

Santiago, 13 de febrero de 2024.

ANT.: Resolución Exenta N° 528 de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. Adjunta Antecedentes técnicos, científicos, ambientales, sociales y/o económicos para la adecuada elaboración del anteproyecto del plan sectorial de adaptación al cambio climático de pesca y acuicultura.

Señor
Julio Salas Gutierrez
Subsecretario de Pesca y Acuicultura
Presente

De nuestra consideración:

En relación a la Resolución citada en el antecedente, mediante la cual se da inicio a la elaboración del anteproyecto del plan sectorial de adaptación al cambio climático de pesca y acuicultura, publicada en el Diario Oficial de fecha 16 de enero de 2024, en nombre y representación del Consejo del Salmón A.G., adjunto los aportes solicitados por esa Subsecretaría que este gremio estima relevantes para la elaboración del citado anteproyecto.

Sin otro particular se despide atentamente,



Loreto Seguel King
Directora Ejecutiva
Asociación Gremial Consejo del Salmón A.G.

ANTECEDENTES TECNICOS, CIENTIFICOS, AMBIENTALES, SOCIALES Y/O ECONÓMICOS QUE PROPONE EL CONSEJO DEL SALMÓN PARA LA ADECUADA ELABORACIÓN DEL ANTEPROYECTO DEL PLAN SECTORIAL DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO DE PESCA Y ACUICULTURA

I. SINTESIS

- a. El sector salmonicultor es de especial relevancia en la economía a nivel nacional y, en especial de la macrozona Sur-austral. El año 2022 representó un 16,3% del total de exportaciones de bienes distintos del cobre, equivalentes a más de 6,6 mil millones USD y actualmente genera empleo a más de 70.000 personas.
- b. La salmonicultura corresponde a una de las industrias de alimentos con menor huella de carbono a nivel mundial. Además, posee una menor huella de carbono, uso de agua y una mayor eficiencia alimentaria que la mayor parte de las otras fuentes de proteína de origen animal.
- c. El sector es especialmente vulnerable al cambio climático, teniendo como principales amenazas potenciales aumentos en la frecuencia de eventos FAN (Floraciones Algaes Nocivas), las condiciones sub-óptimas de producción para los peces, el aumento de eventos de bajas de oxígeno, el aumento del impacto de la caligidosis y de patologías de etiología bacteriana. Adicionalmente, el cambio climático puede generar un escenario de mayor cantidad de marejadas, afectando estructuralmente a los centros de cultivo y puede afectar a los centros estuarinos a través del aumento de su salinidad, entre otros.
- d. La adopción de iniciativas por parte de la autoridad no es algo nuevo. En este sentido, se desarrolló un primer Plan de Acción Nacional de Cambio Climático para el período 2008-2012, el cual generó el compromiso de elaboración de un Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, lo cual se concreta el año 2014. Adicionalmente se compromete la generación de Planes sectoriales de Adaptación, publicando el 2015 el primer Plan para el sector Pesca y Acuicultura. Este Plan contempla 5 objetivos específicos y 29 medidas, las cuales están principalmente orientadas a pesca y acuicultura a pequeña escala, siendo pocos elementos aplicables a la industria salmonicultora.
- e. De forma de regular la institucionalidad en Chile respecto al cambio climático, el año 2022 se publica la Ley Marco del Cambio Climático, la cual considera dentro de sus estrategias, la elaboración de Planes Sectoriales de Adaptación, razón por la cual se comienza con el proceso de una nueva versión del Plan Sectorial de Pesca y Acuicultura, lo que se formaliza a través de la Res. Ex. N° 528 de 2024, que establece un plazo de 20 días hábiles para la recepción de antecedentes sobre los contenidos del Plan Sectorial y a la vez un período de 2 años para la elaboración del documento.
- f. Es fundamental considerar que los Planes de Adaptación tienen por objeto abarcar a los sectores con mayor vulnerabilidad al cambio climático, de forma de poder ajustarse al nuevo escenario y velar por su resiliencia desde el punto de vista climático.
- g. La ley Marco también establece un principio de transversalidad, por lo cual debe asegurarse la participación de la industria y, en especial, los gremios como el Consejo del Salmón, tanto en esta primera etapa como en el proceso de 2 años de elaboración del Plan Sectorial.
- h. La industria actualmente toma medidas voluntarias en el contexto de adaptación al cambio climático, donde entre otras se consideran acciones frente a FAN (Ej., monitoreo constante del plancton, uso de cortinas de burbujas), a caligus (uso de faldones, luces profundas, alimentación profunda), a bajas de oxígeno (suplemento de oxígeno), entre otros.
- i. Existen experiencias internacionales respecto a los planes de adaptación aplicables a la salmonicultura, donde hay puntos clave tener en consideración para este proceso a nivel nacional; la participación constante y activa de los stakeholders (incluyendo industria y academia), la elaboración

- de planes que se adapten a necesidades y vulnerabilidades de zonas geográficas específicas y la flexibilidad normativa suficiente para la adopción de medidas.
- j. La primera recomendación a considerar, consiste en asegurar la participación del Consejo en todas las etapas del proceso, en el marco del principio de transversalidad de la Ley. Es mandato de la Ley y ejemplo de iniciativas internacionales, el involucramiento de los distintos stakeholders desde el inicio, lo cual debe asegurarse durante todo el proceso de elaboración del Plan Sectorial, considerando a los distintos actores del sector público, el sector privado y la academia.
 - k. La segunda recomendación a considerar, corresponde a la incorporación de forma efectiva a la salmonicultura en el nuevo Plan. El PACCPA publicado el año 2015 estuvo mucho más enfocado en pesca y acuicultura a pequeña escala. Es necesario que esta nueva versión considere a la industria salmonicultora y la nueva información disponible. Existen ejemplos aplicados a nivel internacional que podrían ser de utilidad para este proceso dado que en el proceso anterior las medidas aplicables consideradas fueron mínimas.
 - l. La tercera recomendación a considerar, consiste en considerar las acciones de adaptación que actualmente realiza la industria como parte del Plan, entendiendo que estas van en línea con las principales problemáticas relacionadas con el cambio climático y sus efectos en la salmonicultura.
 - m. La cuarta recomendación, corresponde a considerar la flexibilidad normativa para escenarios de emergencia como una temática a abordar en el proceso. Entendiendo que el cambio climático genera escenarios especialmente adversos para la salmonicultura, que a pesar de los esfuerzos de la industria podrían estar fuera de su control, se requiere que para el nuevo Plan Sectorial se considere establecer flexibilidad normativa frente a escenarios determinados descritos en la literatura. Un ejemplo de ello es el manejo y disposición de mortalidades masivas ante eventos FAN de gran magnitud (por ejemplo el evento FAN 2016), así como la consideración de flexibilizar Programas Sanitarios Específicos de enfermedades que pudiesen aumentar su prevalencia como efecto del cambio climático (SRS-caligus), así como la participación activa en una gobernanza futura para el seguimiento y evaluación de la versión del PSEVC-caligidosis publicada el 2022 y de la nueva versión del PSEVC-SRS por publicar.
 - n. La quinta recomendación a considerar, consiste fomentar y apoyar líneas de investigación que aborden los efectos del cambio climático sobre la acuicultura, considerando pero no limitándose a: efectos del cambio climático sobre las principales enfermedades que afectan la salmonicultura y herramientas preventivas sobre estas patologías; evaluación y optimización de las metodologías existentes para mitigar los efectos de las FAN y de las bajas de oxígeno; evaluación y optimización de métodos físicos para la prevención y control de caligus; efectos del cambio climático sobre la salmonicultura y vulnerabilidad de áreas geográficas específicas de la macrozona Sur-Austral; modelamiento de efectos del cambio climático en áreas geográficas específicas; análisis costo-beneficio de las medidas de adaptación al cambio climático; revisión y evaluación de la normativa sectorial respecto a los efectos del cambio climático; entre otros.

