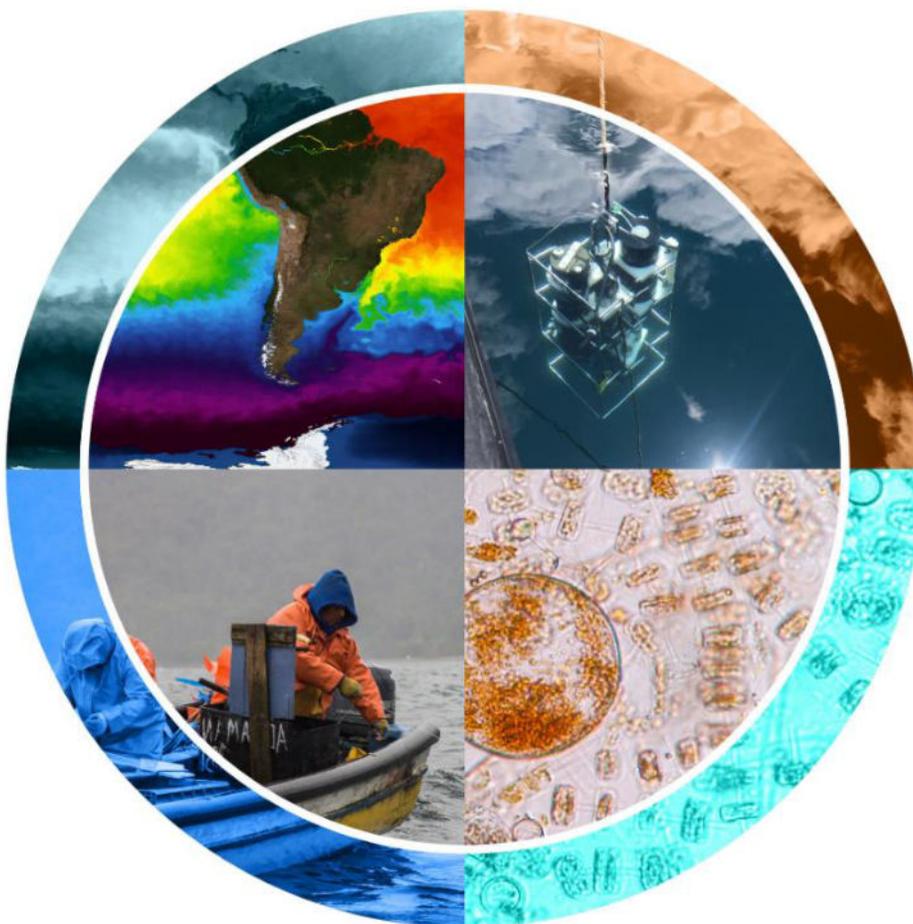


Áreas marinas protegidas y su vulnerabilidad al cambio climático PNACC BIO

Camila Fernández I*, Leonardo Nuñez M, Ricardo Norambuena C, Francisca Rojas M, Fernanda Pino D,

Miguel Angel Penna D.

Centro COPAS Coastal Universidad de Concepción. *camilafernandez@oceanografia.udec.cl



Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura



1. Resumen Ejecutivo

Las áreas marinas protegidas (AMP) son un mecanismo fundamental para gestionar las actividades humanas en los sistemas marinos y para reducir las presiones asociadas sobre dichos ecosistemas. En ese sentido, son muchos los co-beneficios que éstas generan, pero principalmente esto contribuye al aumento de la resiliencia de los ecosistemas y el uso sostenible de los recursos y servicios ecosistémicos que estos otorgan.

Evaluar la vulnerabilidad de las AMP brinda una base para comprender cómo y en qué medida los sistemas están amenazados por el cambio climático, y ayuda a los administradores y planificadores a establecer prioridades de gestión y planificación, así como a permitir una asignación de recursos más eficiente y efectiva. Para esto es fundamental establecer estrategias de manejo adaptativo con enfoque ecosistémico de tal forma de prepararse y responder eficazmente a los cambios climáticos proyectados.

A pesar de que Chile ya protege cerca de un 42% de su Zona Económicamente Exclusiva (ZEE), aún existen muchas deficiencias en cuanto a la representatividad ecológica y la gestión eficaz de las AMP. Evaluar los futuros climáticos y la vulnerabilidad de diferentes ecosistemas y AMP sigue siendo un gran desafío como resultado de la gran variación en las respuestas biológicas, la incertidumbre en torno a las señales climáticas y las dificultades para vincular la protección con la resiliencia. Sin embargo, una forma de abordar esto es analizando la distribución de las AMP frente a las condiciones térmicas futuras e históricas. El conocimiento científico demuestra que el océano es innegable e inevitablemente parte de la solución para combatir el cambio climático y lograr el desarrollo sostenible.

