la adaptación, es comprendiendo quiénes son los habitantes de cada una de las caletas.

Poner en perspectiva la realidad y conflictos de la pesca artesanal vs. la industrial y la ilegal no documentada, esta última que no es reportada como un elemento importante en los modelos socioeconómicos.

Brechas de género respecto a planes de adaptación y vulnerabilidades. Es necesario fortalecer las capacidades de funcionarias/os públicos para incorporar el enfoque de género en las políticas e instrumentos de gestión. Promover la igualdad en el acceso a la información y a los espacios de diálogo, capacitaciones y en la toma de decisiones. Establecer un plan de CC y género, ya que existe un reconocimiento internacional de que el CC tiene impacto diferenciado entre hombres y mujeres, y que sus efectos tienden a acentuar la desigualdad social. En el ámbito pesquero, son mayoritariamente mujeres quienes desarrollan la recolección de orilla, una actividad en la cual involucran a la familia (niños y adultos mayores).

Brechas respecto a estudios de conflictividad ambiental ante eventos sociales y ambientales; tales como el aumento de frecuencia de FAN, expansión de la acuicultura hacia el sur, confrontación con intereses de diferentes grupos sociales y comunidades indígenas, entre otros.

La acuicultura depende extensivamente de la provisión adecuada de servicios ecosistémicos, se debe avanzar en el establecimiento de laboratorios costeros (*hatcheries*) que puedan apoyar la producción de semillas ante años en que la provisión no sea adecuada. Esto es relevante tanto para dar sostenibilidad a la industria como para fortalecer la resiliencia de los ecosistemas, que soportan los bancos naturales de semillas, por ejemplo, ostiones, choritos y otros.

7.1.3 Brechas de conocimiento

La gobernanza y capacidad de adaptación del sector pesquero también está limitada por la escasa disponibilidad de datos e información para la gestión y el desarrollo de la pesca de artesanal y extractiva.

Brechas relacionadas con el conocimiento tradicional en el manejo y conservación de recursos marino-pesqueros.

Brechas relativas a modelos oceanográficos y biogeoquímicos regionales, donde se necesita conformar grupos que realicen proyecciones regionales (Pacífico suroriental) y que generen, a partir de un programa del Estado, nuevas contrataciones de modeladores que hagan un acercamiento de modelos globales hacia la región del Pacífico suroriental.

Brechas relativas a la información proveniente de monitoreos *in situ*; en el caso del oxígeno y la acidificación, que son dos importantes variables que afectan los recursos biológicos, se necesitan mediciones con sensores o métodos analíticos, de los cuales existen muy pocas en series de tipo de alta frecuencia.

Recopilar información y reconstruir líneas base de variables biológicas y físicas, que den cuenta de la variabilidad natural, tasas de cambio y proyecciones. Estas brechas han sido declaradas en el informe SIOOC de la Mesa Océanos del Comité Científico COP25. Asimismo, tener sistemas de observación integrados y darle la valoración ponderada en políticas públicas.

7.1.4 Brechas ambientales y cambio climático

Brechas de métricas e índices, el primer plan no tiene métricas asociada a metas, y como se menciona no existe suficiente recopilación de estudios para reconstruir unas líneas base. El proyecto GEF FAO parece un buen progreso en la materia.

Analizar amenazas y riegos ambientales desde el concepto de la multi-amenaza o múltiples variables, ya que la inclusión de variables individuales no evalúa la real magnitud del impacto; por ejemplo, en los casos del oxígeno, la acidificación, los vientos.

Necesidad de contar con normativas que se adapten a las condiciones y respondan oportunamente a los cambios que se requerirán para la administración y el manejo de las pesquerías y la acuicultura en los diferentes escenarios que genere el CC.

Necesidad de mejorar las normas que actualmente regulan el enfoque ecosistémico (para aplicarlo a la acuicultura y para incorporar variables socioambientales) y el principio precautorio (especialmente la participación del estamento científico y la generación de información de calidad).

Mejorar las condiciones ambientales de centros de cultivo y otros, y con ello solicitar las certificaciones y sellos verdes que confieren ventajas competitivas ante los mercados, dan mayor grado de aceptabilidad y una imagen positiva.

Avanzar en aspectos sanitarios aplicando mayores restricciones, lo que otorga ventajas competitivas ante mercados internacionales, a la vez que refuerza la industria y le da mayor visibilidad.

Promover la económica circular en pos de mejorar situaciones ambientales y sociales. Llevar a cabo estudios de transferencias tecnológicas efectivas en reducción de residuos, nuevos artes de pesca, generación de orgánicos y plásticos.

7.2 NUEVAS ACCIONES PARA EL PACCPA 2020-2025

Acción 30: Fomentar y fortalecer aquellas pesquerías e industrias acuicultoras más sustentables y con menor huella de carbono (*i.e.,* menos emisiones, menos contaminación, técnicas y artes de pesca menos dañinas).

- Objetivo 1
- Descripción: Fomentar y fortalecer aquellas pesquerías e industrias acuicultoras más sustentables (*i.e.,* menos emisiones, menos contaminación, técnicas menos dañinas). Estas podrían ser favorecidas por fondos para cambios en sus actividades, lo cual reduce los impactos de la pesca y acuicultura sobre sistemas marinos y ayuda a concienciar a la comunidad hacia prácticas más sustentables. En definitiva, significa incorporar la mitigación como una medida más en la adaptación.
- Meta: Generar un catastro de emisiones de la industria y un compromiso para reducirlas.
- Plazo: 2020 en adelante.
- Instituciones responsables
- Autor: laura.ramajo@ceaza.cl
- Acción 31: Realizar transferencia tecnológica a los cultivos acuícolas de especies disponibles.
- Objetivo 1
- Descripción de la acción: Transferir tecnologías a cultivos acuícolas de especies disponibles. Según la disponibilidad de paquetes tecnológicos de cultivos acuícolas/portafolio de especies.
- Meta cuantificable: Instalación de centros de cultivo acuícola en caletas
- Plazo de ejecución: 2019 en adelante.
- Instituciones responsables
- Análisis económico costo beneficio (opcional)
- Financiamiento (opcional).
- Necesidades específicas de transferencia tecnológica (opcional)
- Autor (*email*)

Acción 32: Fomentar y fortalecer la fiscalización y certificación de pesquerías.

- Objetivo 1
- Descripción: Fomentar y fortalecer la fiscalización y la certificación de pesquerías, mediante estrategias de control con escenarios de cambio climático, con la finalidad de contribuir a la sustentabilidad y protección de los recursos hidrobiológicos. Al fomentar los controles de fiscalización permite disminuir la vulneración del sistema biológico, social y económico de las pesquerías.
- Meta: Generación de estrategias de fiscalización incorporando escenarios de cambio climático
- Plazo: 2020 en adelante.
- Instituciones responsables
- Autor: calarconm@gmail.com

- Acción 33: Identificación, caracterización y cuantificación de bancos naturales de moluscos bivalvos a nivel nacional.
- Objetivo 2.
- Descripción: Identificación, caracterización y cuantificación de bancos naturales de moluscos bivalvos a nivel nacional, con la finalidad de establecer la protección de áreas y un monitoreo constante de las variables bio-oceanográficas y sanitarias.
- Meta: Generar protección y estándares sanitarios en áreas de bancos naturales para el mercado nacional e internacional, como las áreas de PSMB (Programa sanitario de moluscos bivalvos) de SERNAPESCA para la exportación al mercado europeo.
- Plazo: 2025.
- Instituciones responsables: IFOP
- Autor: calarconm@gmail.com

Acción 34: Generación de un observatorio nacional de datos de pesca.

- Objetivo 2
- Descripción: Generación de un catálogo nacional de datos de pesca, pesquerías, clima y oceanográficos, que considere aspectos sociales, económicos y escenarios de cambio climático provenientes de proyectos generados en MMA, FIPA, SUBPESCA, IFOP, universidades, etc.
- Meta: Plataforma interactiva, georreferenciada y de acceso libre.
- Fecha: 2020 en adelante.
- Instituciones responsables
- Autor: calarconm@gmail.com
- Acción 35: Abordar las causas subyacentes de la pérdida de recursos biológicos.
- Objetivo 2
- Descripción de la acción: Abordar las causas subyacentes de la pérdida de recursos biológicos mediante la incorporación de la diversidad biológica en todo el gobierno y la sociedad.
- Meta cuantificable: Para 2025, a más tardar, los valores de la diversidad biológica habrán sido integrados en las estrategias y procesos de planificación de desarrollo y serán cuantificados.
- Plazo de ejecución: 2025
- Instituciones responsables
- Análisis económico costo beneficio (opcional).
- Financiamiento (opcional)
- Necesidades específicas de transferencia tecnológica (opcional)
- Autor (*email*)

Acción 36: Aplicar el manejo con enfoque ecosistémico en pesquerías y acuicultura en el sector costero y oceánico.

- Objetivo 2
- Descripción de la acción: Aplicar el manejo con enfoque ecosistémico en el sector costero y oceánico. Lo anterior, implica pasar de un manejo mono-específico a uno multi-especie.
- Meta cuantificable: Manejar los recursos hidrobiológicos, promoviendo la sostenibilidad de la producción pesquera y de la acuicultura, la seguridad alimentaria y reduciendo las presiones sobre la biodiversidad.
- Plazo de ejecución: 30 % al 2025 y 90 % al 2030.
- Instituciones responsables.
- Análisis económico costo beneficio (opcional)
- Financiamiento (opcional)
- Necesidades específicas de transferencia tecnológica (opcional)
- Autor (No se indica)

Acción 37: Implementación de modelos biológicos acoplados a modelos oceanográficos y ecosistémicos retrospectivos y prospectivos

- Objetivo 2
- Descripción de la acción: Establecer modelos biológicos acoplados a modelos oceanográficos, e implementar modelos ecosistémicos retrospectivos y prospectivos. Integrar flujos de caudales de ríos con procesos ecosistémicos costeros.

- Meta cuantificable: Generar el programa del sistema de diagnóstico de modelos biológicos.
- Plazo de ejecución: 2025.
- Instituciones responsables
- Análisis económico costo beneficio (opcional)
- Financiamiento (opcional)
- Necesidades específicas de transferencia tecnológica (opcional)
- Autor (*email*)

Acción 38: Contar con un sistema integrado de observación del océano y sus recursos. Recopilar, revisar y sistematizar la información existente proveniente del ámbito estatal, académico y privado.

- Objetivo 2
- Descripción de la acción: Recopilar, revisar y sistematizar la información existente proveniente del ámbito estatal, académico y privado.
- Meta cuantificable: Generar un catastro nacional y priorizar áreas de levantamiento de información.
- Plazo de ejecución: 2020 en adelante.
- Instituciones responsables
- Análisis económico costo beneficio (opcional)
- Financiamiento (opcional)
- Necesidades específicas de transferencia tecnológica (opcional)
- Autor (*email*)

Acción 39: Elaboración de un catastro de enfermedades y/o parásitos.

- Objetivo 2
- Descripción: Elaboración de un catastro de enfermedades y/o parásitos al interior de la evaluación de la biodiversidad (Medida 6, objetivo específico 2). La idea es que la evaluación de parásitos y/o enfermedades sea explícita.
- Meta: Catastro de parásitos y/o enfermedades de peces, algas y moluscos marinos y lacustres.
- Plazo: 2023.
- Instituciones responsables
- Autor: No se indica.

Acción 40: Restauración ecológica y resiliencia de ecosistemas bentónicos que sustentan la pesquería artesanal y las actividades acuícolas de Chile.

- Descripción de la acción: Determinar las escalas de restauración ecológica y de resiliencia de ecosistemas bentónicos que sustentan la pesquería artesanal (por ej., bosques de macroalgas bentónicas) y actividades acuícolas (bancos de mitílidos, ostras y ostiones) bajo estrategias de restauración activa y pasiva (repoblamiento, reciclaje).
- Meta cuantificable: Definir un plan nacional de restauración ecológica que incluya elaboración y estrategia de transferir prácticas/protocolos de restauración para zonas impactadas por acuicultura, bosques de macroalgas, bancos naturales de moluscos y borde urbano-costero.
- Plazo de ejecución: 2022-2027
- Instituciones responsables: Academia, público, privados.
- Análisis económico costo beneficio (opcional)
- Financiamiento (opcional)
- Necesidades específicas de transferencia tecnológica (opcional)
- Autor (*email*): nlagoss@santotomas.cl

Acción 41: Identificar áreas "refugio" para recursos.

- Objetivo 2
- Descripción de la acción: Identificar áreas "refugio" para recursos frente a la acidificación del océano y otros estresores climáticos.
- Meta cuantificable: Tener un mapa de refugios ecosistémicos, tales como zonas de alta capacidad búfer a la acidificación, bosques de macroalgas o zonas con alta variabilidad ambiental en estresores climáticos.
- Plazo de ejecución: 2022-2025-2027.

- Instituciones responsables
- Análisis económico costo beneficio (opcional)
- Financiamiento (opcional)
- Necesidades específicas de transferencia tecnológica (opcional)
- Autor (*email*): nlagoss@santotomas.cl
- Acción 42: Monitoreos y planes de manejo de largo plazo en Áreas Marinas Protegidas.
- Objetivo 4
- Descripción de la acción: Monitoreos de largo plazo en Áreas Marinas Protegidas.
- Meta cuantificable: Desarrollar e implementar monitoreos en todas las Áreas Marinas Protegidas, incluyendo aspectos oceanográficos.
- Plazo de ejecución: 2022
- Instituciones responsables

Acción 43: Financiamiento incremental y permanente para el sistema de monitoreo de biodiversidad, ambiental y social.

- Objetivo 4.
- Descripción de la acción: Financiamiento incremental y permanente para el sistema de monitoreo de biodiversidad (mamíferos, aves y tortugas), monitoreo ambiental y monitoreo social. Considerar variables medidas remotamente y localmente (mediante sistemas de boyas), considerar estudios científicos integrados.
- Meta cuantificable: Crear sistemas de monitoreo ambiental y de biodiversidad.
- Plazo de ejecución: 2023 – 2029
- Instituciones responsables

Acción 44: Actualizar el "Plan de acción nacional para prevenir, desalentar y eliminar la pesca ilegal no declarada y no reglamentada (PAN-INDNR), año 2004", y considerar el cambio climático.

- Objetivo 4
- Descripción: Se deben vincular todos los planes para lograr la sustentabilidad de los recursos hidrobiológicos. Además, es importante analizar los aspectos sociales y económicos que causan la pesca ilegal y cómo afectará el cambio climático.
- Meta: Generar PAN-INDR.
- Plazo: 2020 en adelante
- Instituciones responsables: SUBPESCA y SERNAPESCA.
- Autor (*email*): calarconm@gmail.com

Acción 45: Mejorar la resiliencia del sector pesquero artesanal y acuícola de pequeña escala.

- Objetivo 5
- Descripción de la acción: Mejorar la resiliencia del sector pesquero artesanal y acuícola de pequeña escala.
- Meta cuantificable: Incrementar anualmente el porcentaje de caletas capacitadas en medidas de adaptación, considerando aquellas más vulnerables (meta 50 %)
- Plazo de ejecución: 2030
- Instituciones responsables

7.3 NUEVOS OBJETIVOS PARA EL PACCPA 2020-2025

Objetivo 6: Fomentar e incentivar la economía circular como estrategia que reduce tanto la entrada de los materiales (artes de pescas) como la producción de desechos vírgenes.

Acción 47: Transformación de la industria hacia procesos que involucren economía circular, disminuyendo al máximo los residuos generados y maximizando el uso de recursos.

- Descripción de la acción: Transformación de la industria hacia procesos que involucren economía circular, disminuyendo al máximo los residuos generados (como redes y plásticos) y maximizando el uso de recursos.

- Meta cuantificable: Transformación de un 50 % de la industria al año 2025, y 100 % al año 2030.
- Plazo de ejecución: 2030
- Instituciones responsables

Acción 48: Minimizar los desechos orgánicos mediante su utilización como subproductos.

- Descripción de la acción: Minimizar los desechos orgánicos mediante su utilización como subproductos.
- Meta cuantificable: Disminución de desechos en vertedero en un 20 %.
- Plazo de ejecución: año 2022
- Instituciones responsables

Acción 49: Reutilización de redes y plásticos en la industria pesquera.

Objetivo 7: Fortalecer el rol de la mujer en el quehacer asociado a pesca y acuicultura.

Acción 50: Promover la participación de mujeres en instancias informativas y de toma de decisiones.

- Descripción de la acción: Establecer instancias de comunicación sobre CC en que sean invitadas mujeres que trabajan en el sector pesca y acuícola.
- Meta cuantificable: Participación de un 60 % de mujeres del sector en las instancias que sean invitadas.
- Plazo de ejecución 2025

Acción 51: Incorporar mecanismos para registrar de manera formal la participación de la mujer en el sector de pesca y de acuicultura (visibilizar al personal de tierra, directo o indirecto que esté ligado en la pesca extractiva). De esta manera, se podrá establecer indicadores de impacto e iniciativas para beneficiar al género.