II. REQUERIMIENTO

1. El día 16 de enero de 2024, se ha publicado la Resolución N° 528 de 2024, de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA). Esta resolución tiene por objeto iniciar la elaboración del anteproyecto del Plan Sectorial de Adaptación al Cambio Climático, de acuerdo al mandato de la Ley Marco de Cambio Climático (Ley 21.455 de 2022). Dicha ley, establece que los Planes de Adaptación tienen por objeto determinar el conjunto de acciones y medidas para lograr adaptar al cambio climático las actividades de aquellos sectores con mayor vulnerabilidad y aumentar su resiliencia climática, siendo la pesca y acuicultura una de ellas y razón por la cual designa a la SUBPESCA como encargada de la elaboración de un Plan específico para el sector.

En este contexto, se fija un plazo de 20 días hábiles para la recepción de antecedentes sobre los contenidos del Plan Sectorial, plazo en el que se podrán presentar antecedentes técnicos, científicos, ambientales, sociales y/o económicos que se estimen relevantes para la adecuada elaboración del instrumento. Dados estos antecedentes, el Consejo del Salmón elabora un análisis y la propuesta de antecedentes a aportar a la autoridad.

III. ANTECEDENTES

En 2022, el sector salmonicultor se situó como el primer producto individual de exportación del país. En dicho año, la industria del salmón representó un 16,3% del total de exportaciones de bienes distintos del cobre, equivalentes a más de 6,6 mil millones USD y superando el conjunto de productos de la industria frutícola en un 11%, así como en un 45% y 71% a las exportaciones de la industria celulosa y vino, respectivamente. La salmonicultura contribuye directamente al 0,9% del PIB nacional y al 17,6% del PIB de las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes (Consejo del Salmón A.G., 2023; Salmonchile A.G., 2023).

Las cosechas de salmónidos a nivel nacional han representado una tendencia constante al alza, aumentando desde aproximadamente 340.000 toneladas el año 2.000 a más de un millón de toneladas el año 2020 (SERNAPESCA, 2023). Lo anterior representa una fuerza laboral de alrededor de 71.000 trabajadores entre empresas productoras y proveedores en la zona Sur-Austral de Chile (Salmonchile A.G., 2023), convirtiendo a la salmonicultura en un elemento clave para el país no tan solo en términos de ingresos por exportación del producto, sino que también como fuente de empleo para decenas de miles de personas.

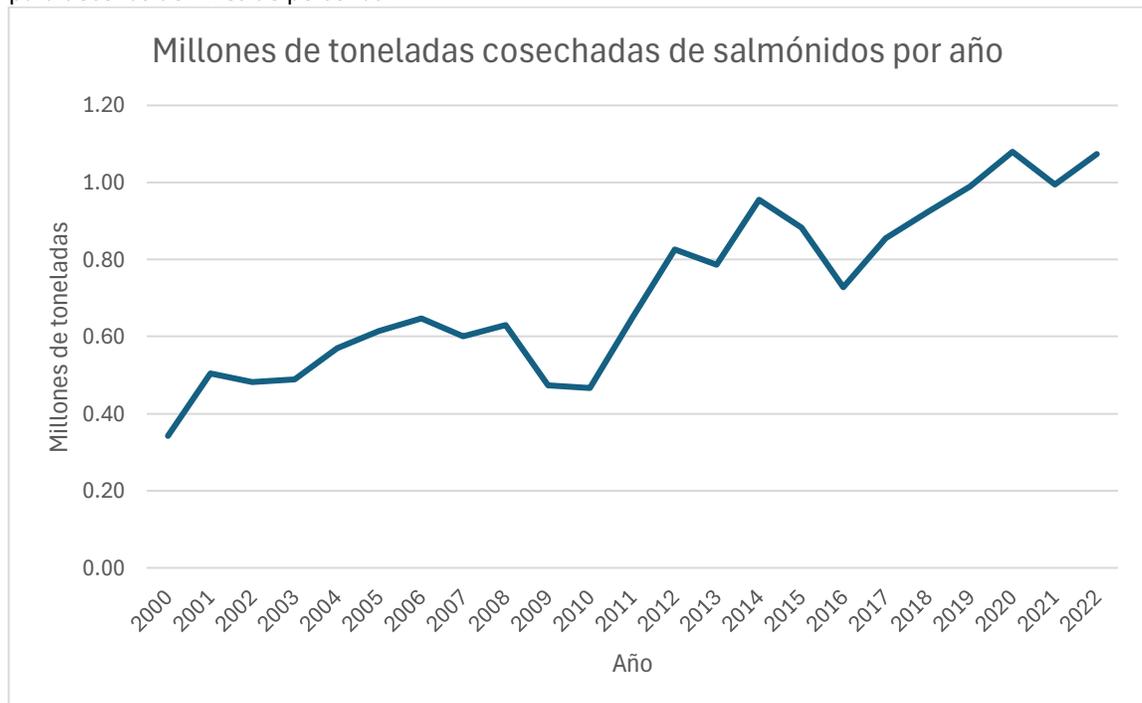


Figura 1. Toneladas cosechadas anuales de salmónidos a nivel nacional. Tendencia desde el año 2000 al 2022. Elaboración CERES BCA en base a datos del Anuario Estadísticos de SERNAPESCA.