2. Introducción

En la actualidad, uno de los grandes desafíos a nivel global son las decisiones y acciones que se toman para hacer frente al cambio climático. En este contexto, durante los últimos años algunos avances que se han alcanzado son los acuerdos y compromisos a nivel internacional para proteger los océanos, como el acuerdo de París y su adopción por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) en el 2015.

El más reciente avance es el acuerdo del Tratado de Alta Mar, que busca garantizar la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica marina en aguas internacionales. Después de 20 años de negociaciones, se trata de un paso clave para lograr la meta de proteger el 30 % de los océanos al 2030 (COP15, 2022). Este nuevo tratado sobre la biodiversidad marina establece tres mecanismos claves para proteger las zonas frágiles y biodiversas de alta mar.

- i. Un proceso para designar áreas marinas protegidas y otras herramientas para salvaguardar las regiones vulnerables.
- ii. La creación de nuevas reglas para evaluar el impacto ambiental de las actividades comerciales en alta mar.
- iii. Un acuerdo para distribuir equitativamente los recursos genéticos marinos, incluyendo beneficios financieros y tecnológicos para los países en desarrollo.

Este tratado, cuyo borrador se concluyó el 4 de marzo del 2023, sienta las bases para la protección de alta mar y la regulación de la investigación marina para el desarrollo científico y comercial. Una vez ratificado por los Estados miembros, establecerá una nueva autoridad internacional para alta mar con su propia secretaría, bajo el gobierno de una conferencia intergubernamental y con el apoyo de un comité científico y técnico. Este tratado significará la protección de áreas críticas del océano lo cual se espera tenga un impacto positivo en la resiliencia global frente al cambio climático.

En este contexto, las áreas marinas protegidas (AMP) juegan un papel crucial en la mitigación y adaptación al cambio climático (Simard *et al.* 2016). Los beneficios esperados de las AMP, como su potencial para aumentar la resiliencia de las especies y los ecosistemas, es posible con la condición de que sean lo suficientemente grandes, estén conectadas y permanentes (O'Regan *et al.* 2021). En un comienzo, los esfuerzos se limitaron a declarar AMP en áreas costeras, pero actualmente poco a poco la protección marina se ha ido extendiendo a áreas pelágicas, aguas profundas, cañones y montes submarinos de alta mar.

Por consiguiente, se ha impulsado la creación de redes de áreas marinas protegidas, los cuales son sistemas de gestión que comprenden múltiples áreas marinas protegidas interconectadas. Estas redes se crean con el propósito de conservar la biodiversidad

marina, proteger hábitats frágiles y garantizar la sostenibilidad de los ecosistemas oceánicos en su conjunto. Las redes de AMP suelen ser diseñadas y gestionadas a nivel regional o nacional, y pueden abarcar una variedad de zonas marinas, como costas, aguas interiores y aguas internacionales. En el contexto del cambio climático, el papel de las redes de AMP es garantizar una conectividad biológica y ecológica que fortalezca la resiliencia de los ecosistemas costeros y marinos. No obstante, una de las limitantes que expertos han destacado, es que muy pocas redes de AMP incorporan explícitamente los efectos del cambio climático en su definición y diseño (Wilson *et al.* 2021).

La interrelación entre las AMP y el cambio climático se está examinando de forma reciente y arroja una nueva luz sobre la necesidad de enfoques integrados en los ecosistemas, gestión adaptativa y gobernanza eficaz. Esto producto de que, entre los efectos del cambio climático, es probable que en los próximos años se observen cambios importantes que van a reconfigurar las comunidades marinas, y en consecuencia también en las AMP (Simard *et al.* 2016). Estos cambios podrían dar lugar a migraciones climáticas de comunidades biológicas, lo que conlleva a la aparición de nuevas especies en lugares que antes no se encontraban, cambios en la red alimentaria, cambios en las funciones ecológicas y, en última instancia, cambios en los servicios ecosistémicos. Las migraciones climáticas pueden afectar, en teoría, a todos los componentes de la biodiversidad, especies pelágicas como peces, mamíferos marinos y aves, y especies bentónicas (Bruno *et al.* 2018).