8. Recomendaciones, oportunidades y conclusiones

Internacionalmente, las NU han proclamado el período 2021-2030 como la Década de las Ciencias Oceánicas para el Desarrollo Sostenible. El objetivo es movilizar a la comunidad científica, pero también a los políticos, a las empresas y a la sociedad civil en torno a un programa común de investigación y de innovación tecnológica. Una de las prioridades durante esos diez años será reforzar y diversificar las fuentes de financiación. En la actualidad, los países dedican a las ciencias oceánicas entre el 0.04 % y el 4 % del dinero invertido en investigación y desarrollo (I+D).

El futuro de la pesca subyace en administrar las pesquerías y la acuicultura bajo un modelo sustentable y con baja huella de carbono, donde se ponga mayor ponderación a productos marinos con economía circular y se evite los aumentos de volúmenes de pesca. De este modo, propender a la protección de los recursos, aumentando la capacidad adaptativa y el bienestar de las comunidades asociadas al mar.

Considerando la entrada en vigencia de la nueva Ley de Caletas, donde las comunidades costeras deben establecer planes de administración y eventuales planes estratégicos de desarrollo, surge como una oportunidad la construcción de proyectos pesqueros artesanales integrales, adaptados al cambio climático, desde la perspectiva de la infraestructura portuaria, la capacitación, las actividades de diversificación y la comprensión del riesgo.

Una oportunidad importante es la obtención de sello de caletas sustentables, donde los destinos ecoturísticos son los de mayor potencial en Chile, con estrategias innovadoras a partir de la dimensión local y de la autogestión, y con la diversificación de roles en las comunidades de pescadores y el fomento del turismo en caletas emblemáticas (turismo de lanchas, ofertas gastronómicas, fiestas comunitarias o patronales). Para ellos hay que analizar participativamente las formas de intervenir los territorios, mediante planes, programas y proyectos que sean coherentes con las realidades locales. Es decir, alineadas con las posibilidades que ofrecen los territorios en términos físicos y respetando las características culturales de las comunidades (en este caso, el turismo no siempre es la alternativa).

Chile necesita expandir su oferta exportadora apostando a la diversificación de productos y mayor valor agregado (nuevas áreas de pesca de recursos actuales, búsqueda de nuevos recursos no explotados, incorporación de nuevos artes de pesca, etc.); certificar las pesquerías sustentables y con mejoras sanitarias para disminuir costos y aumentar el nivel de aceptación en los mercados nacionales e internacionales (disminución de pesticidas y antibióticos).

Los procesos de innovación para desarrollar industrias asociadas a productos naturales, así como la producción de bienes de "nicho", tomará algún tiempo. Esta resistencia viene dada por los grandes desafíos de la industria en materia sanitaria y medioambiental. En este marco, los segmentos de producción más diversificados y diferenciados se encuentran en mejores condiciones de adaptarse, máxime si la producción se desarrolla de manera diferenciada con destino a mercados de consumo humano, toda vez que los tamaños de escala requeridos para su elaboración son menores y la tendencia mundial de la industria más dinámica es desviarse hacia este tipo de productos con mayor valor agregado y, en consecuencia, mejores resultados económicos.

A la luz de los nuevos conocimientos, se sugiere abordar el plan de adaptación en función de la exposición a amenazas, vulnerabilidades y explosión, que devienen del riesgo y los impactos, así como oportunidades. Respecto a cada riesgo, se deberían tomar acciones. Se sugiere trabajar con multi-amenazas; es decir,

aquellos procesos que co-ocurren simultáneamente o que tienen el mismo forzante (acidificación, desoxigenación). Existen muchos riesgos que atentan contra la estabilidad de la industria y las exportaciones; por ejemplo, la presencia de marea roja, la cual, al igual que el caso de mayo de 2016 en Chiloé, puede producir efectos devastadores sobre la industria. Para ello se necesitan sistemas de alertas tempranas y planes de contingencia internalizados en los productores y la sociedad. Será prioritario asumir el desafío de la planificación de la zona costera.

Es fundamental la implementación de modelos regionales oceanográficos y pesqueros que den cuenta de la variabilidad y respuesta antes riesgos e impactos observados y proyectados. Se requiere la creación de sistemas de alerta temprana y observaciones en terreno sobre estado ambiental. No existen modelos regionales de acidificación y desoxigenación para la zona costera frente a Chile y esto se acentúa por la escasez de series de tiempo donde se consideren variables de interés. Para estas variables es necesario tener mediciones *in situ* y no hay *proxis* o indicadores basados en datos satelitales u otros. Es por lo tanto fundamental establecer estaciones de monitoreos de datos y de plataformas que permitan su análisis y difusión, para una eficiente toma de decisiones.

Es preciso abordar el desarrollo tecnológico asumiendo que no todas las tecnologías son transables en el mercado actual y, por lo tanto, se requiere promover un proceso de aprendizaje que genere ambientes que fortalezcan la interlocución social entre actores públicos, privados y sociales, y permita un entorno institucional adecuado para su desarrollo. Por lo general, estos se desenvuelven mejor a escala local, lo que exige de mayores grados de descentralización y articulación social de los actores, según ámbitos y características territoriales, lo que supone desenvolver espacios de diálogo e interlocución al interior del sector. Esto último cruza transversalmente tanto las necesidades de regulación como los requerimientos de fomento; pues, se trata de construir consensos sociales para la elaboración de políticas mejor adaptadas a las particularidades sectoriales y territoriales. Ello en la economía chilena constituye un desafío singular, ya que se evidencia escaso diálogo social y la carencia generalizada de articulación socioproductiva. Muchas veces las relaciones sectoriales se dan en un ámbito de conflictividad y marcada desconfianza con conversaciones poco colaborativas, que se llevan a efecto de manera centralizada.

Es fundamental ordenar la industria con el fin de hacer sustentable la actividad y en este sentido, también resulta pertinente el valorizar consecuencialmente el uso del recurso marino, de manera tal que la sociedad se compense de los beneficios privados que resultan de la captura y del uso de un bien común, en un contexto de competitividad del sector pesquero. Ahora bien, la necesaria regulación de la explotación del recurso marino debe hacerse complementariamente al fomento del desarrollo competitivo de la industria, donde esencialmente se debe invertir en investigación y desarrollo, cobrando importancia el canalizar instrumentos públicos, para así incrementar la inversión en nuevas líneas productivas, conocer mejor el comportamiento biológico del recurso y mejorar los ámbitos del mercado.

Por último, del levantamiento de opiniones en la encuesta del MMA (2019) respecto a planes de adaptación y otros instrumentos, y en opiniones de académicos y de la sociedad civil, se hace necesario integrar este plan de adaptación a un PANCC u otro que analice transversalmente los distintos riesgos e impactos asociados al cambio climático para la toma de acciones multisectoriales.

REFERENCIAS

Aguirre, C., M. Rojas, R. Garreaud & D. Rahn (2019). Role of synoptic activity on projected changes in upwelling-favourable winds at the ocean's eastern boundaries. *Climate and Atmospheric Science* (accepted).

Aguirre, C., S. García-Loyola, G. Testa, D. Silva, & L. Farías (2018). Una mirada al forzamiento antropogénico de la surgencia costera en el centro sur de Chile. *Elementa, Science of the Anthropocene*, doi 10.1525/elementa.314.

Albrecht, F. & G. Shaffer (2016) Regional Sea-Level Change along the Chilean Coast in the 21st Century. *Journal of Coastal Research*: Volume 32, Issue 6: pp. 1322 – 1332.

Aldunce, P., R. Beilin, M. Howden, & J. Handmer (2014). Framing disaster resilience: The implications of the diverse conceptualisations of "bouncing back". *Disaster Prevention and Management,* 23(3), 252-270.

Altomonte H. y R. J. Sánchez (2016). *Hacia una nueva gobernanza de los recursos naturales en América Latina y el Caribe, Libros de la CEPAL*, N° 139 (LC/G.2679-P), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Anabalón, V., C. E. Morales, H.E. González, E. Menschel, W. Schneider, S. Hormazábal, L. Valencia, & R. Escribano (2016). Micro-phytoplankton community structure in the coastal upwelling zone off Concepción (central Chile): Annual and inter-annual fluctuations in a highly dynamic environment. *Prog. Oceanogr*. 149, 174–188.

Aravena, G, B. Broitman, & N. C. Stenseth (2014). Twelve years of change in coastal upwelling along the central-northern coast of Chile: Spatially heterogeneous responses to climatic variability. *PLoS ONE* 9(2): e90276, https://doi.org/10.1371/journal.pone.0090276.

Arriagada, R. A., P. Aldunce, G. Blanco, C. Ibarra, P. Moraga, L. Nahuelhual., ... & L. Gallardo (2018). Climate change governance in the Anthropocene: Emergence of Polycentrism in Chile. *Elem Sci Anth,* 6(1). https://doi.org/10.1525/elementa.329

Bakun, A. & S. J. Weeks (2008). The marine ecosystem off Peru: what are the secrets of its fishery productivity and what might its future hold? *Progress in Oceanography*, 79(2-4), 290-299.

Bakun, A. (1990). Global climate change and intensification of coastal ocean upwelling. *Science* 247: 198–201. doi: 10.1126/4939.198.

Barange, M., G. Merino, J. L. Blanchard, J. Scholtens, J. Harle, E. H. Allison..., & S. Jennings (2014). Impacts of climate change on marine ecosystem production in societies dependent on fisheries. *Nature Climate Change*, 4(3), 211-216, doi:10.1038/nclimate2119.

Barange, M., G. Merino, J. L. Blanchard, J. Scholtens, J. Harle, E. H. Allison..., & Jennings, S. (2014). Impacts of climate change on marine ecosystem production in societies dependent on fisheries. *Nature Climate Change*, 4(3), 211-216, doi: 10.1038/nclimate2119.

Barnett, J., S. Graham, C. Mortreux, R. Fincher, E. Waters, & A. Hurlimann (2014). A local coastal adaptation pathway. *Nature Climate Change*, 4(12), 1103-1108, doi:10.1038/nclimate2383.

Belmadani, A., V. Echevin, F. Codron, K. Takahashi, & C. Junquas (2014). What dynamics drive future wind scenarios for coastal upwelling off Peru and Chile? *Clim. Dyn*. https://doi.org/10.1007/s00382-013-2015-2.

Benítez, S., N. A. Lagos, S. Osores, T. Opitz, C. Duarte, J. M. Navarro, & M. A. Lardies (2018). High pCO2 levels affect metabolic rate, but not feeding behavior and fitness of farmed giant mussel Choromytilus chorus. *Aquaculture Environment Interactions*, 10, 267-278.

Bertrand et al. (2018). In book: Impacts of Climate Change on fisheries and aquaculture: Synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options. Chapter 15: Climate change impacts, vulnerabilities and adaptations: Southwest Atlantic and Southeast Pacific Marine Fisheries. *FAO Fisheries Technical Paper* 627 Publisher: FAO

Beyá **J., M.** Álvarez, A. Gallardo, H. Hidalgo, C. Aguirre, J. Valdivia, C. Parra, L. Méndez, F. Contreras, P. Winckler, M. Molina (2016). *Atlas de Oleaje de Chile*. Primera edición. Valparaíso, Chile, Escuela de Ingeniería Civil Oceánica - Universidad de Valparaíso.

Bozkurt, D., M. Rojas, J. P. Boisier, & J. Valdivieso (2018). Projected hydroclimate changes over Andean basins in central Chile from downscaled CMIP5 models under the low and high emission scenarios. *Climatic Change*, 150(3-4), 131-147.

Bravo, L., M. Ramos, O. Astudillo, B. Dewitte, & K. Goubanova (2016). Seasonal variability of the Ekman transport and pumping in the upwelling system off central-northern Chile (30 S) based on a high-resolution atmospheric regional model (WRF), *Ocean Science*, 12, 1049–1065, https://doi.org/10.5194/os-12-1049-2016, 2016.

Breitburg, D., L. A. Levin, A. Oschlies, M. Grégoire, F. P. Chávez, D. J. Conley..., & G. S. Jacinto (2018). Declining oxygen in the global ocean and coastal waters. Science, 359(6371), eaam7240, doi: 10.1126/*Science*. aam7240. Disponible en http://science.sciencemag.org/content/359/6371/eaam7240

Buschmann, A., L. Farías, F. Tapia, D. Varela y M. Vásquez (2016). *Informe Final. Comisión Marea Roja,* 66 pp. Disponible en https://www.economia.gob.cl/wp-content/uploads/2016/11/InfoFinal_Comision-MareaRoja_24Nov2016-1.compressed.pdf

Cabré, A., I. Marinov, R. Bernardello, & D. Bianchi (2015). Oxygen minimum zones in the tropical Pacific across 28 CMIP5 models: mean state differences and climate change trends. *Biogeosciences*, 12 (18), 5429-5454, 29, doi:10.5194/bg-12-5429-2015.

Cai, W., A. Santoso, G. Wang, S. W. Yeh, S.I. An, K.M. Cobb..., & M. Lengaigne (2016). ENSO and greenhouse warming. *Nature Climate Change*, 5(9), 849-859.

Cai, W., G. Wang, B. Dewitte, L. Wu, A. Santoso, K. Takahashi, Y. Yan, A. Carreric, & M. J. McPhaden (2018). Increased variability of Eastern Pacific El Niño under greenhouse warming. *Nature,* 564, pages 201–206, doi: 10.1038/s41586-018-0776-9.

REFERENCIAS

Capotondi, A., M. A. Alexander, N. A. Bond, E. N. Curchitser, & J. D. Scott (2012). Enhanced upper ocean stratification with climate change in the CMIP3 models. *Journal of Geophysical Research: Oceans,* 117(C4), https://doi.org/10.1029/2011JC007409

Cea, G., J. D. Gaitán-Espitia & L. Cárdenas (2014). Complete mitogenome of the edible sea urchin Loxechinus albus: genetic structure and comparative genomics within Echinozoa. *Molecular biology reports*, 42(6), 1081-1089.

Chang, E. K., Y. Guo, & X. Xia (2012). CMIP5 multimodel ensemble projection of storm track change under global warming. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 117(D23), doi:10.1029/2012jd018578.

Chávez, F.P. & M. Messié (2009). A comparison of eastern boundary upwelling ecosystems. *Progress in Oceanography*, 83(1-4), 80-96.

Chávez. F.P. & S. L. Smith (1995). Biological and chemical consequences of open ocean upwelling. In Summerhayes CP, Angel KC, Smith RL, Zeitzschel B, (eds.) *Upwelling in the Ocean: Modern Processes and Ancient Records*. New York USA: John Willey & Sons: 149–169.

Church, J. A., P. U. Clark, A. Cazenave, J. M. Gregory, S. Jevrejeva, A. Levermann, M. A. Merrifield, G. A. Milne, R. S. Nerem, P. D. Nunn, A. J. Payne, W. Pfeffer, D. Stammer, & A. S. Unnikrishnan (2013). Sea Level Change, in Climate Change 2013 - *The Physical Science Basis*, edited by T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, and P. M. Midgley, pp. 1137–1216, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Combes, V., S. Hormazabal, & E. Di Lorenzo (2015). Interannual variability of the subsurface eddy field in the Southeast Pacific. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 120(7), 4907-4924.

Contreras-López, M., R. Figueroa-Sterquel, J. Salcedo-Castro, H. Vergara-Cortés, C. Zuleta, V. Bravo, C. Piñones, y F. Cortés-Molina (2017). Vulnerabilidad de humedales y dunas litorales en Chile central. p. 227-246. En: Botello A.V., S. Villanueva, J. Gutiérrez y J.L. Rojas Galaviz (eds.). *Vulnerabilidad de las zonas costeras de Latinoamérica al cambio climático*. UJAT, UNAM, UAC, 476 p.

Cunsolo, A., & N. R. Ellis (2018). Ecological grief as a mental health response to climate change-related loss. *Nature Climate Change,* 8(4), 275-281, doi:10.1038/s41558-018-0092-2.