Adicionalmente, el salmón cuenta con diversas características que favorecen su consumo y producción sostenible. Entre sus ventajas comparativas con otras proteínas de origen animal está su menor huella de carbono (0,6 Kg COeq/ porción comestible versus 0,9 en pollos, 1,3 en cerdos y 5,8 en vacuno), el uso de agua más bajo (2.000 Lts/Kg de carne comestible versus 4.300 en pollos, 6.000

en cerdos y 15.400 en vacuno) y su mayor eficiencia alimentaria (1,2-1,5 Kg de alimento para aumentar el peso del animal en 1kg, 1,7-2,0 en pollos, 2,7-5,0 en cerdos y 6,0-10,0 en vacuno), a lo que se suma el creciente uso de tecnología e innovación por parte de las empresas para mejorar los procesos de producción (Consejo del Salmón A.G. 2022).

Este importante sector productivo a nivel nacional si bien es altamente tecnificado y corresponde a una de las industrias de alimentos con menor huella de carbono a nivel mundial (UNDP & Climate Change Adaptation, 2020), no está libre de amenazas, siendo el cambio climático una de las principales, dados los efectos que puede generar en los cuerpos de agua donde se desarrolla la actividad. Sin embargo, el cambio climático tiene un gran efecto negativo en los ecosistemas acuáticos. Es por esto que el cambio climático es motivo de preocupación tanto para el sector público como el privado, llevando al desarrollo de distintas iniciativas por ambas partes.

3.1. Efectos del cambio climático sobre la acuicultura

La acuicultura se puede ver afectada de distintas maneras producto del cambio climático. Algunos ejemplos de impactos negativos a corto plazo incluyen la pérdida de producción o infraestructura debido a eventos extremos (marejadas), FAN (Floraciones Algales Nocivas) y 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. Adicionalmente, los incrementos de temperatura y salinidad afectan negativamente la salmonicultura puesto que el incremento de ambas variables facilita la reducción del O₂ y hace más propicia la presencia y expansión de parásitos como caligus y amebiasis (Farías *et al.*, 2019).

Por su parte el grupo de Soto *et al.*, 2019, señala que, entendiendo que el rango de temperatura óptimo para el salmón del Atlántico es entre 13 a 17°C, el aumento de la temperatura del mar podría afectar el rendimiento en condiciones de cultivo. Agrega que La salmonicultura, como industria con alta integración tecnológica, podría reaccionar a cambios a mediano y largo plazo, pero puede no estar preparada para enfrentar cambios repentinos o temporales en parámetros como la temperatura de la superficie, salinidad o estratificación cerca de la superficie. Estos últimos, por ejemplo, pueden desencadenar eventos FAN o gatillar eventos de hipoxia que causan mortalidad directa o producen condiciones que deterioran el rendimiento y la salud de los peces de cultivo.

La temperatura también es un componente crítico que tiene un impacto significativo en el ciclo reproductivo de los peces, ya que sus glándulas endocrinas son estimuladas por la temperatura, la lluvia y el fotoperíodo, lo que ayuda en la maduración de sus gónadas (Abisha *et al.*, 2022), así como también posee efectos sobre la aptitud aeróbica, la demanda de oxígeno, la tolerancia a la hipoxia, el desempeño reproductivo, la tasa de crecimiento, la maduración, la nutrición y la alimentación, la partición de energía, la respuesta inmune, la proliferación de enfermedades, el desempeño estacional, la estratificación del estanque y el nivel de oxígeno disuelto (Reid *et al.*, 2019).

En general, la temperatura superficial promedio del mar ha ido aumentando aproximadamente en 0,5 °C cada decenio en la costa de Chile, así se espera que este parámetro aumente consecuentemente 0,5 °C entre el periodo 2011-2030, y de 3 a 4 °C en periodo 2046-2065, con efectos variados y con gran incidencia en la acuicultura chilena, siendo uno de los principales la disminución de la capacidad de disolución de oxígeno en los cuerpos de agua, lo que aumenta el riesgo de generar mayor mortalidad debido a condiciones de hipoxia o anoxia. Dicha alteración de los ecosistemas pudiese, además, modificar las zonas aptas para el cultivo de determinadas especies, lo que implica la posible movilización de los centros de cultivo para mantener los rendimientos actuales de producción e inclusive el cierre de estos por no disponibilidad de zonas aptas para el cultivo rentable de una especie determinada (Gonzales *et al.*, 2013).

Otra de las consecuencias del aumento de temperatura del mar, corresponde a su expansión térmica y con ello un aumento de su nivel. Si bien es posible que el cambio en el nivel del mar no tenga efectos directos sobre los recursos cultivados, si se pueden generar efectos directos sobre los centros y su localización; es posible que determinados cultivos que son sometidos a profundidades determinadas pudiesen ser forzados a cambiar de localización, o en casos menos extremos a modificaciones en su

infraestructura incluyendo las instalaciones de operaciones o en los sistemas de cultivo como tal. Otro posible impacto en los centros de cultivo al aumentar los niveles del mar es el posible cambio que generaría en las salinidades de los sistemas estuarinos, lo cual pudiese en cierta forma influir de manera negativa en los rendimientos mortalidades de los individuos. Adicionalmente a lo anterior, es también factible que dicho efecto pueda favorecer la manifestación de plagas y/o enfermedades relevantes en el centro de cultivo (Gonzales *et al.*, 2013).

Desde el punto de vista sanitario, como regla general, a medida que aumenta la temperatura, el tiempo de generación de bacterias disminuye, por lo que en regímenes de temperatura más altos se predice que la mayoría de las infecciones bacterianas progresarán más rápido una vez que el huésped esté infectado; sin embargo, suponiendo que el animal no ha superado su temperatura óptima, el sistema inmunológico del pez funcionará con mayor eficacia y podrá superar la infección. *Aeromonas salmonicida* y renibacteriosis (BKD) con enfermedades que tienden a aparecer en regímenes de temperatura creciente y durante los meses de verano. Si el ambiente se calienta 2°C, entonces es posible que enfermedades como éstas ocurran antes en el año (ya que la primavera será más cálida y más temprana), aumentando el período que se encuentren en circulación y, por tanto, el riesgo infeccioso y la presión de estos patógenos en el medio ambiente. Las condiciones más cálidas también pueden favorecer infecciones bacterianas actualmente raras, como *Mycobacterium marinum* y *M. chelonae*, permitiendo que estos patógenos extiendan su área de distribución más al norte (Yáñez *et al.*, 2017).

A continuación, se resumen los principales efectos del cambio climático sobre la acuicultura de salmones, adaptado del trabajo del grupo de Yáñez *et al.*, 2018:

Tabla 1. Potenciales efectos del cambio climático sobre la producción salmonicultora.