En este sentido, estudios realizados por Tittensor *et al.*, (2019), resaltan una gran brecha entre la teoría y la práctica, que limita la investigación sobre los beneficios de la implementación de medidas climáticamente inteligentes para las AMP y las redes de AMP. Los factores que podrían explicar esta brecha son:

- i. La disponibilidad limitada de pronósticos climáticos y ecosistémicos espacialmente explícitos a escala local puede obstaculizar los esfuerzos para instaurar estrategias de cambio climático. La incertidumbre asociada a los modelos climáticos y sus resultados es un desafío para los administradores. Una integración limitada entre la ecología y la ciencia del clima puede entorpecer la comprensión de cómo se pueden usar las proyecciones climáticas en las escalas ecológicas apropiadas (Cavanagh *et al.* 2017).
- ii. El acceso a estrategias de gestión eficaces y fácilmente implementables se basan en la información sobre prácticas e intervenciones de gestión ya probadas en un lugar en particular. La mayoría de la literatura sobre el diseño de AMP, se ha centrado en integrar las consideraciones sobre el cambio climático a través de principios generales de diseño. Sin embargo, se necesita una orientación más específica y adecuada a escala local para tener en cuenta los patrones e impactos climáticos que ocurrirán en un lugar determinado.
- iii. Por último, en múltiples casos, se han decretado AMP para promover la conservación mientras se minimizan los conflictos con los usuarios. Incluir el cambio climático en esta compleja negociación puede ser difícil, particularmente cuando la adaptación climática no genera beneficios inmediatos y puede imponer una carga económica adicional a los administradores (Devillers *et al.* 2014).

En consecuencia, evaluar los futuros climáticos y la vulnerabilidad de diferentes ecosistemas y AMP sigue siendo un gran desafío debido a la gran variación en las respuestas biológicas, la incertidumbre en torno a las señales climáticas y las dificultades para vincular la protección con la resiliencia (Bates *et al.* 2019).

De acuerdo con los avances en los estudios sobre cambio climático (CC), se ha demostrado que las AMP son una estrategia de adaptación rentable y viable que generaría múltiples beneficios colaterales desde escalas locales hasta globales, mejorando las perspectivas para el medio ambiente y las personas en el futuro (Roberts *et al.* 2017). Entre los beneficios que contribuyen a la mitigación y adaptación al CC se consideran los siguientes:

- i. Promueven la diversidad genética que proporciona materia prima para la adaptación al cambio climático (Munguía-Vega *et al.* 2015)
- ii. Protegen a los depredadores tope que confieren una mayor estabilidad a los hábitats costeros que amortiguan las inestabilidades inducidas por el clima (Rooney *et al.* 2006).
- iii. Las grandes poblaciones con mayor rendimiento reproductivo que a menudo se encuentran en las AMP serán más resistentes a la extinción a medida que aumente el estrés climático (Roberts *et al.* 2017).
- iv. La gran abundancia de peces mesopelágicos en las AMP de mar abierto puede mejorar la absorción de CO₂ y amortiguar la acidificación cerca de la superficie a través de la excreción de carbonatos intestinales (St John *et al.* 2016).
- v. La reducción de los factores de estrés humanos en las AMP promueve la recuperación de los ecosistemas y previene la pérdida de biodiversidad, lo que mejora los medios de vida y los servicios de los ecosistemas.
- vi. La protección de los ecosistemas marinos mantiene los procesos de secuestro y almacenamiento de carbono y evita la pérdida de carbono fijado a través de la bomba biológica de carbono (Pendleton *et al.* 2012).
- vii. Las AMP pueden proporcionar peldaños para la dispersión y "zonas de aterrizaje" seguras para los migrantes climáticos (Saura *et al.* 2014).

Sin embargo, para que las AMP puedan entregar estos beneficios, Edgar *et al.* (2014) destacan cinco características claves de las AMP que deben tener para obtener mayores beneficios y eficacia a la mitigación y adaptación al cambio climático:

- i. Sin extracción de recursos (no-take).
- ii. Administración con planes de manejo actualizados.
- iii. Consolidada (≥ 10 años de antigüedad).
- iv. Cobertura geográfica mayor o igual a 100 km². Aunque hay excepciones, por ejemplo, en las costas pobladas por quienes dependen de la pesca para subsistir. En tales casos, las redes de reservas más pequeñas y bien conectadas serán más importantes
- v. Localización geográfica en zonas aisladas, sin presión antrópica.

2.1. Avances en la protección de ecosistemas marinos a nivel nacional

Chile posee una gran diversidad de ecosistemas marinos, muchos de ellos de gran productividad biológica, lo que se traduce en gran capacidad de capturar, almacenar y finalmente exportar carbono a los sedimentos subyacentes. La ventaja comparativa que tiene Chile respecto a la protección de fondos marinos como marismas, bosques de algas pardas y otros ecosistemas es fundamental para mitigar el cambio climático, dada la superficie marina bajo su jurisdicción y la diversidad de ecosistemas marinos que alberga (Marquet *et al.* 2021).