Defeo, O. (2015). *Enfoque ecosistémico pesquero: Conceptos fundamentales y su aplicación en pesquerías de pequeña escala de América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)* Documento Técnico de Pesca y Acuicultura No. 592. Roma, Italia. Disponible en http://www.fao.org/3/a-i4775s.pdf

Díaz P.A., G. Álvarez, D. Varela, I. Pérez-Santos, M. Díaz, C. Molinet, M. Seguel, A. Aguilera-Belmonte, L. Guzmán, E. Uribe, J. Rengel, C. Hernández, C. Segura, R. I. Figueroa (2019). Impacts of Harmful Algal Blooms on the aquaculture industry: Chile as a case study. *Perspective in Phycology*, doi: 10.1127/pip/2019/0081

DIRECON – PROCHILE (2018) Anuario de las Exportaciones Chilenas. Disponible en https://www.prochile.gob.cl/wp-content/uploads/2018/08/anuario_servicios_capitulo1_bienes_2018.pdf

Duarte C., D. Loncon, J.M. Navarro, P. Quijón, R. Torres, P.H. Manríquez, M. Lardies, C.A. Vargas, & N. A. Lagos (2018). The energetic physiology of juvenile mussels, Mytilus chilensis (Hupe): the prevalent role of salinity under current and predicted pCO2 scenarios. *Environmental Pollution* 242: 156 - 163

Duarte C., J. Navarro, K. Acuña, R. Torres, P. Manríquez, M.A. Lardies, C.A. Vargas, N. A. Lagos, & V. Aguilera (2014). Intraspecific Variability in the Response of the Edible Mussel Mytilus chilensis (Hupe) to Ocean Acidification. *Estuaries and Coasts*. 38:590–598

Echevin V., K. Goubanova, A. Belmadani, & B. Dewitte (2012). Sensitivity of the Humboldt current system to global warming: A downscaling experiment with the IPSL_CM4 model. *Clim. Dyn.*, doi:10.1007/s00382-011-1085-2.

England, M.H., S. McGregor, P. Spence, G. A. Meehl, A. Timmermann, W. Cai, A. S. Gupta, M.J. McPhaden, A. Purich, & A. Santoso (2014). Recent intensification of wind driven circulation in the Pacific and the ongoing warming hiatus. *Nat. Clim. Chang*. 4, 222–227.

Escribano, R., P. Hidalgo, M. Fuentes, & K. Donoso (2012). Zooplankton time series in the coastal zone off Chile: Variation in upwelling and responses of the copepod community. *Progr. Oceanogr.* 97, 174–186.

Espinoza, O., V. Besoaín y E. Pinilla (2017). *Modelación de la abundancia y distribución de Alexandrium catenella en fiordos y canales del sur de Chile*. XXXVII Congreso de Ciencias del Mar, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso–Chile, 23-26 de mayo de 2017.

Falvey, M. & R. D. Garreaud (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). *Journal of Geophysical Research.* 114 (1–16), D04102. https://doi.org/10. 1029/2008JD010519.

FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2016). Informe Final PROYECTO UTF/CHI/042/CHI "*Asistencia para la revisión de la Ley General de Pesca y Acuicultura, en el marco de los instrumentos, acuerdos y buenas prácticas internacionales para la sustentabilidad y buena gobernanza del sector pesquero*", disponible en: http://www.subpesca.cl/portal/616/articles-94917_informe_final.pdf

FAO (2018). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible.* Roma. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Disponible en http://www.fao.org/3/I9540ES/i9540es.pdf

Feely, R.A., R. Wanninkhof, T. Takahashi, & P. Tans (1999). Influence of El Niño on the equatorial Pacific contribution to atmospheric CO2 accumulation. *Nature* 398, 597–601.

REFERENCIAS

Fernández, M. (2009). *Institucionalidad Pública desconcentrada y gobernanza territorial en Chile: desafíos para un desarrollo territorial equitativo. Seminario Internacional Gobiernos Locales en el Cono Sur*, FLACSO, Uruguay, 15-16.

Fernández, C. & L. Farías (2012). Assimilation and regeneration of inorganic nitrogen in a coastal upwelling system: ammonium and nitrate utilization. *Marine Ecology Progress Series*. 451: 1-14, doi: 10.3354/mepso9683.

Fernández-Álamo, M. A., & J. Färber-Lorda (2006). Zooplankton and the oceanography of the eastern tropical Pacific: A review. *Prog. Oceanogr*. 69, 318-359.

Frame, B., J. Lawrence, A. G. Ausseil, A. Reisinger, & A. Daigneault (2018). Adapting global shared socio-economic pathways for national and local scenarios. *Climate Risk Management*, 21, 39-51, doi: 10.1016/j.crm.2018.05.001.

Fuenzalida, G., E. Poulin, C. González-Wevar, C. Molina, & L. Cárdenas (2014). Next-generation transcriptome characterization in three Nacella species (Patellogastropoda: Nacellidae) from South America and Antarctica. *Marine Genomics*, 18, 89-91.

Garreaud, R. (2018). Record-breaking climate anomalies lead to severe drought and environmental disruption in Western Patagonia in 2016. *Climate Research*, 74, 217-229. https://doi.org/10.3354/cr01505.

Garreaud, R. D., J. P. Boisier, R. Rondanelli, A. Montecinos, H.H. Sepúlveda, & D. Veloso- Aguila (2019). The Central Chile Mega Drought (2010–2018): *A climate dynamics perspective. Int. J. Climatol*. 39, 1-19.

Garreaud, R., C. Álvarez-Garretón, J. Barichivich, J.P. Boisier, D.A. Christie, M. Galleguillos, C. LeQuesne, J. McPhee, & M. Zambrano-Bigiarini (2017). The 2010-2015 mega drought in Central Chile: Impacts on regional hydroclimate and vegetation. Hydrol. *Earth Syst. Sci*., 21, 1–21, https://doi.org/10.5194/hess-21-1-2017

Garrido, P. (2019). *Análisis de la incorporación del principio precautorio y el enfoque ecosistémico en la Ley General de Pesca y Acuicultura en un contexto de cambio climático*. Memoria de Prueba. Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales, Universidad de Concepción. FONDAP CR(2) y dirección Dra. Verónica Delgado Schneider.

Gong, D. & S. Wang (1999). Definition of Antarctic oscillation index. *Geophys. Res. Lett*. 26, 459–462.

Grantham, B.A., F. Chan, K.J. Nielsen, D.S. Fox, J. A. Barth, A. Huyer, J. Lubchenco, & B. A. Menge (2004). Upwelling-driven nearshore hipoxia signals ecosystem and oceanographic changes in the northeast Pacific. *Nature* 429, 749–754.

Gruber, N. (2011). Warming up, turning sour, losing breath: Ocean biogeochemistry under global change. Philosophical Transactions of the Royal Society A, vol. 369: no. 1943, pp. 1980-1996, London: *The Royal Society*, doi: 10.1098/rsta.2011.0003.

Gutiérrez N. L., O. Defeo, S. R. Bush, D. S. Butterworth, & C .A. Roheim (2016). The current situation and prospects of fisheries certification and ecolabelling. *Fisheries Research*, 182: 1-6. https://doi.org/10.1016/j.fishres.2016.05.004.

Guzmán, L. et al. (2018). *Informe Final Convenio Desempeño 2017 Programa de Manejo y Monitoreo de las Mareas Rojas en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes*, Etapa XI 2017-18, Tomos I y II. Subsecretaría de Economía y EMT/ junio 2018. IFOP, Valparaíso, 78 y 127 pp.

Hernández-Miranda, E., R. A. Quiñones, G. Aedo, A. Valenzuela, N. Nermoud, C. Román, & F. Yáñez (2010). A major fish stranding caused by a natural hypoxic event in a shallow bay of the eastern South Pacific Ocean. *J. Fish Biol.* 76, 1543–1564.

Hernández-Miranda, E., R. Veas, F. A. Labra, M. Salamanca, & R.A. Quiñones (2012). Response of the epibenthic macrofaunal community to a strong upwelling-driven hypoxic event in a shallow bay of the southern Humboldt Current System. *Mar. Environ. Res.* 79, 16–28.

Iles, A.C., T.C. Gouhier, B. A. Menge, J. S. Steward, A. J. Haupt, & M. C. Lynch (2011). Climate-driven trends and ecological implications of event-scale upwelling in the California Current System. *Global Change Biol*. https://doi.org/10.1111/j.1365- 2486. 2011.02567.

IPBES (2018). *The IPBES regional assessment report on biodiversity and ecosystem services for the Americas* [Rice, J., C. S. Seixas, M. E. Zaccagnini, M. Bedoya-Gaitán and N. Valderrama (eds.)]. Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany, 656.

IPCC (2014). Summary for Policymakers. In*: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability.* Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C. B., V. 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, M. P.R. and L. L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1-32.

IPCC (2018). Summary for Policymakers. In: *Global Warming of 1.5 °C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, & T. Waterfield (eds.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 32pp. ITK.

IPCC, 2019: Summary for Policymakers. In: *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N. Weyer (eds.)]. In press.

REFERENCIAS

Iriarte, J.L. (2018). Natural and Human Influences on Marine Processes in Patagonian Subantarctic Coastal Waters. *Front. Mar. Sci*. 5:360. doi: 10.3389/fmars.2018.00360.

Jacob, B. G., F. J. Tapia, R. A. Quiñones, R. Montes, M. Sobarzo, W. Schneider ..., & H. E. González (2018). Major changes in diatom abundance, productivity, and net community metabolism in a windier and dryer coastal climate in the southern Humboldt Current. *Progress in oceanography*, 168, 196-209.

Karl, T. R., A. Arguez, B. Huang, J. H. Lawrimore, J. R. McMahon, M. J. Menne ..., & H. M. Zhang (2015). Possible artifacts of data biases in the recent global surface warming hiatus. *Science*, http://dx.doi.org/10.1126/science.aaa5632.

Klinsky, S. et al. (2016). Why equity is fundamental in climate change policy research. *Global Environmental Change*, 44, 170-173, doi: 10.1016/j.gloenvcha.2016.08.002.

Kroeker K. J., R. L. Kordas, R. Crim, I. Hendriks, L. Ramajo, G. Singh, C. M. Duarte, & J. P. Gattuso (2013). Impacts of ocean acidification on marine organisms: quantifying sensitivities and interaction with warming. *Global Change Biology* (2013)19, 1884–1896, doi: 10.1111/gcb.12179.

Lagos, N. A., S. Benítez, C. Duarte, M. A. Lardies, B. R. Broitman, C. Tapia, P. Tapia, S. Widdicombe, & C. A. Vargas (2016). Effects of temperature and ocean acidification on shell characteristics of Argopecten purpuratus: implications for scallop aquaculture in an upwelling-influenced area. *Aquaculture Environment Interactions*. 8: 357–370.

Lardies M. A., M. Arias, M. J. Poupin, P. H. Manríquez, R. Torres, C. A. Vargas, J. M. Navarro, & N. A. Lagos (2014). Differential response to ocean acidification in physiological traits of Concholepas concholepas populations. *Journal of Sea Research*, 90: 127–1344

Lardies M. A., S. Benítez, S. Osores, C. Vargas, C. Duarte, K. Lohrmann, & N. A. Lagos (2017). Physiological and histopathological impacts of increased carbon dioxide and temperature on the scallops Argopecten purpuratus cultured under upwelling influences in northern Chile. *Aquaculture*, 479:455-466

Lawrence, J., R. Bell, P. Blackett, S. Stephens, & S. Allan (2018). National guidance for adapting to coastal hazards and sea-level rise: Anticipating change, when and how to change pathway. *Environmental science & policy*, 82, 100-107, doi: 10.1016/j.envsci.2018.01.012.

Lehodey, P., J. Alheit, M. Barange, T. Baumgartner, G. Beaugrand, K. Drinkwater..., & C. Roy (2006). Climate variability, fish, and fisheries. *Journal of Climate*, 19(20), 5009-5030.

León-Muñoz, J., M. A. Urbina, R. Garreaud, & J. L. Iriarte (2018). Hydroclimatic conditions trigger record harmful algal bloom in western Patagonia (summer 2016). *Scientific reports*, 8(1), 1330. Disponible en https://www.nature.com/articles/s41598-018-19461-4.

León-Muñoz, J., M. Urbina, R. Garreaud, & J. L. Iriarte (2018). Hydroclimatic conditions trigger record harmful algal bloom in western Patagonia (summer 2016). *Scientific Reports*, 8, 1330, DOI:10.1038/s41598-018-19461-4

Leth, O., G. Shaffer, & O. Ulloa (2004). Hydrography of the eastern South Pacific Ocean: results from the Sonne 102 cruise, May–June 1995. *Deep-Sea Research II*, 51, 2349–2369.

Levine, A.S., L. Richmond, & D. Lopez-Carrd (2015). Marine resource management: Culture, livelihoods, & governance. *Applied Geography*, 59,56-59, doi.org/10.1016/j.apgeog.2015.01.016.

Li, W., L. Li, M. Ting, Y. Deng, Y. Kushnir, Y. Liu, Y. Lu, C. Wang, & P. Zhanget (2013). Intensification of the Southern Hemisphere summertime subtropical anticyclones in a warming climate. *Geophysical Research Letters* 40, 5959-5964, doi:10.1002/2013gl058124.

Lu, J., G. A. Vecchi & T. Reichler (2007). Expansion of the Hadley cell under global warming. *Geophysical Research Letters* 34, doi:10.1029/2006gl028443).

Lubchenco, J., Palumbi, S. R., Gaines, S. D., & Andelman, S. (2003). Plugging a hole in the ocean: the emerging science of marine reserves 1. *Ecological applications*, 13(sp1), 3-7.

MacCready, P., & W. R. Geyer (2010). Advances in Estuarine Physics. *Annual Review of Marine Science*, 2(1), 35–58. https://doi.org/10.1146/annurev-marine-120308-081015.

Manríquez, P. H., M. E. Jara, M. L. Mardones, R. Torres, N. A. Lagos, M. A. Lardies, C. A. Vargas, C. Duarte, & J. M. Navarro (2014). Effects of ocean acidification on larval development and early post hatching larval traits in Concholepas concholepas (loco). *Marine Ecology Progress Series*, 214:87-103.

Masotti, I., P. Aparicio-Rizzo, M. A. Yevenes, R. Garreaud, L. Belmar & L. Farías (2018). The Influence of River Discharge on Nutrient Export and Phytoplankton Biomass Off the Central Chile Coast (33° - 37°S): Seasonal Cycle and Interannual Variability. *Front. Mar. Sci.* 5:423. doi: 10.3389/fmars.2018.00423.

Mathis, J.T., R. S. Pickart, R. H. Byrne, C. L. McNeil, G. W. K. Moore, L. W. Juranek, X. Liu, J. Ma, R. A. Easley, M. M. Elliot, J. N. Cross, S. C. Reisdorph, F. Bahr, J. Morison, T. Lichendorf, & R. A. Feely (2012). Storm-induced upwelling of high pCO2 waters onto the continental shelf of the western Arctic Ocean and implications for carbonate mineral saturation states. *Geophys. Res. Lett*. 39, L07606.

McGregor, H.V., M. Dima, H. W. Fischer, & S. Mulitza (2008). Rapid 20th-century increase in coastal upwelling off northwest Africa. *Science*, 315, 637–639.

Medellin-Mora, J., R. Escribano, & W. Schneider (2016). Community response of zooplankton to oceanographic changes (2002–2012) in the central/southern upwelling system of Chile. *Progr. Oceanogr*., 142, 17–29.

Mellado C., O. R. Chaparro, C. Duarte, P. A. Villanueva, A. Ortiz, N. Valdivia, R. Torres, & J. M. Navarro (2018). Ocean acidification exacerbates the effects of paralytic shellfish toxins on fitness of the edible mussel Mytilus chilensis. *Science of the Total Environment*, 653 (2019) 455-464

REFERENCIAS

Mendelssohn, R. & F. B. Schwing (2002). Common and uncommon trends in SST and wind stress in the California and Peru-Chile current systems. *Progr. Oceanogr*., 53, 141–162.

MMA, Ministerio del Medio Ambiente de Chile (2006). *Primera comunicación nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.*

MMA, Ministerio del Medio Ambiente de Chile (2011). *Segunda comunicación nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.*

MMA, Ministerio del Medio Ambiente de Chile (2016). *Tercera comunicación nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*.

MMA, Ministerio del Medio Ambiente de Chile (2017) *Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022.* https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/07/plan_nacional_climatico_2017_2.pdf.

MMA, Ministerio del Medio Ambiente de Chile (2019) *Determinación del riesgo de los impactos del Cambio Climático en las costas de Chile*, Documento preparado por: Winckler, P.; Contreras-López, M.; Vicuña, S.; Larraguibel, C.; Mora, J.; Esparza, C.; Salcedo, J.; Gelcich, S.; Fariña, J. M.; Martínez, C.; Agredano, R.; Melo, O.; Bambach, N.; Morales, D., Marinkovic, C.; Pica, A., Santiago, Chile.

Moffat, C., F. J. Tapia, C. A. Nittrouer, B. Hallet, F. Bown, K. Boldt Love & C. Iturra. (2018). Seasonal Evolution of Ocean Heat Supply and Freshwater Discharge from a Rapidly Retreating Tidewater Glacier: Jorge Montt, Patagonia. *Journal of Geophysical Research: Oceans,* 123(6), 4200–4223. https://doi.org/10.1002/2017JC013069.