Cambio esperado	Amenaza	En el salmón	Productivo y operacional	Socioeconómico	
Aumento en la temperatura superficial del mar	Aumento en la frecuencia de FAN productoras de toxinas con potencial daño a los peces y a los seres humanos	Aumento de mortalidad por obstrucción branquial	Disminución de la producción y productividad	Disminución de ganancias y de empleos	
	Disminución del oxígeno disuelto	Aumento de mortalidad por hipoxia/anoxia	Aumento de medidas para oxigenación del agua	Reinversiones	
	Perturbación de ecosistemas locales	Reducción del crecimiento por estrés	Aumento de tratamientos		
	Aumento en la ocurrencia de brotes de plagas y enfermedades		Reubicación de centros de cultivo		
	Disminución en la capacidad de ventilación del ecosistema	Disminución de la capacidad de ventilación del ecosistema	Aumento de la mortalidad por anoxia	Cierre de centros de cultivo	
				Aumento de medidas para oxigenación del agua	Disminución de ganancias y de empleos
				Aumento de medidas de mantenimiento para la eliminación de residuos	
Disminución de la producción y productividad					
Disminución de los recursos para la alimentación de peces	NA		Cierre de centros de cultivo	Aumento de los costos de alimentación	
Condiciones climáticas desfavorables	NA		Pérdida de días operativos	Disminución de ganancias y de empleos	
Aumento del nivel del mar	Pérdida de sitios disponibles para la acuicultura	NA	Relocalización de centros de cultivo	Disminución de ganancias y de empleos	
			Cierre de centros de cultivo	Reinversiones	
	Incremento de inundaciones en centros productivos en tierra	Brotes de nuevos parásitos y enfermedades		Aumento de medidas preventivas ante inundaciones	Disminución de ganancias y de empleos
			Aumento de tratamientos		

	Aumento de salinidad en aguas continentales	Reducción del crecimiento de los alevines debido al estrés	Aumento en los tratamientos de agua para su uso	Disminución de ganancias y de empleos Reinversiones
Aumento en la frecuencia y/o intensidad de tormentas	Aumento de tamaño de olas	NA	Aumento de resistencia de las estructuras	Aumento de inversión
	Aumento de marejadas			
	Incremento de inundaciones en centros productivos	Posible entrada de enfermedades y parásitos	Aumento de medidas preventivas ante inundaciones	Disminución de ganancias
	Cambios en salinidad	Reducción del crecimiento por estrés	Aumento de medidas preventivas ante inundaciones	Disminución de ganancias y de empleos
	Aumento en la ocurrencia de brotes de plagas y enfermedades			
	Daños estructurales	Posible pérdida de ejemplares	Reubicación de centros de cultivo	
			Cierre de centros de cultivo	

3.2. Antecedentes del sector público.

El año 2008 la entonces Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) publica el “Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2008-2012” (PANCC), el cual, de acuerdo con lo señalado por Yáñez *et al.*, 2018, establece una serie de objetivos de política pública para diferentes entidades públicas con deberes y responsabilidades en materia de cambio climático. El Plan sirve también de guía para la industria, el sector académico y organizaciones no gubernamentales (ONG), planteando los temas que la sociedad chilena en su conjunto debe abordar para enfrentar los impactos del cambio climático. El PANCC contempla tres líneas de acción prioritarias: adaptación, mitigación y generación de capacidades. En el ámbito de la adaptación, se estableció el compromiso de elaborar un Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC), el cual fue publicado en 2014, y una serie de planes sectoriales enfocados en los sectores de mayor vulnerabilidad al cambio climático, considerando entre ellos un Plan de Adaptación al Cambio Climático para el sector Pesca y Acuicultura (SUBPESCA, 2015).

En este contexto, es fundamental comprender el concepto de “adaptación”, respecto a lo cual el PNACC 2014 señala que, *“si bien es fundamental seguir tratando de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, la mitigación por sí sola no es suficiente y no se percibirán sus efectos en la estabilización de emisiones, antes de la segunda mitad del siglo XXI. El calentamiento del planeta ya está en marcha y es urgente contar con estrategias de adaptación”*, respecto a lo cual, cita al Intergovernmental Panel on Climate Change para definirla como *“Un proceso de ajustes al clima y sus efectos actuales o esperados. En sistemas humanos, la adaptación busca moderar o evitar impactos negativos o aprovechar los efectos beneficiosos. En algunos sistemas naturales, intervenciones del hombre podrían facilitar los ajustes al clima y sus efectos esperados”*.

Entonces, entendiendo que la pesca y acuicultura corresponden a un sector de alta vulnerabilidad y que por tanto requieren de una estrategia para ajustar sus actividades a efectos actuales y futuros del cambio climático, y de forma de dar cumplimiento a lo establecido en el PNACC, la SUBPESCA publica el primer Plan de Adaptación al Cambio Climático para Pesca y Acuicultura (PACCPA) el año 2015. La elaboración de este Plan fue mandatada por el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) y coordinada por su Departamento de Cambio Climático, pasando por consulta ciudadana previo a su publicación. Este Plan señala que su objetivo general corresponde a “fortalecer la capacidad de adaptación del sector Pesca y Acuicultura a los desafíos y oportunidades del cambio climático, considerando un enfoque precautorio y ecosistémico”, para lo cual considera 29 medidas o acciones de adaptación, enmarcadas en 5 objetivos específicos y que se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 2. Objetivos específicos y medidas asociadas al PACCPA.

Objetivo específico	Medidas asociadas
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, que hacen uso de los recursos hidrobiológicos y del sector en general	Apoyar la implementación de Planes de manejo en pesquerías locales, nacionales y regionales.
	Fortalecer el programa de observadores científicos a bordo de las flotas pesqueras nacionales
	Fortalecer el Programa de Reducción del Descarte y la Pesca incidental en las pesquerías nacionales
	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
	Guía para la certificación de pesquerías
Desarrollar la investigación necesaria para mejorar el conocimiento sobre el impacto y escenarios de cambio climático sobre las	Red nacional de monitoreo y análisis de biodiversidad marina y de agua continentales
	Modelos de pronósticos de pesquerías pelágicas chilenas frente a diversos escenarios del cambio climático