En Chile la red nacional de Áreas Marinas Protegidas (Anexo 1) está conformada por:

- i. 11 Parques marinos, cuya función es preservar unidades ecológicas de alto interés para la ciencia y como patrimonio natural, cautelando la mantención y diversidad de especies hidrobiológicas objetivo, y aquellas asociadas a su hábitat.
- ii. 6 Reservas marinas, cuya función es proteger zonas de reproducción y hábitat de especies clave para la actividad económica de las regiones y del país.
- iii. 15 Áreas marinas costeras protegidas de múltiples usos, cuya función es conservar la biodiversidad, proteger especies marinas en peligro, reducir conflictos de uso, generar investigación y educación; y actividades comerciales y recreativas de modo sustentable. Conserva el patrimonio histórico-cultural marino y costero de comunidades locales para el desarrollo sostenible del turismo, pesca y recreación. En ellas sólo podrán realizarse actividades que no pongan en riesgo sus objetos de conservación.

Esta red tiene una historia de vida reciente y actualmente tiene una cobertura geográfica de cerca del 42% de la Zona Económica Exclusiva (ZEE). No obstante, debido a la diversidad de actores que participa en la red, producto de las diferencias de propósitos, genera que este sistema carezca de un ordenamiento eficaz. Además, el sistema carece de recursos adecuados para su gestión, lo que se traduce en falta de infraestructura, logística, personal, estudios de línea base actualizados, planes de manejo, sistemas de monitoreos, cartografías adecuadas, entre otros. Se destaca también que las áreas que constituyen actualmente la red nacional de AMP, se excluyen de las áreas protegidas que incluyen espacios marinos costeros que se encuentran bajo la tuición de CONAF con figuras de protección diferentes, como parques nacionales, monumentos nacionales, reservas nacionales y santuarios de la naturaleza (Zucconi *et al.* data sin publicar). Esta falta de ordenamiento y la multiplicidad de instituciones involucradas en la administración de las AMP son una desventaja para su buen funcionamiento. No obstante, con la reciente aprobación de la ley que crea el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas, se espera que la gestión sea más efectiva para cumplir su propósito.

Otra carencia en la protección de nuestra ZEE es la falta de instrumentos de gestión (Planes de Manejo o Planes Generales de Administración), si bien alrededor del 25% de la red

cuenta con un instrumento de gestión, si se considera la superficie protegida que tiene dichos instrumentos, su representatividad es prácticamente nula, sólo el 0,1% de la superficie total de AMP tiene asociado un plan de manejo, sin embargo, ninguno de ellos es completamente efectivo (Contreras – López et al, 2022).

Por otro lado, Chile tiene una gran deuda con la conservación de zonas costeras. Se estima que el 90% de la superficie de las áreas protegidas representan sólo las ecorregiones marinas en islas oceánicas, mientras que las demás AMP en Chile continental protegen <8% del área total de las ecorregiones restantes, y ~98% de esta protección se concentra en los Canales y la ecorregión Fiordos del Sur de Chile (Contreras-López *et al.*, 2022).

Un aspecto positivo es que las AMP creadas y anunciadas recientemente han tenido una fuerte participación de las comunidades locales, lo que contrasta con las iniciativas anteriores, que en su mayoría eran impulsadas por el gobierno (Cárcamo & Gaymer, 2013; Jorquera-Jaramillo *et al.*, 2012). En este sentido, los procesos participativos poseen grandes ventajas y son cruciales para el éxito de las medidas de conservación.

2.2 Vulnerabilidad en el contexto del cambio climático

De acuerdo con el Panel intergubernamental para el cambio climático (IPCC en sus siglas en inglés) vulnerabilidad es la propensión o predisposición de elementos de valor a verse afectados por amenazas climáticas. Va a depender de la sensibilidad o susceptibilidad al daño, la capacidad de respuesta y de adaptación (IPCC, 2014). La sensibilidad hace referencia al grado en que un sistema o especie resulta afectado, ya sea positiva o negativamente, por un cambio en el clima, o por factores impulsados por el clima, y también de cómo este se verá afectado. Es importante también considerar que no todos las especies o sistemas biológicos tendrán la misma sensibilidad a cada proceso climático. Por cual será necesario definir la sensibilidad por cada especie o sistema biológico que se considere relevante para el análisis, en base a la literatura más actualizada y al conocimiento de expertos. Conocer todos estos factores puede facilitar el establecimiento de prioridades para las acciones y respuestas de gestión, y caracterizar mejor la causa de la vulnerabilidad para una gestión más eficaz.