Montecino, H. D., V. G. Ferreira, A. Cuevas, L. Castro, J. C. Soto, & S. R. De Freitas (2017). Vertical deformation and sea level changes in the coast of Chile by satellite altimetry and tide gauges, *International Journal of Remote Sensing*, 38:24, 7551-7565, doi: 10.1080/01431161.2017.1288306

Montecino, V. & C.B. Lange (2009). The Humboldt Current System: Ecosystem components and processes, fisheries, and sediment studies. *Progress in Oceanography,* 83(1-4), 65-79.

Montero, P., I. Pérez-Santos, G. Daneri, M. Gutiérrez, G. Igor, R. Seguel, D. Crawford, & D. Purdie. (2017) A winter dinoflagellate bloom drives high rates of primary production in a Patagonian fjord ecosystem. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 199, 105-116. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2017.09.027

Moraga P, Delgado V. y Farías L. (2018) Comentario Sentencia Corte Suprema, 22 de mayo de 2018 sobre el vertimiento al océano de 9.000 toneladas de salmones muertos y en avanzada descomposición, en Actualidad Jurídica Ambiental, Jurisprudencia al día, 25 de julio de 2018, disponible en: http://www.actualidadjuridicaambiental.com/jurisprudencia-al-dia-iberoamerica-chile-principio-de-prevencion-y-precaucion-vertidos-medio-marino/

Moss, R., J. A. Edmonds, K. A. Hibbard, M. R. Manning, S. K. Rose, D. P. Van Vuuren, T. R. Carter, S. Emori, M. Kainuma, T. Kram, G. A. Meehl, J. F. B. Mitchell, N. Nakicenovic, K. Riahi, S. J. Smith, R. J. Stouffer, A. M. Thomson, J. P. Weyant, & T. J. Wilbanks (2010). The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature*, 463, 747–756.

Naciones Unidas (2015). *We can end poverty. Millennium Development Goals and beyond 2015*. Disponible en https://www.un.org/millenniumgoals/

Narváez, D. A., C. A. Vargas, L. A. Cuevas, S. A. García-Loyola, C. Lara, C. Segura, C., F. J. Tapia, & B. R. Broitman (2019). Dominant scales of subtidal variability in coastal hydrography of the Northern Chilean Patagonia. *Journal of Marine Systems*, 193, 59–73, doi: 10.1016/j.jmarsys.2018.12.008.

Navarro, J., C. Duarte, P.H. Manríquez, M. Lardies, R. Torres, K. Acuña, C. Vargas, & N.A. Lagos. (2015). Ocean warming and elevated carbon dioxide: Multiple stressor impacts on juvenile mussels from Southern Chile. *ICES Journal of Marine Sciences*, DOI: 10.1093/icesjms/fsv249

Obermeister, N. (2017). From dichotomy to duality: Addressing interdisciplinary epistemological barriers to inclusive knowledge governance in global environmental assessments. *Environmental Science & Policy*, 68, 80-86, doi: 10.1016/j.envsci.2016.11.010.

Oldham, T., T. Dempster, J. O. Fosse, & F. Oppedal (2017). Oxygen gradients affect behaviour of caged Atlantic salmon Salmo salar. *Aquacult Environ Interact*. Vol. 9: 145–153.

Oppenheimer, M., M. Campos, R. Warren, J. Birkmann, G. Luber, B. O'Neill, & K. Takahashi (2014). Emergent Risks and Key Vulnerabilities. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability.* Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C. B., V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Biller, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea and L. L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1039-1099.

Osores, S. J., Lagos, N. A., San Martin, V., Manríquez, P. H., Vargas, C. A., Torres, R., ... & Lardies, M. A. (2017). Plasticity and inter-population variability in physiological and life-history traits of the mussel Mytilus chilensis: A reciprocal transplant experiment. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 490, 1-12.

Oschlies, A., P. Brandt, L. Stramma, & S. Schmidtko (2018). Drivers and mechanisms of ocean deoxygenation. *Nature Geoscience*, 11(7), 467-473, doi:10.1038/s41561-018-0152-2.

Oyarzún, D. & C. M. Brierley (2019). The future of coastal upwelling in the Humboldt current from model projections. *Clim Dyn*, 52: 599. https://doi.org/10.1007/s00382-018-4158-7

Pérez, C. A., N. A. Lagos, G. Saldías, G. Waldbusser & C. A. Vargas. (2016). Riverine discharges impact physiological traits and carbon sources for shell carbonate in the marine intertidal mussel Perumytilus purpuratus. *Limnology and Oceanography*, 61: 969–983.

Pérez-Santos I., José Garcés-Vargas, Wolfgang Schneider, Lauren Ross, Sabrina Parra, and Arnoldo

REFERENCIAS

Valle-Levinson. (2014). Double-Diffusive layering and mixing in Patagonian fjords, *Progress in Oceanography* 129, 35-49. http://dx.doi.org/10.1016/j.pocean.2014.03.012.

Pérez-Santos, I. (2017). Deep ventilation event during fall and winter of 2015 in Puyuhuapi fjord (44.6 °S*). Latin American Journal of Aquatic Research*. Vol. 45(1), doi: 10.3856/vol45-issue1-fulltext-25.

Pérez-Santos, I., L. Castro, N. Mayorga, L. Ross, L. Cubillos, M. Gutiérrez, E. Niklitschek, E. Escalona, N. Alegría & G. Daneri. (2018). Turbulence and hypoxia contribute to dense biological scattering layers in Patagonian Fjord System. *Ocean* Science, 14, 1185-1206. https://doi.org/10.5194/os-14-1185-2018.

Pérez-Santos, I., R. Seguel, W. Schenider, P. Linford, D. Donoso, E. Navarro, C. Amaya-Cárcamo, E. Pinilla & G. Daneri. (2019). Synoptic scale variability of surface winds and ocean response to atmospheric forcing in the eastern Austral Pacific Ocean. *Ocean Sci. Discuss*, 15, 1247-1266, https://doi.org/10.5194/os-15-1247-2019.

Pickett, M. H. & J. D. Paduan (2003). Ekman transport and pumping in the California Current based on the U.S. Navy's high resolution atmospheric model (COAMPS*), Journal of Geophysical Research: Oceans, Res.*, 108, 3327, https://doi.org/10.1029/2003JC001902, 2003.

Pinilla, E., G. Soto & C. Soto-Riquelme (2019). *Determinación de las escalas de intercambio de agua en fiordos y canales de la Patagonia sur, Etapa* II. (Informe final en revisión). Valparaíso: Instituto de Fomento Pesquero.

Pizarro O., G. Shaffer, B. Dewitte, & M. Ramos (2002) Dynamics of seasonal and interannual variability of the Peru-Chile undercurrent. *Geophys. Res. Lett*., doi.org/10.1029/2002GL014790.

Pizarro- Koch, M., O. Pizarro, B. Dewitte, I. Montes, M. Ramos, A. Paulmier, & V. Garçon (2019). Seasonal variability of the southern tip of the Oxygen Minimum Zone in the eastern South Pacific (30°- 38° S): A modeling study. *Journal of Geophysical Research: Oceans* (in press).

Ponce, R. D., F. Vásquez-Lavína, V. A. San Martin, J. I. Hernández, C. A. Vargas, P. S. González & S. Gelcich (2019). Ocean Acidification, Consumers' Preferences, and Market Adaptation Strategies in the Mussel Aquaculture Industry. *Ecological Economics*, 158 (2019) 42–50.

Powell, E.N., & J.M. Klinck. 2007. Is oyster shell a sustainable estuarine resource? *Journal of Shellfish Research* 26: 181–194.

Quiñones, R. A., M. H. Gutiérrez, G. Daneri, D. A. Gutiérrez, H. E. González & F. Chávez (2010). Pelagic carbon fluxes in the Humboldt Current System. In: Liu, K.K., Atkinson, L., Quiñones, R.A., Talaue-McManus, L. (Eds.), *Carbon and nutrient fluxes in global continental margins: A global synthesis.* Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, IGBP Series Book, pp. 44–64.

Ramajo, L., C. Fernández, Y. Núñez, P. Caballero, M. A. Lardies, & M. J. Poupín. (2019). Understanding physiological responses of juveniles Chilean scallop (Argopecten purpuratus) to the multiple-driver environmental scenario of coastal upwelling. *ICES Journal of Marine Sciences*, doi:10.1093/icesjms/fsz080.

Ramajo, L., E. Pérez-León, I. E. Hendriks, N. Marbà, D. Krause-Jensen, M. K. Sejr, M. E. Blicher, N. A. Lagos, Y. S. Olsen, & C. M. Duarte (2016). Food supply confers calcifiers resistance to ocean acidification. *Scientific Reports*, 6: 19374.

Ramajo, L., E. Pérez-León, I. E. Hendriks, N. Marbà, D. Krause-Jensen, M. K. Sejr, M. E. Blicher, N. A. Lagos, Y. S. Olsen, & C. M. Duarte (2016). Food supply confers calcifiers resistance to ocean acidification. *Scientific Reports, Nature*, doi:10.1093

Ramajo, L., N. Marbà, L. Prado, S. Perón, M. A. Lardies, A. B. Rodríguez-Navarro, C. A. Vargas, N. A. Lagos & C. M. Duarte (2016). Biomineralization changes with food supply confer juvenile scallops (Argopecten purpuratus) resistance to ocean acidification, *Global Change Biology*, 22: 2025–2037.

Rutllant, J. & H. Fuenzalida (1991). Synoptic Aspects of the Central Chile rainfall variability associated with the Southern Oscillation. *Int. J. Climatol*. 11, 63–76.

Rykaczewski, R. R., J. P. Dunne, W. J. Sydeman, M. García-Reyes, B. A. Black, & S. J. Bograd (2015). Poleward displacement of coastal upwelling-favorable winds in the ocean's eastern boundary currents through the 21st century. *Geophysical Research Letters*, 42:6424–6431, doi:10.1002/2015GL064694.

Saavedra, L. M., D. Parra, V. San Martín, N. A. Lagos & C. A. Vargas (2017). Local habitat influences on feeding and respiration of the intertidal mussels Perumytilus purpuratus exposed to increased pCO2 levels. *Estuaries and Coast*, doi.org/10.1007/s12237-017-0333-z.

San Martín, V. A., S. Gelcich, F. Vásquez, R. Ponce, I. Hernández, N. A. Lagos, N. A. Birchenough, & C. Vargas (2019). Linking social preferences and ocean acidification impacts in mussel aquaculture. *Scientific Reports*, doi.org/10.1038/s41598-019-41104-5.

Sandoval, M., C. Parada & R. Torres (2018). *Proposal of an integrated system for forecasting Harmful Algal Blooms* (HAB) in Chile. DOI: 10.3856/vol46-issue2-fulltext-18.

Santos, A. M. P., A. S. Kazmin & A. Peliz (2005). Decadal changes in the Canary upwelling system as revealed by satellite observations: their impact on productivity. *J. Mar. Res*. 63, 359–379.

SERNAPESCA (2017). *Mujeres y hombres en el sector pesquero*, 2017. Ed. 11°, 50 pp. Disponible : http://ww2.sernapesca.cl/presentaciones/Planificacion/Mujeres_y_Hombres_en_el_sector_Pesquero_y_Acuicultor_de_Chile_2017.pdf.

Schneider, W., D. Donoso, J. Garcés-Vargas, & R. Escribano (2017). Water-column cooling and sea surface salinity increase in the upwelling region off central Chile driven by a pole-ward displacement of the South Pacific High. *Prog. Oceanogr*., 151, 38–48.

Schneider, W., I. Pérez-Santos, L. Ross, L. Bravo, F. Hernández, & R. Seguel (2014). On the hydrography of Puyuhuapi channel (Chilean Patagonia), *Progress in Oceanography*, 129, 8-18. http://dx.doi.org/10.1016/j.pocean.2014.03.007.

Shannon, L. V., R. J. M. Crawford, D. E. Pollock, L. Hutchings, A. J. Boyd, J. Taunton-Clark, A. Badenhorst,

REFERENCIAS

R. Melville-Smith, C. J. Augustyn, K. L. Cochrane, & I. Hampton (1992). The 1980s – a decade of change in the Benguela ecosystem. In: Payne, A.I.L., Brink, K.H., Mann, K.H., Hilborn, R. (Eds.), Benguela Trophic Functioning. *S. Afr. J. Marine Sci*., pp. 271–296.

Sievers, A.H. & N. Silva (2008). Water masses and circulation in austral Chilean channels and fjords, in: Silva, N., Palma, S. (Eds.), *Progress in the oceanographic knowledge of Chilean inner waters, from Puerto Montt to Cape Horn*. Comité Oceanográfico Nacional - Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, Chile, pp. 53-58. Book on line at http://www.cona.cl/.

Sielfeld, W., J. Laudien, M. Vargas, & M. Villegas (2010). El Niño induced changes of the coastal fish fauna off northern Chile and implications for ichthyogeography (Cambios de la fauna **íctica** del norte de Chile inducidos por El Niño y sus implicancias en la ictiogeografía). *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 45(S1): 705-722.

Sielfeld W., M. Vargas, & I. Kong (2003). Primer registro de Etropus ectenes Jordan, 1889, Bothus constellatus Jordan & Goss, 1889, Achirus klunzingeri (Steindachner, 1880) y Symphurus elongatus (Günther, 1868) (Pisces, Pleuronectiformes) en Chile, con comentarios sobre la distribución de los lenguados chilenos. *Investigaciones Marinas* 31(1): 51-65.

Silva, C., E. Yáñez, M. A. Barbieri, C. Bernal, & A. Aranis (2015). Forecasts of swordfish (Xiphias gladius) and common sardine (Strangomera bentincki) off Chile under the A2 IPCC climate change scenario. *Progress in Oceanography*, 134: 343–355.

Silva, C., F. Leiva & J. Lastra (2019). Predicting the current and future suitable habitat distributions of the anchovy (Engraulis ringens) using the Maxent model in the coastal areas off central-northern Chile. *Fisheries in Oceanography*, 28 (2): 171- 182.

Silva, N. & C. Vargas (2014). Hypoxia in Chilean Patagonian Fjords. *Progress in Oceanography*, 129, 62–74. https://doi.org/10.1016/j.pocean.2014.05.016.

Silva, N., N. Rojas, & A. Fedele (2009). Water masses in the Humboldt Current System: properties, distribution, and the nitrate deficit as a chemical water mass tracer for Equatorial Subsurface Water off Chile. *Deep-Sea Research*, Part II 56: 1004-1020.

Snyder, M. A., L. C. Sloan, N. S. Diffenbaugh, & J. L. Bell (2003). Future climate change and upwelling in the California current. *Geophys. Res., Lett.* 30, 1823. https://doi.org/10. 1029/2003GL017647.

Soto, D., J. León- Muñoz, J. Dresdner, C. Luengo, F. Tapia, & R. Garreaud (2019). Salmon farming vulnerability to climate change in southern Chile: understanding the biophysical, socioeconomic and governance links. *Reviews in Aquaculture*, 11(2), 354-374. Disponible en https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/raq.12336

Soto, G., E. Pinilla, C. Soto-Riquelme, P. Reche, & M. Arriagada (2018). *Modelación de Alta Resolución Aplicada al Transporte Hidrodinámico, al interior del Mar Interior de Chiloé, X Región de Los Lagos*. (Informe final). Valparaíso: Instituto de Fomento Pesquero. en: http://190.151.20.106/exlibris/aleph/a23_1/apache_media/KGD12JJJ7CAI9TM2K6Y-J44MHB555S4.pdf.

Soto, G., E. Pinilla, C. Soto-Riquelme, P. Reche & M. Arriagada (2019*). Modelación de Alta Resolución Aplicada al Transporte Hidrodinámico, al interior del Mar Interior de Aysén, XI Región de Aysén*. (Informe final, en revisión). Valparaíso: Instituto de Fomento Pesquero.

Spilling, K., M.T. Camarena-Gómez, T. Lipsewers, A. Martínez-Varela, F. Díaz-Rosas, E. Eronen-Rasimus..., & V. Montecino (2019). Impacts of reduced inorganic N: P ratio on three distinct plankton communities in the Humboldt upwelling system. *Marine Biology*, 166(9), 114.

Stramma, L., G. C. Johnson, J. Sprintall, & V. Mohrholz (2008): Expanding oxygen minimum zones in the tropical oceans, *Science*, 320, 655–658.

SUBPESCA (2019). *Estado de situación de las principales Pesquerías Chilenas 2018. Departamento de Pesquerías. División de Administración Pesquera*. Valparaíso: Gobierno de Chile. Disponible en http://www.subpesca.cl/portal/618/articles-103742_recurso_1.pdf.

Sydeman, W. J., M. García-Reyes, D. S. Schoeman, R. R. Rykaczewski, S. A. Thompson, B. A. Black, & S. J. Bograd (2014). Climate change and wind intensification in coastal upwelling ecosystems. *Science*, 345 (6192), 77–80. https://doi.org/10.1126/science.1251635.