condiciones y servicios ecosistémicos en los cuales se sustenta la actividad de la pesca y de la acuicultura	Estudios oceanográficos de biodiversidad marina
	Programa de prevención, control y/o erradicación de especies exóticas invasoras
	Determinación de las Áreas Aptas para Acuicultura (AAA) de acuerdo con los posibles futuros escenarios climáticos-oceanográficos.
	Análisis de variables ambientales y oceanográficas que afectan la producción de semillas de mitílidos
	Impacto del cambio climático en la distribución de mamíferos marinos, pingüinos y tortugas marinas
	Estudios sobre el impacto del cambio climático sobre recursos marinos en la antártica chilena.
	Estudio de vulnerabilidad al cambio climático para recursos hidrobiológicos importantes para pesca y acuicultura
	Sistema de predicción de condiciones climáticas para la Pesquería Artesanal y la Acuicultura.
	Evaluación de especies de interés para la acuicultura bajo diferentes escenarios
	Estudio del cambio en la distribución geográfica de <i>Alexandrium catenella</i> en los fiordos y canales del sur de Chile
	Efectos del cambio climático en las actividades de acuicultura desarrollada en espacios fluviales y lacustres
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.	Capacitación local a través de proyectos piloto
	Información sobre cambio climático en Pesca y acuicultura.
	Sistema pronóstico de futuros desembarques bajo diferentes escenarios climáticos
Mejorar el marco normativo, político y administrativo para abordar eficaz y eficientemente los desafíos y oportunidades del cambio climático	Inclusión de áreas acuáticas al Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado
	Adaptación normativa para respuestas inmediatas ante variabilidad climática y eventos extremos
	Grupo Técnico Asesor de Cambio Climático (GTA CC) para la SUBPESCA
Desarrollar medidas de adaptación directas tendientes a reducir la vulnerabilidad y el impacto del cambio climático en las actividades de pesca y acuicultura.	Adaptación de la infraestructura portuaria de la pesca artesanal a los posibles impactos del cambio climático
	Sistema de seguros para acuicultores de pequeña escala y pescadores artesanales ante eventos climáticos extremos.
	Implementación de técnicas de recirculación de agua en acuicultura dulceacuícola
	Fomento del consumo humano directo de la anchoveta y sardina
	Promover el consumo y valor agregado en los recursos de la pesca artesanal

Es de considerar que, en términos generales, las principales actividades se encuentran enfocadas en pesca y acuicultura a pequeña escala, siendo pocas las actividades que consideren la acuicultura de mayor escala, principalmente la salmonicultura, tanto en agua dulce como en mar. Esto también en el entendido que el documento asocia mayormente los impactos del cambio climático a la pesca, vinculando la acuicultura principalmente a efectos relacionados indirectamente al aumento del nivel del mar, forzando a cambios en la localización de los cultivos particularmente por eventuales daños asociados por marejadas y refiriéndose particularmente a ejemplos en moluscos. También se menciona como potencial efecto del aumento del nivel del mar, el aumento de salinidad en estuarios, afectando negativamente en rendimientos, mortalidades y enfermedades de los ejemplares cultivados en dichas zonas, entregando como ejemplo la caligidosis. Finalmente, plantea potenciales riesgos para las instalaciones terrestres de acuicultura riesgos, asociado a cambios en las precipitaciones y, por tanto, en caudales de ríos.



El año 2019, la Mesa Océanos del comité científico de la 25° Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP 25), realizó un análisis del PACCPA, generando una propuesta para su actualización y modificación referente a los 5 objetivos específicos y 29 acciones que lo componen. Dentro de este análisis, se plantea 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. Adicionalmente, se analizan, los procesos y las variables oceanográficas y climáticas que afectan a las pesquerías y a la acuicultura considerando algunas no incluidas inicialmente en el PACCPA. También, se recalca que, en el contexto de la acuicultura, se requiere por una parte una evaluación profunda y analítica del impacto de los centros de cultivo sobre su entorno; así como también cuantificar cómo los efectos del cambio climático (aumento de temperatura, cambios en corrientes, acidificación, salinidad, oxigenación, etc.) impactan la sostenibilidad y productividad del sector.

El año 2017 se publica una nueva versión del PANCC, para el período 2017-2022, el cual está organizado en torno a cuatro ejes principales: mitigación, adaptación, medios de implementación y gestión del cambio climático a nivel local, y proporciona un marco institucional intersectorial para el cambio climático, adoptado del PNACC 2014 (Yañez *et al.*, 2018). Actualmente se encuentra en desarrollo una nueva versión del PNACC, para el período 2024-2029, el cual corresponde a una iniciativa incluida en la Ley Marco del Cambio Climático.

En este contexto, y de forma de regular la institucionalidad en Chile respecto al cambio climático, el año 2022 se publica la Ley Marco del Cambio Climático, la cual responde a la carencia de un marco jurídico que permitiera asignar responsabilidades de reducción de emisiones o exigir implementación y reporte de medidas de mitigación de emisiones y adaptación a los impactos del cambio climático. Esta legislación establece como meta que el país sea carbono neutral y resiliente al clima a más tardar el año 2050, a través de instrumentos de gestión a nivel nacional, siendo uno de ellos la elaboración de Planes Sectoriales de Adaptación al Cambio Climático y considerando, al igual que los PANCC, un Plan de Adaptación al Cambio Climático para Pesca y Acuicultura, a cargo de la SUBPESCA y razón por la cual, a través de la Res. Ex. N° 528 de 2024, dicha autoridad inicia un proceso de elaboración de un nuevo Plan Sectorial. Estos establecerán el conjunto de acciones y medidas para lograr adaptar al cambio climático aquellos sectores con mayor vulnerabilidad y aumentar su resiliencia climática. En este marco, la Ley define “adaptación” como “acción, medida o proceso de ajuste al clima actual o proyectado o a sus efectos en sistemas humanos o naturales, con el fin de moderar o evitar los daños, reducir la vulnerabilidad, aumentar la resiliencia o aprovechar las oportunidades beneficiosas”. De la misma forma, la Ley indica cuales deben ser los contenidos mínimos, los que consideran:

1. Caracterización del sector y su vulnerabilidad;
2. Evaluación de efectos adversos del cambio climático y riesgos actuales y proyectados para el sector, incluyendo aquellos asociados a las zonas latentes que se encuentren declaradas al momento de su elaboración;
3. Descripción detallada de las medidas de adaptación, con indicación de plazos de implementación y asignación de responsabilidades. Los planes deberán priorizar las medidas de adaptación en base a criterios de costo efectividad, considerando los lineamientos señalados en la Estrategia Climática de Largo Plazo.
4. Descripción detallada de las medidas relativas a los medios de implementación, considerando los lineamientos identificados en la Estrategia Climática de Largo Plazo, con indicación de plazos y asignación de responsabilidades;
5. Descripción detallada de las medidas tendientes a reducir y gestionar el riesgo creado por el cambio climático al sector que regula el plan, y aplicando un enfoque territorial, cuando corresponda. Respecto de los riesgos de desastres, las medidas deberán ser aquellas contenidas en los planes sectoriales de gestión del riesgo de desastres, si los hubiere, o, en caso contrario, la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública ejercerá el rol de contraparte técnica para el diseño de dichas medidas;
6. Indicadores de monitoreo, reporte y verificación de cumplimiento de las medidas del plan, conforme lo establecido en la Estrategia Climática de Largo Plazo, y
7. Identificación de barreras institucionales, normativas y económicas para el cumplimiento de las medidas indicadas en la normativa.