En consecuencia, para hacer frente a los efectos del cambio climático es necesario identificar cada uno de estos factores que hacen, a cada uno de los elementos del sistema, más o menos propenso a ser impactados por este fenómeno global. Por lo cual el objetivo de este informe es evaluar el estado del arte respecto del diseño de las áreas marinas protegidas bajo cambio climático a nivel nacional, a través de la identificación de los atributos ecológicos claves de cada AMP, características geográficas y proyecciones climáticas que les afectarán, junto con una revisión de las principales metodologías utilizadas a nivel internacional para la evaluación de la vulnerabilidad. Con esto se espera poder evaluar la vulnerabilidad de las AMP de Chile e identificar aquellas que es necesario priorizar debido al alto grado de vulnerabilidad en que se encuentran.

3. Metodología y área de estudio

Para evaluar los avances en la estimación de la vulnerabilidad de las áreas marinas protegidas frente a los efectos del cambio climático, se realizó:

- i. Recopilación de fuentes secundarias, con una búsqueda bibliográfica de los estudios en los últimos 10 años, utilizando palabras claves en inglés, tales como: evaluación vulnerabilidad, desafíos áreas marinas protegidas, cambio climático, adaptación al cambio climático, planificación y manejo de áreas marinas protegidas. A través de los buscadores Google Académico y Web of Science, enfocados y especializados en la búsqueda de contenido y bibliografía científico-académica.
- ii. Se evaluaron estudios en los cuales se hace una estimación de la vulnerabilidad en ecosistemas y áreas marinas protegidas. La información recopilada se sistematizó, con el fin de examinar cómo se aborda el concepto de vulnerabilidad al cambio climático, qué enfoques se utilizan, sus resultados y conclusiones.

Además, se identificaron los impactos del cambio climático proyectados para nuestro país, en base a estudios de modelación realizados por el IPCC (2014), y cómo estos podrían afectar las AMP de nuestra ZEE, en base a la exposición de factores climáticos relevantes, como la temperatura del agua, salinidad, pH, oxígeno disuelto, concentración de nutrientes y eventos de oleaje extremos. Entendiendo la exposición como la presencia de un ecosistema en lugares y entornos que podrían verse afectados por el cambio climático (IPCC, 2014). Asimismo, se utilizó la clasificación de ecorregiones descrita por Spalding *et al.* (2007), el cual las define como *“áreas con una composición de especies relativamente homogénea, claramente diferente a la de sistemas adyacentes. La composición de especies está probablemente determinada por el predominio de un pequeño número de ecosistemas y/o un conjunto distintivo de características oceanográficas o topográficas. Los agentes biogeográficos de forzamiento dominantes, que definen las ecorregiones, varían de un lugar a otro, pero pueden incluir aislamiento, surgencias, aporte de nutrientes, afluencia de agua dulce, regímenes de temperatura, la dinámica del hielo, exposición, sedimentos, corrientes, y la complejidad batimétrica o costera. En términos ecológicos son unidades fuertemente cohesionadas, suficientemente grandes para abarcar la historia ecológica o de vida de especies mayoritariamente sedentarias. Aunque ciertas ecorregiones pueden tener niveles importantes de endemismo, no es la clave determinante para identificarla como ecorregión, como ha sido el caso de ecorregiones terrestres”*. Esta subdivisión ayudará a identificar los impactos que tendrá el cambio climático por zonas y evaluar la representación de cada uno de esos ecosistemas, de tal forma de contribuir con información relevante y actualizada para toma de decisiones sobre gestión y planificación de las AMP de acuerdo con las necesidades específicas de cada zona.

Luego, a través de los informes técnicos, se identificaron los atributos ecológicos claves de las AMP decretadas hasta la fecha, tales como características geográficas, diversidad biológica, presencia de especies amenazadas o en peligro de extinción, y conectividad con otras AMP. Para evaluar la capacidad de adaptación de las AMP se identificaron aquellos factores de estrés no climáticos presentes en cada una de ellas, tales como, extracción de

recursos, contaminación, tránsito de embarcaciones y presión antrópica. También se identificaron aquellas barreras físicas, biológicas o legales que puedan limitar la capacidad de adaptación, así como también la evaluación de la presencia de estrategias de gestión adaptativa. Se considera como capacidad de adaptación a la habilidad de un sistema para responder y ajustarse a los cambios en su entorno.