Testa, G., I Masotti , & L. Farías. (2018). Temporal Variability in Net Primary Production in an Upwelling Area off Central Chile (36ºS) *Frontiers in Marine Science,* doi: 10.3389/fmars.2018.00179.

Toropova, C., I. Meliane, D. Laffoley, E. Matthews, & M. Spalding (2010*). Global Ocean Protection: Present Status and Future Possibilities IUCN, The Nature Conservancy, UNEP-WCMC, UNEP, UNU-IAS*, Agence des aires marines protégées, France.

Torres, J. J., M. D. Grigsby, & M. E. Clarke (2012). Aerobic and anaerobic metabolism in oxygen minimum layer fishes: the role of alcohol dehydrogenase. *Journal of Experimental Biology* 215: 1905-1914; doi: 10.1242/jeb.060236

Torres, R., D. R. Turner, J. Rutllant & N. Lefevre (2003). *Continued CO_2 outgassing in an upwelling area off northern Chile during the development phase of El Niño 1997–1998* (July 1997). J. Geophys, Res. 108 (C10), 3336. https://doi.org/10.1029/ 2000JC000569.

Torres, R., S. Pantoja, N. Harada, H. E. González, G. Daneri, M. Frangopulos, J. A. Rutllant, C. M. Duarte, S. Ruiz-Halpern, E. Mayol & M. Fukasawa (2011) Air-sea CO_2 fluxes along the coast of Chile: From CO2 outgassing in central northern upwelling waters to CO_2 uptake in southern Patagonian fjords. *Journal of Geophysical Research*, 116: C09006.

Tutasi, P. & R. Escrinano (2019). Zooplankton diel vertical migration and downward C into the Oxygen Minimum Zone in the highly productive upwelling region off Northern Chile. *Biogeosciences Discussions*, doi: 10.5194/bg-2019-127.

Ummenhofer C, & G.A. Meehl (2017) Extreme weather and climate events with ecological relevance: a review.Phil. *Trans. R. Soc*. B 372: 20160135. http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2016.0135

REFERENCIAS

Ulloa, O. & S. Pantoja (2009). The oxygen minimum zone of the eastern South Pacific. Deep-Sea *Research II*, 56, 987-991.

Urrutia, O. y P. Weber (2016), *"Bases administrativas para un futuro Ministerio del Mar y Borde Costero en Chile", Doctrina y enseñanza del derecho administrativo chileno: Estudios en homenaje a Pedro Pierry Arrau, Ferrada, Juan Carlos; Bermúdez, Jorge; Urrutia, Osvaldo* (editores), Ediciones Universitarias de Valparaíso, 1ª. Edición, 2016, pp.95- 145.

Van Ruijven, B. J., M. A. Levy, A. Agrawal, F. Biermann, J. Birkmann, T. Carter..., & E. Kemp-Benedict (2014). Enhancing the relevance of Shared Socioeconomic Pathways for climate change impacts, adaptation and vulnerability research. *Climatic Change*. 122(3), 481-494, doi: 10.1007/s10584-0130931-0.

Vargas, C. A., N. A. Lagos, M. A. Lardies, C. Duarte, P. Manríquez, V. Aguilera, B. Broitman, S. Widdicombe, & S. Dupont (2017). Species specific responses to ocean acidification should account for local adaptation and adaptive plasticity. *Nature Ecology & Evolution*, 1, 13;1(4):84 DOI: 10.1038/s41559-017-0084.

Vargas, C. A., V. M. Aguilera, V. San Martín, P. H. Manríquez, J. M. Navarro, C. Duarte, R. Torres, M. A. Lardies, & N. A. Lagos (2014). CO_2-driven ocean acidification disrupts the filter feeding behavior in Chilean gastropod and bivalve species from different geographical localities. *Estuaries and Coasts*, DOI 10.1007/s12237-014-9873-7.

Waldbusser, G.G., B. Hales, & B. A. Haley (2012). Calcium carbonate saturation state: on myths and this or that stories. *ICES Journal of Marine Science*, 73,563–568 doi.org/10.1093/icesjms/fsv174

Winckler, P., M. Contreras-López y J.C Castilla (2019a) Impactos y Adaptación en Océanos y Zonas Costeras. En: Castilla, J.C., Meza, F., Vicuña, S., Marquet, P. A., Montero, J.-P. (eds.). *Cambio Climático en Chile: Ciencia, Mitigación y Adaptación.* Ediciones UC. Santiago, 423 – 457.

Wishner, K., M. Gowing, C. Gelfman (2000). Living in suboxia: Ecology of an Arabian Sea oxygen minimum zone copepod, *Limnology and Oceanography* 45(7):1576-1593.

Xiu, P. F. Chai, E. N. Curchitser, & F. S. Castruccio (2018). Scientific Reports, 8, 2866.

Yáñez, E., M.A. Barbieri, F. Plaza, & C. Silva. 2014. Climate Change and Fisheries in Chile. In: Mohamed Behnassi, Margaret Syomiti Muteng'e, Gopichandran Ramachandran & Kirit N. Shelat (Editors). *Vulnerability of Agriculture, Water and Fisheries to Climate Change: Toward Sustainable Adaptation Strategies, Springer,* Chapter 16, 259-270.

Yáñez, E., S. Hormazábal, C. Silva, A. Montecinos, M.A. Barbieri, A. Valdenegro, A. Órdenes & F. Gómez (2008 a). Coupling between the environment and the pelagic resources exploited off North Chile: ecosystem indicators and a conceptual model. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 36(2): 159-181.

Yáñez, E., N. Lagos, R. Norambuena, C. Silva, J. Letelier, K.-P. Muck, G. San Martín, S. Benítez, B. Broitman, H. Contreras, C. Duarte, S. Gelcich, F. Labra, M. Lardies, P. Manríquez, P. Quijón, L. Ramajo, E. González, R. Molina, A. Gómez, L. Soto, A. Montecino, M.Á. Barbieri, F. Plaza, F. Sánchez, A. Aranis, C. Bernal, & G. Böhm (2018). Impacts of climate change on marine fisheries and aquaculture in Chile. In: Phillips Bruce & Mónica **Pérez (Eds.).** *The Impacts of Climate Change on Fisheries and Aquaculture*. Editorial Wiley, Volume 1, Chapter 10, pp. 239-332.

Yáñez, E., F. Plaza, F. Sánchez, C. Silva, M.Á. Barbieri & G. Bohm (2017). Modelling climate change impacts on anchovy and sardine landings in northern Chile using ANNs. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 45(4): 675-689.

Yáñez, E., F. Plaza, C. Silva, F. Sánchez, M.A. Barbieri, & A. Aranis (2016b). Pelagic resources landings in central-southern Chile under the A2 climate change scenario. *Ocean Dynamics, Volume 66, Issue 10: 1333–1351.*

Yáñez, E., C. Silva, M.Á. Barbieri, L. Soto, G. San Martín, P. Muck, J. Letelier, F. Sánchez, G. Böhm, A. Aranís, A. Parés, & F. Plaza (2016a). *Sistema de pronósticos de pesquerías pelágicas chilenas frente a diversos escenarios del cambio climático*. Informe Final Proyecto FONDEF D11I1137, CONICYT, 46 pp., más Anexos.

Yáñez, E., R. Vega, C. Silva, J. Letelier, M.A. Barbieri, & F. Espíndola (2008b). An integrated conceptual approach to study the swordfish (Xiphias gladius) fishery in the eastern South Pacific. *Revista Biología Marina Oceanografía*, Volumen 43 (39): 641-652.

Yévenes M.A., Lagos NA, Farías L., C.A. Vargas (2019) Greenhouse gases, nutrients and the carbonate system in the Reloncaví Fjord (Northern Chilean Patagonia): Implications on aquaculture of the mussel, Mytilus chilensis, during an episodic volcanic eruption. *Science of the Total Environment* 669: 49–61.

Young, I. R., & A. Ribal, A. (2019). Multiplatform evaluation of global trends in wind speed and wave height. *Science*, 364(6440), 548–552. https://doi.org/10.1126/science.aav9527.

Zheng, F., J. Li, R. Clark, & H. Nnamchi (2013). Simulation and Projection of the Southern Hemisphere Annular Mode in CMIP5 models. *Journal of Climate* 26(24), 9860-9879.

Anexo I: Listado de modificaciones a la Ley General de Pesca y Acuicultura 1989-2019 destacando las de carácter ambiental *

N° Ley	Promulgada	Publicada	Materias
18892	22-11-89	23-12-89	TEXTO ORIGINAL Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA)
18977	29-04-90	30-04-90	Modifica norma referida a la entrada en vigor de la LGPA
18999	14-09-90	22-09-90	Modifica norma referida a la entrada en vigor de la LGPA
19009	23-11-90	29-11-90	Modifica norma referida a la entrada en vigor de la LGPA
19043	28-01-91	31-01-91	Modifica norma referida a la entrada en vigor de la LGPA
19066	21-06-91	28.06.91	Modifica norma referida a la entrada en vigor de la LGPA
19079	12-08-91		Introduce nuevas definiciones relativas a la acuicultura (concesión y autorización de acuicultura, cultivo abierto, especies anádromas/catádromas); a la conservación (repoblación, conservación, pesca de investigación, reserva marina, plan de manejo, talla crítica), y otras. Crea reglamentación referida: (a) Planes de Manejo; (b) Del Fondo de Fomento para la Pesca Artesanal; (c) Reglamenta las concesiones y autorizaciones de acuicultura; (d) De la investigación para la administración pesquera; (e) Del Fondo de Investigación Pesquera y de la pesca de investigación.
19080	28-08-91	06-09-91	Incorpora definiciones relativas a acuicultura (especie objetivo, fauna acompañante, pesquería incipiente/en recuperación, recurso sobrexplotado) y otras. Crea reglamentación referida: (a) El Acceso a la actividad pesquera extractiva industrial y (b) Los Consejos de Pesca
D. 430	28-09-91	21-01-92	Fija el texto refundido, coordinado y sistematizado de la LGPA.
19210	06-04-93	16-04-93	Modifica norma referida a la sustitución de naves pesqueras
19245	30-08-93	04-09-93	Modifica plazos establecidos en artículos transitorios
19323	29-07-94	18-08-94	Modifica artículo referido a tribunal competente para conocer infracciones a la ley, cometidas por naves extranjeras.
19348	04-11-94	16-11-94	Modifica artículo transitorio referido a titulares de concesiones marítimas autorizados con anterioridad a la entrada en vigor de la ley 19079
19364	26-12-94	06-01-95	Modifica sanciones asociadas a la infracción de la LGPA, endureciendo sus multas.
19384	04-05-95	13-05-95	Modifica art. referido al "Régimen Bentónico de Extracción", facilitando el ingreso de nuevas plantas a la labor de procesamiento de los recursos bentónicos en estado de plena explotación.
19492	20-01-97	03-02-97	Modifica arts. referidos a las "Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos"
19520	12-09-97	03-10-97	Otorga competencia a tribunales sobre infracciones a los tratados cometidas en la alta mar con naves chilenas
19521	30-09-97	23-10-97	Establece la obligación de instalar un sistema de posicionamiento geográfico automático con apoyo satelital en naves que indica
19624	13-08-99	28-08-99	Amplia a tribunales de ciudades que indica, la competencia para conocer de infracciones a la LGPA
19713	18-01-01	25-01-01	Establece como medida de administración el límite máximo de captura por armador a las principales pesquerías industriales nacionales y la regularización del registro pesquero artesanal.
19800	22-04-02	25-05-02	Excluye a las áreas silvestres protegidas por el Estado de toda actividad pesquera extractiva y de acuicultura, pero permite dichas actividades en Reservas Nacionales y Forestales.
19806	13-05-02	31-05-02	Adecua disposiciones de la LGPA a la nueva reforma procesal penal

N° Ley	Promulgada	Publicada	Materias
19849	18-12-02	26-12-02	Establece: (a) Prorrogar la vigencia de la ley 19713;(b) modificar reglamentación referida a "catástrofe natural o daño medio ambiental"; (c) cuota de captura para fines de investigación; (d) Régimen Artesanal de Extracción y e) Fondo de Administración Pesquero.
19907	14-10-03	05-11-03	Prohíbe la pesca de arrastre por parte de pescadores artesanales.
19922	10-12-03	23-12-03	Suspende la aplicación del mecanismo de reemplazo de inscripciones en el registro pesquero artesanal por el periodo que indica.
19977	26-10-04	08-11-04	Modifica exigencias para pescadores artesanales y condona para los años 2003 y 2004 el 75 % del pago de patente única de las áreas de manejos a las organizaciones artesanales.
19984	30-11-04	11-12-04	Regula la propiedad de las embarcaciones destinadas a la pesca artesanal.
20033	23-06-05	01-07-05	La patente única de acuicultura deja de ser a beneficio fiscal, y pasa a ser a beneficio municipal y del Fondo Nacional de Desarrollo Regional.
20049	29-08-05	06-09-05	Suspende el reemplazo de inscripciones en registro pesquero artesanal, por el tiempo que indica.
20091	26-12-05	10-01-06	Establece: (a) Modifica definición de "autorización de acuicultura"; (b) Crea definiciones de "Vivero o centro de acopio" y "Centro de matanza" y (c) Permite que las concesiones y autorizaciones de acuicultura sean transferibles y "en general susceptibles de negocio jurídico". Establece reglamentación con ese fin.
20106	27-04-06	29-04-06	Suspende el reemplazo de inscripciones en registro pesquero artesanal, por el tiempo que indica.
20107	04-05-06	17-05-06	Modifica artículos referidos a tribunales competentes para conocer de determinadas infracciones.
20116	26-07-06	24-08-06	Prohíbe o regula, la importación o cultivo de especies hidrobiológicas genéticamente modificadas.
20174	16-03-07	05-04-07	Adecua disposiciones de la LGPA con la creación de la nueva Región de Los Ríos y la provincia de Ranco.
20175	23-03-07	11-04-07	Adecua disposiciones de la LGPA con la creación de la nueva Región de Arica y Parinacota, y la Provincia del Tamarugal en la Región de Tarapacá.
20187	24-04-07	02-05-07	Modifica definiciones y normativa relativa a la Pesca Artesanal y normas relativas al reemplazo de la inscripción en el registro de pesca artesanal.
20256	14-03-08	12-04-08	Establece normas relativas a la pesca recreativa, considerando el principio de conservación.
20293	14-10-08	25-10-08	Introduce normativa relativa a la protección a los cetáceos. Se agrega párrafo relativo a "la protección, rescate, rehabilitación, reinserción, observación y monitoreo de mamíferos, reptiles y aves hidrobiológicas".
20417	12-01-10	26-01-10	Adecua disposiciones de la LGPA, con la creación del Ministerio del Medio Ambiente, incorporando su intervención en ciertos actos, como en la declaración de parques y reservas marinas.
20434	05-04-10	08-04-10	Modifica e introduce normativa en materia de: (a) Acuicultura Experimental ; (b) Concesiones de Acuicultura (c) Registro de transferencias y actos de cesión de derechos (d) Recursos Hidrobiológicos; (e) Áreas de manejo sanitario, f) Normativa ambiental y sanitaria; (g) Fortalecimiento de las facultades fiscalizadoras del Servicio Nacional de Pesca; (h) aumento del monto de la patente única y las sanciones administrativas; (i) Establece un plazo de concesión acuícola de 25 años renovables por igual periodo y (j) Establece sanciones y crea la Subdirección Nacional de Acuicultura
20437	14-05-10	29-05-10	Modifica disposiciones relativas a las Áreas de Manejo, y al Registro Pesquero Artesanal.
20451	19-07-10	31-07-10	Modifica disposiciones y establece normas transitorias para enfrentar la catástrofe del 27 de febrero de 2010. Materias modificadas: (a) Régimen de autorización de las plantas de proceso; (b) Reserva de la cuota por causa de catástrofe y (c) Régimen Artesanal de Extracción.
20485	14-12-10	18-12-10	Establece modificaciones para la sustentabilidad de los recursos hidrobiológicos: (a) Establece cuota global anual de captura según stock o unidad poblacional de recurso hidrobiológico, (b) Ordena a la SUBPESCA realizar estudio sobre madurez sexual del jurel, para determinar tallas mínimas y (c) Artículo transitorio que permite las asociatividades entre titulares de límite máximo de captura.
20509	02-05-11	10-05-11	Implementa la medida de conservación 10-08 (2006), de la Comisión para la conservación de los recursos vivos marinos antárticos.
20525	29-07-11	06-08-11	Introduce modificaciones en materia de aprovechamiento y beneficio de Tiburones, prohibiendo y sancionando ciertas prácticas.
20528	24-08-11	31-08-11	Introduce modificaciones relativas a: (a) Concepto de embarcación artesanal y de su clasificación por eslora; (b) Reemplazo de la inscripción en el registro pesquero artesanal y de los requisitos para inscribirse en el mismo registro.