Un aspecto fundamental para considerar es que la Ley plantea principios rectores para el proceso de elaboración de los Planes, siendo uno de ellos la “transversalidad”, respecto a lo cual la Ley señala que “la actuación del Estado para la gestión del cambio climático debe promover la participación coordinada del Gobierno a nivel central, regional y local, así como la participación del sector privado, la academia y la sociedad civil”.

La ley también mandata la elaboración de Planes Sectoriales de Mitigación, los que deberán establecer el conjunto de acciones y medidas para reducir o absorber gases de efecto invernadero, de manera de no sobrepasar el presupuesto sectorial de



emisiones asignado a cada autoridad sectorial en la Estrategia Climática de Largo Plazo, no considerando a la pesca y acuicultura como sector prioritario para la elaboración de un Plan y limitándolos a los Ministerios de Energía, de Transportes y Telecomunicaciones, de Minería, de Salud, de Agricultura, de Obras Públicas y de Vivienda y Urbanismo.

Los planes deberán publicarse en un total de 2 años desde la publicación de la ley (2022), contexto en el cual se publica la Res. Ex. N° 528 de 2024, que da inicio al proceso de elaboración de un nuevo Plan, señalando que este proceso deberá considerar el principio de transversalidad y fijando un plazo de veinte días hábiles desde la publicación de la resolución en el Diario Oficial, para la recepción de antecedentes sobre los contenidos del Plan Sectorial de Adaptación al Cambio climático. Cualquier persona o agrupación de personas podrá, dentro del plazo señalado precedentemente, presentar antecedentes técnicos, científicos, ambientales, sociales y/o económicos que estime relevantes para la adecuada elaboración del instrumento.

De lo anterior se pueden desprender las siguientes conclusiones preliminares:

- La acuicultura, incluida la salmicultura, corresponde a un sector de alta vulnerabilidad al cambio climático. Dada su relevancia como sector productivo a nivel nacional es fundamental su consideración en un nuevo PACCPA y, por tanto, en las estrategias a nivel gubernamental que busquen ajustar aspectos de la actividad a los nuevos escenarios climáticos.
- En el PACCPA falta ahondar en aspectos relacionados con la acuicultura, especialmente con la salmicultura. Este proceso corresponde a una oportunidad para incorporar a la salmicultura como un elemento clave en el Plan Sectorial.
- Si bien esta primera etapa considera el envío de antecedentes en un plazo acotado a la autoridad, la Ley establece un principio de transversalidad para el proceso completo, por lo que la industria debe ser un actor clave con presencia en toda la extensión del proceso de elaboración del nuevo PACCPA.

3.3. Antecedentes del sector privado.

Progresivamente en los últimos años, en la medida que avanza la ciencia y del desarrollo tecnológico a nivel mundial, las empresas salmicultoras han ejecutado una serie de medidas, más allá de las exigidas por norma, orientadas a mitigar su impacto a nivel ambiental y adaptación al cambio climático. Algunos ejemplos de lo anterior, extraídos desde los informes de sustentabilidad del año 2022 de las empresas del CDS, corresponden a:

- Empleo de programas de monitoreo del plancton y uso de cortinas de burbujas para reducir el contacto entre algas nocivas y peces.
- Implementación de sistemas de asistencia de oxígeno, para hacer frente a las bajas de éste. Además, sistemas de aireación para enfrentar posibles floraciones de algas nocivas.
- Realización de pruebas para la producción de salmón en contenedores cerrados en mar (realizadas por empresas en centros de cultivo fuera del país), los que pueden prevenir infestaciones de caligus y los efectos de algas nocivas en peces.
- Avances en el uso de herramientas preventivas contra caligus (faldones, luces profundas, alimentación profunda y una combinación de estos), así como también el control del parásito mediante tratamientos no farmacológicos.
- Fortalecimiento de estrategias sanitarias y vacunaciones a la totalidad de los peces sembrados en mar para contribuir a la prevención de enfermedades.

Además, a nivel de industria también se utilizan estrategias tales como el empleo de genética resistente a patógenos y la administración de dietas funcionales para optimizar la respuesta inmune de los salmones, entre otros.

Adicionalmente, ha existido un aumento progresivo del uso de sistemas de recirculación (RAS) en pisciculturas, representando actualmente un 20% de las instalaciones que abastecen a la industria (Biblioteca del Congreso Nacional, 2023).

La industria también ha llevado a cabo una serie de medidas para la disminución de su impacto sobre el medio ambiente y que consideran desde acciones asociadas a la reutilización, reciclaje y/o compostaje de plásticos hasta el empleo de fuentes de energía alternativas, con el objetivo de disminuir la emisión de gases de efecto invernadero y considerando, por ejemplo, el uso de turbinas hidráulicas y aerogeneradores. Es así como, de acuerdo al Informe de Impacto Sostenible del año 2022 del Consejo del Salmón A.G.:

- La totalidad de las empresas de la asociación gremial miden sus emisiones tanto directas como indirectas de CO₂. En este contexto, se reportó una disminución en la intensidad de las emisiones respecto al 2021 en un 1% en caso de las directas y un 2% en caso de las indirectas.
- Actualmente el 81% de la matriz eléctrica proviene de fuentes renovables, con un aumento de un 24% Más de Kwh/año de energía renovable respecto al año anterior.
- Reciclaje del 91% de los residuos generados, equivalente a aproximadamente 290.000 toneladas y con un aumento de un 10% en la cantidad de residuos reciclados y/o revalorizados respecto del año anterior.
- Ausencia de escapes de peces en empresas de la Asociación Gremial en los últimos 2 años (2021-2022).
- Disminución del 1,1% del consumo de antibióticos por tonelada cosechada.
- 65.785 toneladas de salmón fueron tratadas con productos no farmacológicos.
- Certificación de más de 700.000 toneladas ASC o BAP.

La industria también ha adoptado un enfoque preventivo respecto a las enfermedades que afectan a la salmonicultura, a través del uso de todas las herramientas disponibles y que de acuerdo a los informes de sustentabilidad de las empresas que conforman el CDS, contemplan estrictos protocolos de bioseguridad, el uso de vacunas, uso de genética QTL (resistente a enfermedades) y nutricionales, vigilancia sanitaria en reproductores y en su descendencia, calidad de smolt y mejora en la infraestructura productiva. También se ha incursionado en técnicas de machine learning para el mejor entendimiento el estatus sanitario de los peces, se ha fomentado investigación para optimizar los manejos asociados a enfermedades como la piscirickettsiosis y el desempeño de las vacunas utilizadas en su prevención, entre otros. En este contexto, la industria también ha participado de asociaciones público-privadas en el contexto sanitario en la acuicultura, siendo ejemplo de ello el Programa para la Gestión Sanitaria en la Acuicultura, iniciativa liderada por el Estado y ejecutada entre los años 2016 y 2019, con financiamiento público y privado, que generó información de bien público para optimizar la gestión sanitaria respecto a las principales patologías que afectan la salmonicultura (Sernapesca, s/f). Es así como también, actualmente la industria se encuentra desarrollando proyectos que permitirán disponer de nuevas vacunas para la prevención de la piscirickettsiosis.