Debido a la escasa información precisa y a nivel local disponible, se utilizó como base la metodología utilizada por Hutto *et al.* (2015), para estimar la vulnerabilidad de las AMPs, la cual por medio de juicio de experto se califican en forma cualitativa la vulnerabilidad de ecosistemas presentes en la costa de California, a través de factores para evaluar la sensibilidad y exposición, como efectos futuros del clima, estresores no climáticos, posibles perturbaciones, y la capacidad de adaptación, como extensión, integridad, diversidad de hábitats, y manejo del área.

Bajo este enfoque, en base a la información recabada, se eligieron 11 indicadores claves de sensibilidad, exposición y capacidad de adaptación (Tabla 1). A cada indicador se le asignó el valor de 0 ó 1 en caso de estar presente o ausente en cada AMP. Luego se realizó la sumatoria de los indicadores con el fin de poder priorizar las AMP que se encuentran en un estado de vulnerabilidad mayor. De acuerdo con la siguiente escala:

- i. Si la suma varía entre 0 y 3: vulnerabilidad baja, es decir que el AMP tiene una capacidad relativamente alta para adaptarse y resistir los efectos del cambio climático.
- ii. Si la suma varía entre 4 y 7: vulnerabilidad media, es decir que el AMP tiene una capacidad intermedia para adaptarse y resistir los efectos del cambio climático.
- iii. Si la suma varía entre 8 y 11: vulnerabilidad alta, es decir que el AMP tiene una capacidad relativamente baja para adaptarse y resistir los efectos del cambio climático, por lo cual en estas áreas deben priorizarse los esfuerzos para mitigar sus efectos.

Con esta puntuación, se obtuvo una clasificación cualitativa de la vulnerabilidad de las AMP de Chile, sin embargo, se considera apropiado realizar una consulta de expertos para su validación.

Tabla 1. Indicadores seleccionados para evaluar la vulnerabilidad de AMP (Elaboración propia).

Variable	Indicador
Sensibilidad	Extracción de recursos marinos
	Plan de manejo implementado
	Más de 10 años de antigüedad

	Tamaño mayor a 100 km ²
	Aislamiento geografico del área
	Biorregión representada
Capacidad de adaptación	Presencia de bosques de algas
	Presencia de grandes mamíferos marinos
	Registros de alta producción primaria
Exposición	Aporte de agua dulce
	Surgencia

4. Resultados

4.1. Vulnerabilidad en Áreas Marinas Protegidas

La identificación de la vulnerabilidad de los ecosistemas frente al cambio climático es fundamental para comprender cómo éstos se verán afectados por diversas presiones y amenazas, y cómo pueden responder y adaptarse a esos cambios (McLeod *et al.* 2012). Los ecosistemas marinos están siendo fuertemente afectados en su integridad, función y el flujo servicios ecosistémicos que otorgan (Duarte *et al.* 2020). Los principales impactos es la acidificación del agua, que afecta a todas las formas de vida marina directa o indirectamente (Gattuso *et al.* 2015); el aumento de la temperatura del agua, en donde los más afectados son los corales y macroalgas (Hughes *et al.* 2018, Thomsen *et al.* 2019); aumento del nivel del mar, lo cual está modificando drásticamente los patrones de eventos extremos y las condiciones de los ecosistemas costeros (Cazenave & Cozannet, 2014); y la desoxigenación, causada por el aumento de la temperatura del agua y el exceso de nutrientes (Oschlies *et al.* 2018).

Sin embargo, estos impactos serán locales, por lo cual es necesario desarrollar líneas de investigación que determinen la sensibilidad de los componentes de los ecosistemas marinos y su capacidad de respuesta frente a las amenazas del cambio climático, para evaluar a nivel local la vulnerabilidad de las AMP y desarrollar indicadores, objetivos y umbrales de monitoreo. Con esta información, los planificadores y administradores de AMP tendrán la misión de incorporar esta información en los planes de gestión y monitoreo de AMP, informar regularmente sobre los resultados de la gestión, y utilizar estos resultados para implementar medidas de gestión de acuerdo con un enfoque de gestión adaptativo (Roberts *et al.* 2017).