N° Ley	Promulgada	Publicada	Materias
20560	29-12-11	03-01-12	Establece modificaciones relativas a: (a) Pesca de Investigación (incorpora definiciones); (b) Pesca Artesanal; (c) Planes de Manejo; (d) Medidas de conservación y administración; (e) Recursos Bentónicos; (f) Régimen Artesanal de Extracción y (g) armadores extranjeros e Industriales
20583	26-03-12	02-04-12	Modifica normas relativas a las siguientes materias: (a) Acuicultura; (b) Centros de cultivo; (c) Autorizaciones y concesiones de acuicultura; (d) Sistema de posicionamiento automático y (e) Fiscalización y sanciones. Establece distancias mínimas entre concesiones.
20597	20-07-12	03-08-12	Modifica (a) cuestiones relativas al Fondo de fomento para la pesca artesanal; (b) Crea la Comisión Nacional de Acuicultura y (c) Crea consejos zonales de pesca que indica.
20625	24-09-12	29-09-12	(a)Define el "Descarte de especies hidrobiológicas"; (b) Establece medias de control y sanciones para quienes incurran en dicha práctica y (c) Crea los Observadores Científicos.
20632	05-10-12	12-10-12	Modificaciones relativas a la asociación de pescadores artesanales.
20657	31-01-13	09-02-13	Introduce regulación relativa a: (a) La sustentabilidad de los recursos hidrobiológicos; (b) el acceso a la actividad pesquera industrial y artesanal y (c) La investigación y fiscalización. Comprende temas como: (d) Soberanía del Estado; e) Conservación y uso sustentable; (f) Principio precautorio y Enfoque ecosistémico; (g) Transparencia; (h) Preservación del Medio Ambiente acuático; (i) Política Pesquera Nacional; (j) Régimen Artesanal de Extracción;(k) Instituto de Fomento Pesquero; (l) Comités Científicos Técnicos; (ll) Implementación de Tratados Internacionales; (m) Procedimiento de adopción de medidas de conservación o administración y (n) Sanciones.
20720	30-12-13	09-01-14	Adecua disposiciones con la nueva Ley de Reorganización y Liquidación de Empresas y Personas.
20814	30-01-15	07-02-15	Prorroga la entrada en vigor de la obligación de instalar dispositivos de posicionamiento automático en el mar, respecto de embarcaciones pesqueras artesanales.
20825	01-04-15	07-04-15	Amplía plazo de cierre para otorgar nuevas concesiones de acuicultura.
20837	08-05-15	28-05-15	Modifica materias sobre: (a) Pesca artesanal con línea de mano de la especie jurel y (b) ampliación de régimen de áreas de manejo y explotación de recursos bentónicos.
20925	10-06-16	17-06-16	Modifica regulación relativa al repoblamiento y cultivo de algas.
21033	19-08-17	05-09-17	Adecua disposiciones con la creación de la región de Ñuble y las provincias de Diguillín, Punilla e Itata.
21069	02-02-18	15-02-18	Adecua disposiciones con la creación del Instituto Nacional de Desarrollo Sustentable de la Pesca Artesanal y de la Acuicultura de Pequeña Escala.
21132	24-01-19	31-01-19	Establece (a) nuevas facultades de monitoreo, control y vigilancia, al Servicio Nacional de Pesca; (b) obligaciones a agentes de actividad pesquera y (c) nuevas infracciones y delitos.
21134	11-02-19	16-08-19	Establece que la especie "Dosidicus gigas"o jibia, solo podrá ser extraída utilizando potera o línea de mano como aparejo de pesca. Se prohíbe cualquier otro tipo de arte o aparejo de pesca. Establece multa de 500 unidades tributarias mensuales.

(Gentileza Verónica Delgado y Juan Francisco Zapata)
*Por ambiental entendemos toda norma o medida relacionada a la sustentabilidad y conservación, incluyendo prohibiciones y medidas de protección respecto de especies y recursos hidrobiológicos; medidas referentes a mejorar la fiscalización y a incorporar sanciones más drásticas respecto del incumplimiento de la normativa; así como medidas en favor de la investigación científica y la creación de instituciones científicas o ambientales.

Anexo II: Propuestas de reformas a la ley, en enfoque ecosistémico y principio precautorio; elaboración Garrido Pablo y Delgado Verónica en base a Garrido (2019)

TEMA	SITUACIÓN ACTUAL	PROPUESTA
Objetivo de la ley (art. 1º B).	Artículo 1º B: El objetivo de esta ley es la conservación 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 esos recursos.	El objetivo de esta ley es la conservación y el uso sustentable de los recursos hidrobiológicos, mediante la aplicación del principio precautorio y el enfoque ecosistémico en la regulación acuícola y pesquera y la salvaguarda de los ecosistemas marinos en que existan esos recursos.
Enfoque ecosistémico (art. 1º c letra c)	Artículo 1º C: En el marco de la política pesquera nacional y para la consecución del objetivo establecido en el artículo anterior, se deberá tener en consideración al momento de adoptar las medidas de conservación y administración, así como al interpretar y aplicar la ley, lo siguiente: c) Aplicar el enfoque ecosistémico para la conservación y administración de los recursos pesqueros y la protección de sus ecosistemas, entendiendo por tal un enfoque que considere la interrelación de las especies predominantes en un área determinada.	En el marco de las políticas acuícola y pesqueras nacionales y para la consecución del objetivo establecido en el artículo anterior, se deberá tener en consideración al momento de adoptar las medidas de conservación y administración, así como al interpretar y aplicar la ley y sus reglamentos, lo siguiente: C) Aplicar el enfoque ecosistémico para la conservación y administración de los recursos acuícolas y pesqueros y la protección de sus ecosistemas, entendiendo por tal aquel que intenta balancear los diversos objetivos sociales, con especial promoción de la equidad, el desarrollo sostenible y la recuperación de ecosistemas socioecológicos interconectados, tomando en consideración el conocimiento y las incertidumbres de los componentes bióticos, abióticos y humanos del ecosistema y sus interacciones y aplicando un enfoque integrado a las pesquerías dentro de límites ecológicamente significativos.
Informe técnico (art. 2º número 65).	Para los efectos de esta ley se dará a las palabras que enseguida se definen, el significado que se expresa: Acto administrativo mediante el cual el órgano competente expresa los fundamentos de orden científico, ambiental, técnico, económico y social, cuando corresponda, que recomiendan la adopción de una medida de conservación o administración u otra que establezca esta ley. Los datos e información que sustentan el informe técnico serán públicos, así como el informe técnico, el que, además, deberá estar publicado en la página de dominio electrónico de la Subsecretaría.	Para los efectos de esta ley se dará a las palabras que enseguida se definen, el significado que se expresa: Acto administrativo mediante el cual el órgano competente expresa los fundamentos de orden científico, ambiental, técnico, económico y social, cuando corresponda, que recomiendan la adopción de una medida de conservación o administración u otra que establezca esta ley. Los datos e información que sustentan el informe técnico serán públicos, así como el informe técnico, el que, además, deberá estar publicado en la página de dominio electrónico de la Subsecretaría. En la elaboración del informe se deberá atender especialmente al principio precautorio y el enfoque ecosistémico para propender a la materialización del objetivo de sustentabilidad.
Composición CNA (art. 90 B).	De un total de 19 miembros, solo uno (representante del Instituto de Fomento Pesquero) podría considerarse eminentemente técnico. El resto se divide en representantes de los trabajadores, la industria y el Gobierno	Modificar la integración de la Comisión, de modo que exista una participación considerable de la comunidad científica. Idealmente los diversos representados deben serlo de forma proporcional.
Integración Consejo Nacional de Pesca (art. 146).	De un total de 27 consejeros representantes del gobierno, la industria y los trabajadores, solo 7 pueden considerarse como especialistas. Son aquellos nominados por el Presidente de la República, con el acuerdo de los tres quintos del Senado y entre los cuales deberá nominarse, al menos, un profesional con especialidad en ecología, un profesional universitario relacionado con las ciencias del mar, un abogado y un economista. De lo anterior es claro que al menos 2 podrían estrictamente relacionarse con asuntos ambientales. A diferencia de los representantes del sector institucional, que permanecen en sus funciones mientras mantengan la titularidad de sus cargos, los miembros del Consejo, representantes de los sectores empresarial y laboral, y aquellos nominados por el Presidente de la República, durarán cuatro años en sus cargos. Es importante señalar que la información disponible en el sitio web institucional de SUBPESCA da cuenta que los referidos 7 consejeros cesaron sus funciones el 25 de julio de 2018.	Propender a la representación equitativa de los distintos sectores. Modificar la permanencia en el cargo para los representantes de los sectores empresariales, laboral, y los nominados por el Presidente de la República, estableciendo renovaciones parciales cada dos años.

TEMA	SITUACIÓN ACTUAL	PROPUESTA
Plazo para evacuar informes (art. 148)	Toda resolución del Consejo deberá ser fundada con, al menos, un informe técnico. Adicionalmente, cinco miembros tendrán derecho a aportar un segundo informe de similar calificación. El plazo máximo que tendrá el Consejo para evacuar los informes técnicos será de un mes, a contar de la fecha de requerimiento, salvo los casos en que en la presente ley se asigne un plazo distinto. Cumplidos los plazos, la Subsecretaría y el Ministerio podrán prescindir de ellos en el proceso de toma de decisiones. Los informes técnicos deberán dejar constancia de las opiniones de mayoría y de minoría, cuando sea el caso. Esta norma es criticable pues: 1.-no exige que la decisión sea fundada en el evento de prescindir del informe; 2.- no establece sanción alguna para los consejeros en el supuesto de que incurran en esta situación; y más alarmante aún es que 3.- la redacción de la norma puede permitir el absurdo de que el Consejo no cumpla con la obligación legal de emitir un informe, pero sí contar con algunos, o todos, de los que facultativamente pueden elaborar 5 consejeros. Es decir, la Subsecretaría o el Ministerio podrían no contar con el instrumento del Consejo como órgano legalmente reconocido, pero sí con el de uno de sus miembros, que como ya se vio, difícilmente será un sujeto no incumbente.	Eliminar la frase siguiente: cumplidos los plazos, la Subsecretaría y el Ministerio podrían prescindir de ellos en el proceso de toma de decisiones. (explicación) Es importante no prescindir de los informes técnicos porque el art. 2º 65) cuando lo define indica que es allí donde el órgano administrativo "expresa los fundamentos de orden científico, ambiental, técnico, económico y social, cuando corresponda, que recomiendan la adopción de alguna medida de conservación o administración u otra que establezca la ley." Expresamente la ley mandata a que en este momento se indiquen las razones científicas que justifican tal o cual decisión. De allí surge la primera crítica, y que se soluciona exigiendo sustento científico en la toma de decisiones para el evento de prescindir del informe. La falta de responsabilidad de los consejeros podría subsanarse, primero, estableciendo que el cargo sea remunerado, y luego indicando sanciones para el evento de que se incurra en el caso ya mencionado; incluso podrían establecerse supuestos de cesación en el cargo, como ya ocurre con los Comités Científicos Técnicos. Por último, la tercera crítica es abordable desde dos perspectivas. Primero, podría resultar conveniente evaluar la continuidad de esta facultad y como ello es coherente con la obligación del Consejo de emitir informes. No es claro el motivo que llevó al legislador a permitir que además del informe del Consejo, cinco consejeros puedan también presentar otro. Si se buscó reforzar la argumentación, el informe entonces debería ser "de similar sentido" y no "similar calificación". Pero en este punto, si lo que se busca es otorgar más sustento a la postura del Consejo, sería más útil que el informe no pueda ser prescindido en la toma de decisiones, junto al establecimiento de un régimen de responsabilidad de sus miembros. Determinado lo anterior, habría que indicar en el artículo que los consejeros podrán hacer uso de esa facultad solo si ya se emitió el informe técnico del Consejo, para evitar situaciones como que este no haya entregado sus fundamentos, pero los consejeros, individualmente sí. La redacción actual de la norma permite que haya espacio para actuaciones éticamente cuestionables, como que los cinco consejeros se coludan entre sí para presentar informes favorables a su posición, aun siendo representantes de estamentos distintos. En segundo lugar, si se quiere mantener la facultad a estos cinco consejeros indeterminados, sería apropiado que se indique que quienes pueden hacer uso de esa facultad sean quienes son nominados por el Presidente de la República pues entre ellos se encuentran quienes cuentan con formación relacionada; así se evita otorgar sobrerrepresentación a los trabajadores e industria, que ya cuentan con una elevada participación dentro del Consejo.
Facultad discrecional de los consejeros (art. 149 inciso tercero).	Los Consejeros podrán hacer presente a las autoridades sectoriales los hechos que a su juicio afecten las actividades pesqueras, los recursos hidrobiológicos y su medio ambiente.	Reemplazar "podrán" por "deberán". Eliminar las palabras "a su juicio" y en su lugar escribir "de acuerdo con la más reciente información científica" De un total de 27 consejeros, 7 pueden ser nominados por el Presidente y dentro de estos se exige la presencia de al menos un abogado, un economista, un profesional universitario relacionado con las ciencias del mar y un profesional con especialidad en ecología. Especialmente porque no son científicos, me parece importante acotar esta facultad discrecional.
Plazo para evacuar informes (art. 151 inciso tercero).	El plazo máximo que tendrán los Consejos Zonales de Pesca para evacuar sus respuestas, aprobaciones o informes técnicos, será de un mes a contar de la fecha de requerimiento, salvo que la ley especifique un plazo diferente. Concluidos dichos plazos, y no habiéndose pronunciado los Consejos, el Ministerio o la Subsecretaría podrán prescindir de dichas respuestas, aprobaciones o informes técnicos.	Eliminar lo que sigue al punto seguido. Ídem arriba.

TEMA	SITUACIÓN ACTUAL	PROPUESTA
Composición de los Consejos Zonales de Pesca (art.152).	En este caso, son 3, de un total de 18, los consejeros no incumbentes (2 de universidades y 1 de oenegés con fines ambientales). Al menos este último dura 4 años en su cargo, pues el mismo artículo establece que aquellos nominados por el Presidente de la República durarán ese período de tiempo en funciones; respecto a los representantes de universidades, no es claro pues los rectores "proponen" sus nominaciones al Presidente, por lo que no es Pacífico si se aplica la regla referida o aquella que dispone que, salvo quienes se encuentren en el supuesto anterior, permanecerán en funciones mientras sean titulares en sus cargos	Modificar su composición, de modo que la comunidad científica alcance una adecuada representación. Modificar el período de duración de los consejeros no incumbentes (representantes de universidades, oenegés y eventualmente miembros científicos), de modo que sus renovaciones ocurran por parcialidades.
Crea Comités Científicos Técnicos pesqueros (art. 153 inciso primero).	Créanse ocho Comités Científico-Técnicos pesqueros, como organismos asesores y,o de consulta de la Subsecretaría en las materias científicas relevantes para la administración y manejo de las pesquerías que tengan su acceso cerrado (...)	Dotar de contenido el término "relevante", de modo que deje el carácter difuso que le asiste.
Funciones de los Comités (art. 153 incisos 3 y 4).	Los Comités deberán determinar, entre otras, las siguientes materias: c) Determinación del rango dentro del cual se puede fijar la cuota global de captura, el que deberá mantener o llevar la pesquería al rendimiento máximo sostenible (...). Asimismo, además de las materias contempladas en esta ley, se podrá consultar a los Comités las siguientes materias:	Atender las recomendaciones de Naciones Unidas que, a propósito del rendimiento máximo sostenible, indican que no debe ser un punto objetivo por alcanzar sino solo el punto superior de un rango. Asimismo, además de las materias contempladas en esta ley, se deberá consultar a los Comités las siguientes materias:
Crea Comités Científicos Técnicos de Acuicultura (art. 154).	Créanse los Comités Científicos Técnicos de Acuicultura, como organismos asesores y de consulta en las materias científicas relevantes para la administración de la actividad acuícola (...)	Dotar de contenido el término "relevante", de modo que deje el carácter difuso que le asiste.

Anexo III: Lista de publicaciones actualizadas en pesca y acuicultura en Chile y la región

Aguilera, M. A., J. A. Aburto, L. Bravo, B. R. Broitman, R. A. García, C. F. Gaymer, S. Gelcich, B. A. López, V. Montecino, A. Pauchard, M. Ramos, J. A. Rutllant, C. A. Sáez, N. Valdivia & M. Thiel. Chapter 29. Chile: Environmental Status and Future. World Seas: An Environmental Evaluation. Volume I Europe, The Americas and West Africa, C. Sheppard (Ed.), Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805068-2.00046-2.

Aguilera, C. M., R. Escribano, C. A. Vargas, M. T. González (2019). Upwelling modulation of functional traits of a dominant planktonic grazer during "warm-acid" El Niño 2015 in a year-round upwelling area of Humboldt Current. PLoS ONE 14 (1): e0209823. https://doi.org/10.1371/journal. pone.0209823

Aguilera, V.M., C.A. Vargas, M.A. Lardies & M.J. Poupin (2015). Adaptive variability to low-pH river discharges in Acartia tonsa and stress responses to high PCO2 conditions. Marine Ecology. 37: 215-226.