3.4. Antecedentes internacionales.

Existen proyectos y planes de adaptación al cambio climático aplicados en las principales potencias salmicultoras del mundo, los cuales pueden servir de ejemplo y se resumen a continuación:

A) Proyecto ClimeFish

Proyecto multisectorial desarrollado en la Unión Europea para el desarrollo de sistemas de aclimatación y mitigación al cambio climático en tres sectores productivos distintos: acuicultura marina, pesquerías marinas y producción en lagos, estanques y piscinas. El megaproyecto se realizó entre los años 2016 a 2020 e incluyó un total de 16 casos de estudios, involucrando a varios países de la Unión Europea y más de 25 especies de animales acuáticos.

El objetivo general del proyecto ClimeFish fue contribuir al **aseguramiento de un aumento de la producción acuícola ocurra involucrando sectores y especies con potencial para un desarrollo sustentable considerando los cambios climáticos esperados y predecibles de acuerdo a la información científica disponible**, con el fin de contribuir a un aumento de empleos y desarrollo sostenible de comunidades costeras y rurales.

Los resultados generales y específicos para cada caso, guías, el Sistema de Toma de Decisiones, y todo otro producto resultante del proyecto ClimeFish, está disponible para su visualización en <https://climefish.eu/>.

Entre los resultados relevantes del programa, proyecto publicó a su término un artículo en la revista Climatic Change, titulado: "Guidelines for co-creating climate adaptation plans for fisheries and aquaculture" (DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-021-03041-z>), el cual entrega y explica una serie de pasos prácticos para el desarrollo de planes de adaptación climática específicos para pesca y acuicultura.

El proceso práctico de desarrollo de planes de adaptación al cambio climático según la guía práctica publicada por ClimeFish (Pham et al., 2021) consiste en 3 grandes tareas:

Tarea 1.- Determinación de riesgos y oportunidades;

Tarea 2.- Identificación de medidas de adaptación;

Tarea 3.- Implementación de medidas de adaptación.

El equipo especializado de la Unión Europea indica que para que pueda desarrollarse un plan de adaptación al cambio climático de forma efectiva debe enfocarse desde dos puntos de vista esenciales: el enfoque socio-ecológico y el enfoque de colaboración.



- Enfoque socio-ecológico: **El proyecto debe considerar los cuatro pilares esenciales de la sustentabilidad** que permitan que la pesca y acuicultura se expanda de manera sustentable. Los cuatro pilares/categorías se relacionan al enfoque ecológico, económico, social-cultural e institucional (legislativo). La descripción de estos pilares definidos para acuicultura por el proyecto ClimeFish se encuentran en la Tabla 3.
- Enfoque de colaboración: **La clave de un desarrollo apropiado es una visión de co-creación, que permita a los diferentes stakeholders estar involucrados activamente** incluyendo diferentes puntos de vista, experiencias y conocimientos para el desarrollo de medidas más completas, certeras y reales. Los *stakeholders* identificados por ClimeFish para proyectos relacionados con acuicultura son: industria (considerando diversas industrias relacionadas con acuicultura centros de cultivos, centros de faenamiento, transporte, entre otros), entidades gubernamentales/legisladoras, entidades científicas y ONGs. Esto no significa que no pueden existir otros *stakeholders* a considerar en proyectos de aclimatación a cambio climático y estos deben analizarse caso a caso.

B) Planes de Adaptación Nacional- FAO

En noviembre 2020, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) publicó un manual técnico para la adaptación de planes de adaptación nacional (NAP) de pesca y acuicultura (NAP-Fish) en marco del riesgo que presenta el cambio climático a esta industria.

El manual sigue los principios establecidos en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático:

- Reconocer la **no linealidad del proceso, permitiendo flexibilidad y la interpretación específica para cada país** que aplique las técnicas presentadas.
- Respetar en el código de conducta para la pesca responsable, las guías voluntarias para el desarrollo sustentable en el contexto de inocuidad alimentaria y erradicación de pobreza y los principios del enfoque ecosistémico para la pesca y acuicultura previamente publicados por la FAO.

El NAP-Fish entrega pasos a seguir para la elaboración de un NAP. Estos pasos son similares a los detallados en el proyecto ClimeFish, con la salvedad de que en este caso se trata de planes pensados a nivel país y no regionales, por lo que involucra directamente a entidades gubernamentales tales como el senado, parlamento o dirección presidencial.

Para un correcto desarrollo de un NAP, se indica que es clave la identificación de riesgos y vulnerabilidades. **Esto debe desarrollarse a través de una conversación y participación constante de todas las partes involucradas, con énfasis en el sector legislativo, la industria y el sector de investigación científica.**

C) Estados Unidos:

La Administración Nacional de océanos y atmósfera de Estados Unidos (NOAA Fisheries) posee un proyecto de adaptación climática interdisciplinario en donde se incluyen puntos de vista de representantes de la industria, el cuerpo legislativo, investigadores científicos y miembros de las comunidades de las zonas. Este proyecto es aplicado de forma regional con el fin de cubrir las necesidades específicas para cada zona y se traducen en líneas de investigación en temas previamente designados a través de identificación y análisis de los principales riesgos. El proyecto de Adaptación climática de pesca y acuicultura es uno de los siete temas de investigación incluidos en el Programa de Investigación de ciencias Económicas y Sociales de NOAA.

Las principales áreas con necesidad de adaptación identificadas en el programa son:

- Modelamiento integrado de cambios climáticos: los programas de modelamiento son llevados a cabo en el mar de Bering y el Golfo de Alaska y tienen como objetivo la proyección y evaluación de posibles cambios en un futuro cercano y a largo plazo. Para su elaboración se consideran factores socioeconómicos, datos oceanográficos y modelos biológicos de una o varias especies, así como de ecosistemas.
- Vulnerabilidades climáticas relacionadas a poblaciones pesqueras, individuales y comunitarias: investigadores multidisciplinarios examinan los efectos de la acidificación del agua en el máximo rendimiento económico de distintas zonas de pesca y acuicultura en Estados Unidos. Adicionalmente, se elabora un modelo de proyección de magnitud y efectos de acidificación.