Se han aplicado diferentes enfoques a la hora de evaluar la vulnerabilidad de ecosistemas con el fin de comprender cómo estos están respondiendo a los efectos y presiones del cambio climático (Tabla 2). Okey y colaboradores (2015), desarrollaron una evaluación de la vulnerabilidad basada en la información espacial existente para la costa pacífica de Canadá. Los impactos climáticos potenciales se calcularon a partir del producto entre la exposición, en donde utilizaron estimaciones de modelamiento a nivel global de cambios recientes de estresores del cambio climático (e.g. acidificación, temperatura) a nivel de ecorregiones. La sensibilidad la calcularon a través de clasificaciones de sensibilidad de hábitats a los factores de estrés climático en las ecorregiones. Y como no contaban con estimaciones detalladas y completas de la capacidad de adaptación del sistema, utilizaron un proxy inverso basado en los impactos acumulativos estimados de los factores estresantes no climáticos (como la contaminación, pesca, minería, tránsito, entre otros). De acuerdo con los autores, este enfoque podría mejorarse con una escala más fina de los datos climáticos, variables climáticas adicionales y estimaciones de la sensibilidad del hábitat a los factores de estrés derivadas específicamente para el sistema en estudio (Okey *et al.* 2015).

Por otro lado, McLeod y colaboradores (2012), utilizaron modelos de circulación general (GCM), para desarrollar proyecciones de estrés térmico a escalas regionales; datos

satelitales de la temperatura superficial del mar (SST), para identificar áreas de bajo y alto estrés térmico; y sensores de temperatura in situ para identificar umbrales de temperatura, patrones de estrés térmico, y para validar los datos satelitales de SST. De esta forma pudieron evaluar la vulnerabilidad sin la necesidad de grandes presupuestos o gran capacidad técnica, y se puede considerar el uso de la combinación de datos satelitales de SST disponibles gratuitamente y datos en terreno para identificar patrones históricos de estrés térmico e impactos.

Algunas limitaciones de estas herramientas es que los datos de SST están en una cuadrícula de ~4 km, por lo cual son demasiado gruesos para discernir patrones de tensión térmica en extensiones locales (es decir, <math> < 16 \text{ km}^2 </math>). En consecuencia, los datos satelitales de SST tampoco pueden calcular el estrés térmico cerca de la costa, y no son apropiados para la selección de sitios de AMP más pequeñas. También se deben comprender las limitaciones de los modelos climáticos y sus resultados, ya que debido a que los GCM tienen una resolución horizontal de aproximadamente 250 a 600 km, sólo es posible discriminar entre ubicaciones que están separadas por aproximadamente 600 km. Esto significa que los GCM actuales solo pueden identificar patrones amplios de tensión térmica, por lo que solo son útiles para análisis a escalas regionales. Además, los GCM no pueden capturar características climáticas a menor escala o patrones locales de estrés térmico y, por lo tanto, no pueden proyectar el estrés térmico cerca de la costa.

Finalmente, Hutto y colaboradores (2015), evaluaron la vulnerabilidad al cambio climático de ocho hábitats de la costa y el océano del centro-norte de California, a través de talleres en donde asistieron representantes de agencias federales y estatales, organizaciones no gubernamentales e instituciones académicas, quienes proporcionaron puntajes y evaluaciones a la exposición y la sensibilidad a los cambios climáticos, a los factores de estrés no climáticos, y la capacidad de adaptación. De esta forma lograron proporcionar evaluaciones científicamente sólidas impulsadas por expertos para permitir que los administradores de recursos marinos respondan, planifiquen y gestionen los impactos del cambio climático en los hábitats, las especies y los servicios de los ecosistemas.

Tabla 2. Síntesis de metodologías encontradas en literatura para evaluar la vulnerabilidad de ecosistemas. Fuente: Elaboración propia.

Autores	Metodología	Datos utilizados
McLeod <i>et al.</i> (2012)	Evaluación a través de proyecciones de estrés térmico a escalas regionales	Modelos de circulación general (GCM), datos satelitales de la temperatura superficial del mar (SST), y sensores de temperatura in situ
Hutto <i>et al.</i> (2015)	Evaluación cualitativa realizada por expertos	Indicadores de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación
Okey <i>et al.</i> (2015)	Evaluación basada en la información espacial	Estimaciones de modelamiento a nivel global de cambios recientes de estresores del

	existente a través del producto entre la exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación.	cambio climático, clasificaciones de sensibilidad de hábitats a los factores de estrés climático en las ecorregiones y un proxy inverso basado en los impactos acumulativos estimados de los factores estresantes no climáticos
Willaert <i>et al.</i> (2019)	Calcular del riesgo acumulativo de los hábitats bénticos a través de un índice de vulnerabilidad	Modelo INVEST

De estos resultados podemos evidenciar que para lograr evaluar la vulnerabilidad de un ecosistema es recomendable realizar una clasificación a nivel regional de los efectos del cambio climático. Dichas evaluaciones ayudarán a identificar problemas ecológicos y sociales, capacidades analíticas y de gestión que requieren mayor atención o inversión. Además, permite determinar cuáles son los estresores regionales y locales que disminuyen la resistencia y resiliencia de estos sistemas naturales al estrés ejercido por el cambio climático (Okey *et al.* 2014). Por consiguiente, para evaluar la vulnerabilidad de las AMPs al cambio climático a nivel nacional primero debemos conocer las principales características de la ZEE nacional y su clasificación. De esta forma se podrá anticipar de mejor forma cómo cambiarán los entornos marinos locales.