Bacigalupe, L. D., J. D. Gaitan-Espitia, A. M. Barría, A. Gonzalez-Mendez, M. Ruiz-Aravena, M. Trinder & B. Sinervo. Natural selection on plasticity of thermal traits in a highly seasonal environment. Evolutionary Applications. *DOI: 10.1111/eva.12702*

Barría, A.M., Bacigalupe L.D., Lagos N.A., Lardies M.A. 2018. Thermal physiological traits and plasticity of metabolism are sensitive to biogeographic breaks in a rock-pool marine shrimp. Journal of Experimental Biology. *DOI: 10.1242/jeb.181008*

Benítez, S., C. Duarte, J. López, P. H. Manríquez, J. M. Navarro, C. C. Bonta, R. Torres & P. A. Quijón (2016). Ontogenetic variability in the feeding behavior of a marine amphipod in response to ocean acidification. *Marine Pollution Bulletin. DOI:org/10.1016/j. marpolbul.2016.07.016*

Benítez, S., C. Duarte, T. Opitz, N. A. Lagos, J. M. Pulgar, C. A. Vargas & M. A. Lardies (2017). Intertidal pool fish *Girella laevifrons* (Kyphosidae) shown strong physiological homeostasis but shy personality: The cost of living in hypercapnic habitats. *Marine Pollution Bulletin* 18: 57 – 63. *DOI: 10.1016/j.marpolbul.2017.02.011*

Benítez, S., N. A. Lagos, S. Osores, T. Opitz, C. Duarte, J. M. Navarro & M. A. Lardies. High pCO2 levels affect metabolic rate, but not feeding behavior and fitness of the giant mussel Choromytilus chorus farmed in southern Chile. Aquaculture Environment Interactions 10: 267-278.

Brander, K., K. Cochrane, M. Barange & D. Soto (2018). Climate Change Implications for Fisheries and Aquaculture. In: B. Phillips and M. Perez-Ramirez (Eds.). Climate Change Impacts on Fisheries and Aquaculture: Global Analysis. First Edition. John Wiley & Sons Ltd., pp 45-62.

Broitman, B. R., M. A. Aguilera, N. A. Lagos & M. A. Lardies (2018). Phenotypic plasticity at the edge: contrasting population-level responses at the overlap of the leading and rear edge of the geographic distribution of two Scurria limpets.. Journal of Biogeography. *DOI:10.1111/jbi.13406*

Broitman, B., B. Halpern, S. Gelcich, M. Lardies, C. Vargas, F. Vásquez, S. Widdicombe & S. Birchenough (2017). Dynamic Interactions among Boundaries and the Expansion of Sustainable Aquaculture. *Frontiers in Marine Science* 4: 15. *DOI: 10.3389/fmars.2017.00015*

Bueno, P. & D. Soto (2017). Adaptation strategies of the aquaculture sector to the impacts of climate change. 2017. FAO Circular 1142, 22 pp. http://www.fao.org/3/a-i6943e.pdf

Castilla, J., N. Godoy, S. Tapia, C. Donlan, J. Cinner & S. Gelcich (2017). Fishers' Perceptions On The Chilean Coastal Turf System After Two Decades: Problems, Benefits, And Emerging Needs. *Bulletin Of. Marine Science* 53(1): 53-67. *DOI: 10.5343/bms.2015.1082.*

Castillo, N.; L. M. Saavedra, C. A. Vargas, C. Gallardo-Escárate & C. Detree (2017). Ocean acidification and pathogen exposure modulate the immune response of the edible mussel *Mytilus chilensis*. *Fish and Shellfish Immunology* 70C: 149-155. *DOI: 10.1016/j.fsi.2017.08.047*

Cinner, J. E., W. N. Adger, E. H. Allison, M. L. Barnes, K. Brown, P. J. Cohen, S. Gelcich, C. C. Hicks, T. P. Hughes, J. Lau, N. A. Marshall & T. H. Morrison (2018). Building adaptive capacity to climate change in tropical coastal communities. Nature Climate Change 8: 117-123.

Cochrane, K., C. De Young, D. Soto & T. Bahri (Eds.). (2009). Climate change implications for fisheries and aquaculture: overview of current scientific knowledge. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, No 530. http://www.fao.org/3/i0994e/i0994e00.htm

Crona, B.; S. Gelcich & O. Bodin (2017). The Importance Of Interplay Between Leadership And Social Capital In Shaping Outcomes Of Rights-Based Fisheries Governance. *World Development* 91:70-83. *DOI: 10.1016/j.worlddev.2016.10.006*

Cuevas, L. A., F. J. Tapia, J. L. Iriarte, H. E. González, N. Silva & C. A. Vargas (2019). Interplay between freshwater discharge and oceanic waters modulates phytoplankton size-structure in fjords and channel systems of the Chilean Patagonia. Prog. Oceanogr. 173: 103-113.

De Silva S., & D. Soto (2009). Climate change and aquaculture: potential impacts, adaptation and mitigation. In: K. Cochrane, C. De Young, D. Soto & T. Bahri (Eds.). Climate change implications for fisheries and aquaculture: overview of current scientific knowledge. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, No. 530. Rome, FAO. pp. 151-212.

http://www.fao.org/3/i0994e/i0994e00.htm.

Díaz R., M. A. Lardies, F. J. Tapia, E. Tarifeño & C. A. Vargas. Transgenerational effects of pCO2-driven Ocean Acidification on adult mussels Mytilus chilensis modulate physiological response to multiple stressors in larvae. Frontiers in Physiology 9, 1349. *DOI: 10.3389/fphys.2018.01349*

Duarte C., J. López, S. Benítez, P. H. Manríquez, J. M. Navarro, C. C. Bonta, R. Torres & P. Quijón (2015). Ocean acidification induces changes in algal palatability and herbivore feeding behavior and performance. *Oecologia*. DOI:10.1007/s00442-015-3459-3.

Duarte C., D. Loncon, J. M. Navarro, P. Quijón, R. Torres, P. H. Manríquez, M. Lardies, C. A. Vargas & N. A. Lagos (2018). The energetic physiology of

juvenile mussels, Mytilus chilensis (Hupe): the prevalent role of salinity under current and predicted pCO2 scenarios. Environmental Pollution 242: 156 - 163

Duarte C., J. Navarro, K. Acuña, R. Torres, P. Manríquez, M. A. Lardies, C. A. Vargas, N. A. Lagos & V. Aguilera (2014). Intraspecific Variability in the Response of the Edible Mussel *Mytilus chilensis* (Hupe) to Ocean Acidification. *Estuaries and Coasts. 38:590–598*

Duarte C., J. M. Navarro, K. Acuña, R. Torres, P. H. Manríquez, M. A. Lardies, C. A. Vargas, N. A. Lagos & V. Aguilera (2013). Combined effects of temperature and ocean acidification on the juvenile individuals of the musselMytilus chilensis, Journal of Sea Research 85: 308–314.

Duarte C., J. M. Navarro, P. A. Quijón, D. Loncon, D. Torres, P. H. Manríquez, M. A. Lardies, C. A. Vargas & N. A. Lagos. The energetic physiology of juvenile mussels, Mytilius chilensis (Hupe): The prevalent role of salinity under current and predicted pCO2 scenarios. Environmental Pollution 242: 156 – 163.

Fernández J., R. Ponce, F. Vásquez, Y. Figueroa, S. Gelcich & J. Dresdner. Exploring typologies of artisanal mussel seed producers in southern Chile. Ocean and Coastal Management 158: 24-31.

Flores C. F., B. R. Broitman, D. Salazar & E. Gayó (2018). -18O of Fissurella maxima as a proxy for reconstructing Early Holocene sea surface temperatures in the coastal Atacama desert (25° S). Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 499, 22-34.

Gaitán-Espitia J., L. Bacigalupe, T. Opitz, N. Lagos, S. Osores & M. Lardies (2017). Exploring physiological plasticity and local thermal adaptation in an intertidal crab along a latitudinal cline. *Journal of Thermal Biology* 68: 14-20. *DOI: 10.1016/j.jtherbio.2017.02.011*

Gaitán-Espitia J. D., L. D. Bacigalupe, T. Opitz, N. A. Lagos, T. Timmermann & M. A. Lardies (2014). Geographic variation in thermal physiological performance of the intertidal crab *Petrolisthes violaceus* along a latitudinal gradient. *The Journal of Experimental Biology*. 217: 4379-4386.

García-Huidobro M. R., M. Aldana, C. Duarte, C. Galbán-Malagón & J. Pulgar (2017). Seawater-temperature and UV-radiation interaction modifies oxygen consumption, digestive process and growth of an intertidal fish. *Marine Environmental Research. DOI: 10.1016/j.marenvres.2017.06.013*

Gelcich S. (2014). Towards polycentric governance of small-scale fisheries: insights from the new Management Plans policy in Chile. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. 24: 575–581.

Gelcich S., P. Buckley, J. K. Pinnegar, J. Chilvers, I. Lorenzoni, G. Terry, M. Guerrero, J. C. Castilla, A. Valdebenito & C. M. Duarte (2014). Public awareness, concerns, and priorities about anthropogenic impacts on marine environments. *Proceedings of the National Academy of Sciences PNAS*. 111: (42) 15042–15047.

Gelcich S., J. Cinner, C. J. Donlan, S. Tapia-Lewin, N. Godoy & J. C. Castilla (2016). Fishers' perceptions on the chilean coastal TURF system after two decades: problems, benefits, and emerging needs. *Bulletin of Marine Science. DOI.org/10.5343/bms.2015.1082*

Gelcich S., L. Peralta, C. J. Donlan, N. Godoy, V. Ortiz, S. Tapia-Lewin, C. Vargas, A. Kein, J. C. Castilla, M. Fernández & F. Godoy (2015). Alternative strategies for scaling up marine coastal biodiversity conservation in Chile. *A Journal of the Human Environment*. DOI:10.1186/s40152-015-0022-0

Gelcich S., F. Reyes-Mendy, R. Arriagada, B. Castillo (2018). Assessing the implementation of marine ecosystem based management into national policies: Insights from agenda setting and policy responses. Marine Policy 92: 40-47.

Harvey B., D. Soto, J. Carolsfeld, M. Beveridge & D. M. Bartley (Eds.) 2017. Planning for aquaculture diversification: the importance of climate change and other drivers. FAO Technical Workshop, 23–25 June 2016, FAO, Rome. FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings No. 47. Rome, FAO. 166 pp. http://www.fao.org/3/a-i7358e.pdf

Hasan M. R. & D. Soto (2017). Improving feed conversion ratio and its impact on reducing greenhouse gas emissions in aquaculture. FAO Non-Serial Publication. Rome, FAO. 33 pp. http://www.fao.org/3/a-i7688e.pdf

Helmuth B., F. Choi, A. Matzelle, J. Torossian, S. Morello, K. A. S. Mislan, L. Yamane, D. Strickland, P. L. Szathmary, S. Gilman, A. Tockstein, T. Hilbish, M. Burrows, A. M. Power, E. Gosling, N. Mieszkowska, C. Harley, M. Nishizaki, E. Carrington, B. Menge, L. Petes, M. Foley, A. Johnson, M. Poole, M. Noble, E. Richmond, M. Robart, J. Robinson, J. Sapp, J. Sones, B. R. Broitman, M. Denny, K. Mach, L. Miller, M. O'Donnell, P. Ross, G. Hofmann, M. Zippay, C. Blanchette, J. A. Macfarlan, E. Carpizo-Ituarte, B. Ruttenberg, C. Peña Mejia, C. McQuaid, J. Lathlean, C. Monaco, K. Nicastro & G. Zardi (2016). Long-term, high frequency in situ measurements of intertidal mussel bed temperatures using biomimetic sensors. *Nature Scientific. D*ata. DOI: 10.1038/sdata.2016.87

Hurd C. L., C. E. Cornwall, S. Dupont, J. P. Gattuso, O. Hoegh-Guldberg, K. Gao & N.A. Lagos (2015). Ocean acidification: Laboratory seawater studies are justified. *Nature*. 525, 187

Iriarte J. L., L. A. Cuevas, F. Cornejo, N. Silva, H. E. González, L. Castro, P. Montero, C. A. Vargas & G. Daneri. Low spring primary production and microplankton carbon biomass in Sub-Antarctic Patagonian channels and fjords (50-53ºS). Arctic, Antarctic, and Alpine Research 50(1), e1525186. https://doi.org/10.1080/15230430.2018.1525186

Iriarte J. L., J. León-Muñoz, R. Marcé, A. Clément & C. Lara (2016). Influence of seasonal freshwater streamflow regimes on phytoplankton blooms in a Patagonian fjord. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research.* DOI:org/10.1080/00288330.2016.1220955

Jacob B. G., P. Von Dassow, J. E. Salisbury, J. M. Navarro & C. A. Vargas (2017). Impact of low pH/high *p*CO2 on the physiological response and fatty acid content in diatom *Skeletonema pseudocostatum*. *Journal of The Marine Biological Association of United Kingdom*, 97(1): 125 – 133. D*OI: 10.1017/s0025315416001570*

Jaramillo, E., D. Melnick, J. C. Baez, H. Montecino, N. A. Lagos, E. Acuña ... & P. A. Camus (2017). Calibrating coseismic coastal land-level changes during the 2014 Iquique (Mw=8.2) earthquake (northern Chile) with leveling, GPS and intertidal biota. PLoS ONE 12(3): e0174348. https://doi.org/ 10.1371/journal.pone.017434.

Lagos, N. A., S. Benítez, C. Duarte, M. A. Lardies, B. R. Broitman, C. Tapia, P. Tapia, S. Widdicombe & C. A. Vargas (2016). Effects of temperature and ocean acidification on shell characteristics of Argopecten purpuratus: implications for scallop aquaculture in an upwelling-influenced area. *Aquaculture Environment Interactions.* 8: 357–370

Lara, C., G. S. Saldías, F. J. Tapia, J. L. Iriarte & B. R. Broitman (2016). Interannual variability in temporal patterns of Chlorophyll–a and their potential influence on the supply of mussel larvae to inner waters in northern Patagonia (41–44° S). *Journal of Marine Systems.* 155: 11–18.

Lardies, M. A., M. B. Arias, M. J. Poupin, P. H. Manríquez, R. Torres, C. A. Vargas, J. M. Navarro & N. A. Lagos (2014). Differential response to ocean acidification in physiological traits of *Concholepas concholepas* populations. *Journal of Sea Research.* 90: 127–134.

Lardies, M. A., S. Benítez, S. Osores, C. Vargas, C. Duarte, K. Lohrmann & N. Lagos (2017). Physiological and histopathological impacts of increased carbon dioxide and temperature on the scallops *Argopecten purpuratus* cultured under upwelling influences in northern Chile. *Aquaculture* 479: 455-466. *DOI:10.1016/j.aquaculture.2017.06.008*

León-Muñoz, J., M. Urbina, J. Iriarte & R. Garreaud (2018). Hydroclimatic conditions trigger record harmful algal bloom in western Patagonia (summer 2016). Scientific Reports 8 (1330):1–10.

Manríquez, P. H., M. E. Jara, L. Mardones, J. M. Navarro, R. Torres, M. A. Lardies, C. A. Vargas, C. Duarte & N. A. Lagos (2014). Ocean acidification affects predator avoidance behaviour but not prey detection in the early ontogeny of a keystone species. Marine Ecology Progress Series 502: 157–167.

Manríquez, P. H., M. E. Jara, M. L. Mardones, R. Torres, N. A. Lagos, M. A. Lardies, C. A. Vargas, DUARTE C, NAVARRO JM (2014) Effects of ocean acidification on larval development and early post hatching larval traits in Concholepas concholepas (loco). Marine Ecology Progress Series 214:87-103.

Manríquez, P. H., M. E. Jara, L. Mardonez, J. M. Navarro, R. Torres, M. A. Lardies, C. A. Vargas, C. Duarte, S. Widdicombe, J. Salisbury & N. A. Lagos (2013). Ocean acidification affects prey-predator interactions but not net prey shell growth. PLOS ONE 8(7): e68643. doi:10.1371/journal.pone.0068643.

Martínez-Harms, M. J., S. Gelcich, R. M. Krug, F. J. F. Maseyk, H. Moersberger, A. Rastogi, G. Wambugu, C. B. Krug, E. M. Spehn & U. Pascual (2018). Framing natural assets for advancing sustainability research: translating different perspectives into actions. Sustainability Science 131519–1531. https://doi.org/10.1007/s11625-018-0599-5

Navarro, J., C. Duarte, P. H. Manríquez, R. Torres, C. Vargas, M. A. Lardies & N. A. Lagos (2013). Impact of medium-term exposure to elevated pCO2 levels on the physiological energetics of the mussel Mytilus chilensis.Chemosphere 90:242–1248.