En base a los resultados que se generan en los programas anteriores, NOAA elabora medidas prácticas para la adaptación a cambios para pesca y acuicultura con aplicabilidad a corto, mediano y largo plazo en distintas zonas pesqueras. Las medidas se adaptan a necesidades localizadas por región o, en algunos casos, comunidades específicas para la maximización de los resultados.

IV. RECOMENDACIONES A CONSIDERAR.

- Es mandato de la Ley y ejemplo de iniciativas internacionales, el involucramiento de los distintos stakeholders desde el inicio, lo cual debe asegurarse durante todo el proceso de elaboración del Plan Sectorial, considerando a los distintos actores del sector público, el sector privado y la academia. Esta participación transversal debe asegurarse.
- El PACCPA publicado el año 2015 estuvo mucho más enfocado en pesca y acuicultura a pequeña escala. Es necesario que esta nueva versión considere a la industria salmicultora y la nueva información disponible. Existen ejemplos aplicados a nivel internacional que podrían ser de utilidad para este proceso.
- La industria realiza acciones enfocadas en la adaptabilidad del sector a las principales consecuencias del cambio climático. Se recomienda considerarlas y tomarlas como base para las medidas a incorporar al nuevo Plan Sectorial.
- Entendiendo que el cambio climático genera escenarios especialmente adversos para la salmicultura, que a pesar de los esfuerzos de la industria podrían estar fuera de su control, se requiere que para el nuevo Plan Sectorial se considere establecer flexibilidad normativa frente a escenarios determinados descritos en la literatura. Un ejemplo de ello es el manejo y disposición de mortalidades masivas ante eventos FAN de gran magnitud (por ejemplo el evento FAN 2016), así como la consideración de flexibilizar Programas Sanitarios Específicos de enfermedades que pudiesen aumentar su prevalencia como efecto del cambio climático (SRS-caligus), así como la participación activa en una gobernanza futura para el seguimiento y evaluación de la versión del PSEVC-caligidosis publicada el 2022 y de la nueva versión del PSEVC-SRS por publicar.
- Se debiesen fomentar y apoyar líneas de investigación que aborden los efectos del cambio climático sobre la acuicultura, considerando pero no limitándose a: efectos del cambio climático sobre las principales enfermedades que afectan la salmicultura y herramientas preventivas sobre estas patologías; evaluación y optimización de las metodologías existentes para mitigar los efectos de las FAN y de las bajas de oxígeno; evaluación y optimización de métodos físicos para la prevención y control de caligus; efectos del cambio climático sobre la salmicultura y vulnerabilidad de áreas geográficas específicas de la macrozona Sur-Austral; modelamiento de efectos del cambio climático en áreas geográficas específicas; análisis costo-beneficio de las medidas de adaptación al cambio climático; revisión y evaluación de la normativa sectorial respecto a los efectos del cambio climático; entre otros.

Bibliografía

- Abisha, R., Krishnani, K. K., Sukhdhane, K., Verma, A. K., Brahmane, M., & Chadha, N. K. (2022). Sustainable development of climate-resilient aquaculture and culture-based fisheries through adaptation of abiotic stresses: A review. *Journal of Water and Climate Change*, 13(7), 2671-2689.
- Alaska Fisheries Science Center. (2023). *Climate Change and Adaptation*. NOAA Fisheries.
- Biblioteca del Congreso Nacional. (2023). La acuicultura mediante estanques con agua en recirculación (RAS).
- Brugere, C., & Young, C. de. (2020). *Addressing Fisheries and Aquaculture in (First Edit)*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) (2014). Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2008-2012.
- Consejo del Salmón Chile A.G. (2023). Informe de impacto sostenible 2022.
- Consejo del Salmón Chile A.G. (2022). Informe de impacto sostenible 2021.
- 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, A. Yévenes (2019). Propuestas para la actualización del Plan de Adaptación en Pesca y Acuicultura. Mesa Océanos-Comité Científico COP25; Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. 88 páginas
- Gonzales, E., Norambuena, R., Molina, R., & Thomas, F. (2013). Evaluación de potenciales impactos y reducción de la vulnerabilidad de la acuicultura al cambio climático en Chile—Estudio de caso acuicultura Chile. *Cambio climático, pesca y acuicultura en América Latina*:



Potenciales impactos y desafíos para la adaptación, (29).

- Ministerio del Medio Ambiente (MMA) (2014). Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático.
- Ministerio del Medio Ambiente (MMA) (2017). Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022.
- Ministerio del Medio Ambiente (MMA) (2022). Ley Marco de Cambio Climático (N°21455, 13 de junio de 2022).
- Nichols, D., & Hogan, T. (2022). Remote Sensing Technologies to Monitor Harmful Algal Blooms in Offshore Aquaculture. *WORLD AQUACULTURE*, 21.
- Reid, G. K., Gurney-Smith, H. J., Flaherty, M., Garber, A. F., Forster, I., Brewer-Dalton, K., ... & De Silva, S. (2019). Climate change and aquaculture: considering adaptation potential. *Aquaculture Environment Interactions*, 11, 603-624.
- Salmonchile A.G (2023). VIII Informe Sustentabilidad SalmonChile - Sustentabilidad. (2023, November 3). Retrieved from <https://www.salmonchile.cl/sustentabilidad/>
- Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA) (s/f). Programa para la Gestión Sanitaria en la Acuicultura – sernapesca. Retrieved from <https://www.sernapesca.cl/programas/programa-para-la-gestion-sanitaria-en-la-acuicultura/>
- Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA) (2023). Anuario estadístico de pesca y acuicultura 2022. <https://anuario.sernapesca.dataobservatory.net/>.
- Soto, D., León-Muñoz, J., Dresdner, J., Luengo, C., Tapia, F. J., & Garreaud, R. (2019). Salmon farming vulnerability to climate change in southern Chile: understanding the biophysical, socioeconomic and governance links. *Reviews in aquaculture*, 11(2), 354-374.
- Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA) (2015). Plan de Adaptación al Cambio Climático para Pesca y Acuicultura.
- Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA) (2024). Da inicio a la elaboración del anteproyecto del Plan Sectorial de Adaptación al Cambio Climático de Pesca y Acuicultura (N° 528, 16 de enero de 2024).
- UNDP, & Climate Change Adaptation. (2020). *Mainstreaming fisheries and aquaculture in climate change adaptation - New guidelines for adaptation*. <https://www.adaptation-undp.org/>. <https://www.adaptation-undp.org/mainstreaming-fisheries-and-aquaculture-in-climate-change-adaptation>
- Yáñez, E., Lagos, N. A., Norambuena, R., Silva, C., Letelier, J., Muck, K. P., ... & Böhm, G. (2017). Impacts of climate change on marine fisheries and aquaculture in Chile. *Climate change impacts on fisheries and aquaculture: A global analysis*, 1, 239-332.