Nakandakari, A., M. Caillaux, J. Zavala, S. Gelcich, F. Ghersi (2017). The Importance Of Understanding Self-Governance Efforts In Coastal Fisheries In Peru: Insights From La Islilla And Ilo. *Bulletin of Marine Science* 93(1): 199-216. D*OI: 10.5343/bms.2015.1087.*

Narváez, D. A., C. A. Vargas, A. Cuevas, S. A. García-Loyola, C. Lara, C. Segura, F. J. Tapia & B. R. Broitman. Dominant scales of subtidal variability in coastal hydrography of the Northern Chilean Patagonia. Journal of Marine Systems, Volume 193, May 2019, Pages 59-73. https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2018.12.008

Navarro, J. M., C. Duarte, P. H. Manríquez, M. A. Lardies, R. Torres, K. Acuña, C. A. Vargas & N. A. Lagos (2016). Ocean warming and elevated carbon dioxide: multiple stressor impacts on juvenile mussels from southern Chile. *Journal of Marine Science.* 73(3): 764–771.

Osores, S., G. Ruz, T. Opitz & M. A. Lardies. Discovering divergence in the thermal physiology of intertidal crabs along latitudinal gradients using an integrated approach with machine learning. Journal of Thermal Biology 78:140-150.

Osores, S., N. Lagos, V. San Martín, P. Manríquez, C. Vargas, R. Torres, J. Navarro, M. J. Poupin, G. Saldías, M. A. Lardies (2017). Plasticity and inter-population variability in physiological and life-history traits of the mussel *Mytilus chilensis*: A reciprocal transplant experiment, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 490: 1-12. *DOI: 10.1016/j.jembe.2017.02.005.*

Pérez, C. A., M. D. DeGrandpre, N. A. Lagos, G. S. Saldías, E. K. Cascales & C. A. Vargas. Influence of climate and land use in carbon biogeochemistry in lower reaches of rivers in central southern Chile: Implications for the carbonate system in river-influenced rocky shore environments. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*. DOI:10.1002/2014JG002699

Pérez, C. A., N. A. Lagos, G. S. Saldías, G. Waldbusser & C. A. Vargas (2016). Riverine discharges impact physiological traits and carbon sources for shell carbonate in the marine intertidal mussel *Perumytilus purpuratus*. *Limnology and Oceanography.* 61: 969–983.

Ponce, R. D., F. Vasquez-Lavín, V. A. San Martin, J. I. Hernández, C. A. Vargas, P. S. Gonzalez, S. Gelcich. Ocean Acidification, Consumers' Preferences, and Market Adaptation Strategies in the Mussel Aquaculture Industry. Ecological Economics, Volume 158, 2019, Pages 42-50. ISSN 0921-8009. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.12.011

Ramajo, L., E. Pérez-León, I. E. Hendriks, N. Marbà, D. Krause-Jensen, M. K. Sejr, M. E. Blicher, N. A. Lagos, Y. S. Olsen & C. M. Duarte (2016). Food supply confers calcifiers resistance to ocean acidification. *Scientific Reports, Nature.* doi:10.1093

Ramajo, L., A. B. Rodríguez-Navarro, C. M. Duarte, M. A. Lardies & N. A. Lagos (2015). Shifts in shell mineralogy and metabolism of *Concholepas concholepas* juveniles along the Chilean coast. *Marine and Freshwater Research.* http://dx.doi.org/10.1071/MF14232

Ramajo, L., N. Marbà, L. Prado, S. Perón, M. A. Lardies, A. B. Rodriguez-Navarro, C. A. Vargas, N. A. Lagos & C. S. M. Duarte (2016). Biomineralization changes with food supply confer juvenile scallops (*Argopecten purpuratus*) resistance to ocean acidification. *Global Change Biology. 22: 2025–2037.*

Ramajo, L., L. Prado, A. B. Rodríguez-Navarro, M. A. Lardies, C. M. Duarte & N. A. Lagos (2016). Plasticity and trade-offs in physiological traits of intertidal mussels subjected to freshwater-induced environmental variation. *Marine Ecology Progress Series. 553: 93–109.*

Ramajo, L., I. E. Hendriks, N. A. Lagos, D. Krause-Jensen, N. Marbà, M. Sejr & C. M. Duarte (2018). Reply to "Increased food supply mitigates ocean acidification effects on calcification but exacerbates effects on growth". Scientific Reports 8: 9799. DOI 10.1038/s41598-018-27670-0.

Ramajo, L., A. Baltanás, R. Torres, P. H. Manríquez, A. Rodríguez-Navarro & N. A. Lagos (2013). Geographic variation in shell morphology of juvenile snails (Concholepas concholepas) across the physical-chemical gradient of the Chilean coast. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. DOI: 10.1017/S0025315413000891.

Rivera, A., S. Gelcich, L. García-Florez & J. L. Acuña (2017). Heterogeneous management and conservation perceptions within the gooseneck barnacle co-management system in Asturias (N. Spain). *Marine Policy* 81: 229-235. *DOI: 10.1016/j.marpol.2017.03.020*

Rivera, A., J. Unibazo, P. León, F. Vásquez, R. Ponce, L. Mansur & S. Gelcich (2017). Stakeholder Perceptions of Enhancement Opportunities. In The Chilean Small And Medium Scale Mussel Aquaculture Industry. *Aquaculture.* 2017; 479: 423-431. *DOI: 10.1016/j.aquaculture.2017.06.015*

Saavedra, L.M., D. Parra, V. San Martin, N. A. Lagos & C. A. Vargas (2017). Local habitat influences on feeding and respiration of the intertidal mussels, *Perumytilus purpuratus exposed. Estuaries and Coasts,* 41: 1559-2723. *DOI: 10.1007/s12237-017-0333-z*

San Martín, V. A., S. Gelcich, F. Vásquez-Lavin, R. D. Ponce, J. I. Hernández, N. A. Lagos, S. N. R. Birchenough & C. A. Vargas (2019). Linking social preferences and ocean acidification impacts in mussel aquaculture. Nature Scientific Reports 9: 4719. https://doi.org/10.1038/s41598-019-41104-5

Saldías, G. S., M. Sobarzo & R. Quiñones. Freshwater structure and its seasonal variability off western Patagonia. Progress in Oceanography https://doi.org/10.1016/j.pocean.2018.10.014

Silva, C., F. Leiva & J. Lastra (2018). Predicting the current and future suitable habitat distributions of the anchovy (Engraulis ringens) using the Maxent model in the coastal areas off central-northern Chile. Fisheries Oceanography, DOI: 10.1111/fog.12400

Silva, C., I. Andrade, E. Yáñez, S. Hormazábal, M. A. Barbieri, A. Aranís & G. Böhm (2016). Predicting habitat suitability and geographic distribution of anchovy (Engraulis ringens) due to climate change in the coastal areas off Chile. Progress in Oceanography 146:159-174.

Silva, C., E. Yáñez, N. Lagos, F. Labra, L. Ramajo, F. Sánchez & M. E. Gallardo (2016). Identificación, caracterización y vulnerabilidad al cambio climático de hábitat esenciales asociados a recursos hidrobiológicos en Chile. Informe Final Proyecto FIP Nº 2014-25, 607 páginas.

Silva, C., E. Yáñez, M. A. Barbieri, C. Bernal & A. Aranis (2015). Forecasts of swordfish (Xiphias gladius) and common sardine (Strangomera bentincki) off Chile under the A2 IPCC climate change scenario. Progress in Oceanography, 134: 343–355.

Sorice, M. G., C. J. Donlan, K. J. Boyle, W. Xu, S. Gelcich (2018). Scaling participation in payments for ecosystem services programs. PLoS ONE 13 (3), e0192211-e0192211.

Soto, D. & R. Quiñones (2013). Cambio climático, pesca y acuicultura en américa latina (LA): Potenciales impactos y desafíos para la adaptación. Taller FAO/Centro de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Suroriental (COPAS), Universidad de Concepción, Concepción, Chile. FAO, Actas de Pesca y Acuicultura. No. 29. Roma, FAO. 2013. 335 pp.

Soto, D., L. G. Ross, N. Handisyde, P. Bueno, M. C. M. Beveridge., L. Dabbadie, J. Aguilar-Manjarrez, J. Cai & T. Pongthanapanich (2018). Chapter 21: Climate change and aquaculture: vulnerability and adaptation options. In: Barange, M., Bahri, T., Beveridge, M.C.M., Cochrane, K.L., Funge-Smith, S. & Poulain, F. (Eds.). Impacts of climate change on fisheries and aquaculture: synthesis of current knowledge, adaptationand mitigation options. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 627, Rome, FAO, pp 465-490. https://agritrop.cirad.fr/588314/1/ID588314.pdf

Soto, D., J. León-Muñoz, J. Dresdner, C. Luengo, F. Tapia & R. Garreaud (2019). Salmon farming vulnerability to climate change in southern Chile: understanding the biophysical socio economic and governance links. Reviews in Aquaculture 20: 1-21.

Steckbauer, A., L. Ramajo, I. E. Hendriks, M. Fernández, N. A. Lagos, L. Prado & C. M. Duarte (2015). Synergistic effects of hypoxia and increasing CO_2 on benthic invertebrates of the central Chilean coast. *Frontiers in Marine Science*. DOI: 10.3389/fmars.2015.00049

Tam, J., K. M. A. Chan, T. Satterfield, G. G. Singh & S. Gelcich (2018). Gone fishing? Intergenerational cultural shifts can undermine common property co-managed fisheries. Marine Policy 90: 1-5.

Thiault, L., P. Marshall, S. Gelcich, A. Collin, F. Chlous & J. Claudet (2018). Mapping social-ecological vulnerability to inform local decision making. Conservation Biology 32(2): 447-456.

Thiault, L., P. Marshall, S. Gelcich, A. Collin, F. Chlous & J. Claudet (2018). Space and time matter in social-ecological vulnerability assessments. Marine Policy 88:213-221.

Thompson-Saud, G., S. Gelcich & J. Barraza (2018). Marine environmental issues in the mass media: Insights from television, newspaper and internet searches in Chile. Ocean and Coastal Management 165: 154–160. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.08.015

Torres, R., P. H. Manríquez, C. Duarte, J. M. Navarro, N. A. Lagos, C. A. Vargas & M. A. Lardies (2013). Eva-

luation of a semi-automatic system for long-term seawater carbonate chemistry manipulation. Revista Chilena de Historia Natural 86: 443-451.

Vargas, C. A., P. Y. Contreras, C. A. Pérez, M. Sobarzo, G. S. Saldías & J. Salisbury (2016). Influences of riverine and upwelling waters on the coastal carbonate system off Central Chile and their ocean acidification implications. Journal of Geophysical Research: Biogeosciences. DOI: 10.1002/2015JG003213

Vargas, C. A.; N. A. Lagos, M. A. Lardies, C. Duarte, P. Manríquez, V. Aguilera, B. Broitman, S. Widdicombe & S. Dupont (2017). Species specific responses to ocean acidification should account for local adaptation and adaptive plasticity. *Nature Ecology & Evolution*1, 13; 1(4):84. *DOI: 10.1038/s41559-017-0084*

Vargas, C. A., L. A. Cuevas, N. Silva, H. E. González, R. De Pol-Holz & D. A. Narváez (2018). Influence of Glacier Melting and River Discharges on the Nutrient Distribution and DIC Recycling in the Southern Chilean Patagonia. Journal of Geophysical Research, Biogeosciences. DOI: 10.1002/2017JG003907

Vargas, C. A., V. M. Aguilera, V. San Martín, P. H. Manríquez, J. M. Navarro, C. Duarte, R. Torres, M. A. Lardies & N. A. Lagos (2014). CO2-Driven Ocean Acidification Disrupts the Filter Feeding Behavior in Chilean Gastropod and Bivalve Species from Different Geographic Localities. *Estuaries and Coasts*. 38: (4) 1163–1177.

Vargas, C. A., M. De la Hoz, V. Aguilera, V. San Martín, N. A. Lagos, P. H. Manríquez, J. M. Navarro, R. Torres-Saavedra & M. A. Lardies (2013). CO2-driven ocean acidification may radically impact feeding behavior of larval invertebrates: The case of the gastropod Concholepas concholepas. Aquatic Biology 35(5): 1059–1068.

Virapat, C., S. Wilkinson & D. Soto (2017). Developing an Environmental Monitoring System to Strengthen Fisheries and Aquaculture Resilience and Improve Early Warning in the Lower Mekong Basin. Bangkok, Thailand. 25–27 March 2015, FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings No. 45. Rome, Italy. http://www.fao.org/3/a-i6641e.pdf

Yáñez, E., N. Lagos, R. Norambuena, C. Silva, J. Letelier, K. P. Muck, G. San Martín, S. Benítez, B. Broitman, H. Contreras, C. Duarte, S. Gelcich, F. Labra, M. Lardies, P. Manríquez, P. Quijón, L. Ramajo, E. González, R. Molina, A. Gómez, L. Soto, A. Montecino, M. A. Barbieri, F. Plaza, F. Sánchez, A. Aranis, C. Bernal & G. Böhm (2018). Impacts of climate change on marine fisheries and aquaculture in Chile. In: Phillips Bruce & Mónica Pérez (Eds.). The Impacts of Climate Change on Fisheries and Aquaculture. Editorial Wiley, Volume 1, Chapter 10, pp. 239-332.

Yáñez, E., F. Plaza, F. Sánchez, C. Silva, M. A. Barbieri & G. Bohm (2017). Modelling climate change impacts on anchovy and sardine landings in northern Chile using ANNs. Lat. Am. J. Aquat. Res., 45(4): 675-689.

Yáñez, E., F. Plaza, C. Silva, F. Sánchez, M. A. Barbieri & A. Aranis (2016). Pelagic resources landings in central-southern Chile under the A2 climate change scenario. Ocean Dynamics, Volume 66, Issue 10: 1333–1351.

Yáñez, E., M. A. Barbieri, F. Plaza & C. Silva (2014). Climate Change and Fisheries in Chile. In: Mohamed Behnassi, Margaret Syomiti Muteng'e, Gopichandran Ramachandran & Kirit N. Shelat (Editors). Vulnerability of Agriculture, Water and Fisheries to Climate Change: Toward Sustainable Adaptation Strategies, Springer, Chapter 16, 259-270.

Yáñez, E., C. Silva, M. A. Barbieri, L. Soto, G. San Martín, P. Muck, J. Letelier, F. Sánchez, G. Böhm, A. Aranis, A. Parés & F. Plaza (2016). Sistema de pronósticos de pesquerías pelágicas chilenas frente a diversos escenarios del cambio climático. Informe Final Proyecto FONDEF D11I1137, CONICYT, 46 pp. + Anexos.

Yévenes, M. A., N. A. Lagos, L. Farías & C. A. Vargas (2019). Greenhouse gases, nutrients and the carbonate system in the Reloncaví Fjord (Northern Chilean Patagonia): Implications on aquaculture of the mussel, Mytilus chilensis, during an episodic volcanic eruption. Science of the Total Environment 669: 49–61.

Anexo IV: Serie de las variables y procesos atmosféricos, marítimos y morfológicos en la zona costera que están afectas al cambio climático

(EXTRAÍDO DE WINCKLER, CONTRERAS-LÓPEZ & CASTILLA).

Sistema	Amenazas		Vulnerabilidad		Riesgo	Impacto
	No climáticas	Climática	Tipo	Indicador	Indicador	
Sistemas humanos y naturales	Geológicos Cambios uso de suelo Contaminación	Marejadas Nivel del mar	Operacional Estructural	Ubicación respecto de superficie inundada	No se analiza por la gran cantidad y complejidad de entidades del inventario de exposición	Inundación genera trastornos operacionales y daño estructural
Humedales	Geológicos Cambios uso de suelo Especies invasoras Contaminación	Marejadas Nivel del mar Caudales	Funcional Ecológica	Cambios históricos en área del espejo de agua	Cambios en sobrepaso de oleaje y caudales aportantes	Cambios en salinidad generan impactos en la biología del humedal
Playas	Geológicos Cambios uso de suelo	Marejadas Nivel del mar	Estructural	Cambios históricos en superficie de playas	Cambios en superficie e impacto económico	Pérdida de playas genera impacto económico
Puertos	Geológicos	Marejadas	Operacional	Cierres de puerto históricos	Downtime e impacto económico	Cierres de puertos genera impacto económico en la cadena logística
Caletas	Geológicos Sobre explotación	Marejadas	Operacional	Cierres de puerto históricos	Downtime e impacto económico	Cierres de puertos genera impacto económico por merma en desembarques

Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación
Gobierno de Chile

TIME FOR ACTION
COP25
CHILE
2019

COMITÉ CIENTÍFICO DE CAMBIO CLIMÁTICO