4.2. Clasificación de ecorregiones de Chile

La costa de Chile se extiende desde los 18° S a los 56°S, alcanzando 4.200 km de largo, pero si consideramos las numerosas islas de los fiordos y canales de la Patagonia, nuestra costa asciende a más de 80.000 km (Silva & Palma, 2006). La costa norte, desde los 18 a los 40°S, es una zona costera con una exposición de oleaje continua y relativamente recta, con la presencia del Sistema de Corriente de Humboldt (SCH), el cual se caracteriza por ser un flujo predominante de aguas superficiales de origen subantártico con surgencias fuertes de aguas frías sub-superficiales originarias del ecuador, ricas en nutrientes. Los principales procesos de surgencia o afloramiento en la zona centro – norte son constantes y no están conectados a las estaciones del año, mientras que las diferentes zonas de surgencias se encuentran separadas por sectores con surgencias menores o esporádicas (Thiel *et al.*, 2007). Esta zona se caracteriza por vientos predominantes S-SW que, si bien son variables en un rango más amplio de escalas de tiempo, se fortalecen de norte a sur. Estudios han evidenciado una marcada transición en las condiciones térmicas, entre los 30 y 32°S, que se caracteriza por cambios repentinos en la estacionalidad, la variabilidad sinóptica, la estratificación cerca de la costa y las temperaturas del agua en la costa. Es probable que esta transición genere una serie de efectos dependientes de la latitud sobre

los procesos ecológicos en la costa cercana que pueden explicar las particularidades específicas de las especies de la zona (Tapia *et al.* 2014).

Mientras que de los 40 a los 56°S la costa se caracteriza por estar fragmentada en fiordos y pequeños archipiélagos con una extensiva costa protegida (Aguilera *et al.* 2018), con importantes campos de hielo y glaciares que se extienden hacia el mar, los que son un importante aporte de agua dulce.

Debido a la alta heterogeneidad de condiciones a lo largo del territorio marino costero de nuestro país, para evaluar con mayor facilidad las características, reconocer los cambios que allí ocurren y focalizar la gestión, expertos aconsejan dividir nuestro mar en unidades ecosistémicas. De esta forma se puede establecer aspectos de composición, estructura y funcionalidad de los ecosistemas para así lograr proponer políticas, formular planes y programas que establezcan los criterios básicos y las medidas preventivas que favorezcan la recuperación y conservación de los ecosistemas (Art. 70, letra i; Ley 19.300). Sin embargo, expertos han propuesto diversas clasificaciones de los ecosistemas a nivel nacional como las de Jaramillo *et al.* (2006), Pequeño (2000), y de Spalding *et al.* (2007). En esta oportunidad se considera la clasificación Spalding *et al.* (2007) (**Fig. 1**), ya que es la más utilizada en los análisis más actualizados en relación con las AMPs. Las ecorregiones presentes en la ZEE de nuestro país son:

- a. **Humboldtiana:** se extiende desde el extremo norte del país hasta aproximadamente los 29° de latitud Sur. Se caracteriza por surgencias permanentes, lo que favorece una alta productividad biológica y pesquera. Cerca del 0.03% de su superficie se encuentra protegida.
- b. **Chile Central:** se localiza desde los 29° S hasta los 34°S aproximadamente. Es una zona de transición, con fuerte surgencia mayoritariamente estacional la cual alberga una amplia diversidad de especies marinas, incluyendo peces, crustáceos, moluscos, algas y otros organismos. Su costa presenta una combinación de acantilados, playas y bahías. Estos diferentes paisajes proporcionan hábitats diversos para una variedad de organismos marinos y aves, incluyendo áreas de desove, alimentación y refugio. Casi el 0.1% de su superficie está protegido.
- c. **Araucana:** se extiende entre los 34° a los 41° de latitud sur aproximadamente. Se caracteriza por estar influenciada por el río Biobío, que aporta una importante carga de nutrientes al mar, lo que contribuye a una alta productividad biológica en la zona. Cerca del 0.003% de su superficie está protegida.
- d. **Chiloense:** se localiza entre los 41° a los 47° de latitud sur aproximadamente. Se caracteriza por presentar una intrincada red de canales originados por fiordos, bahías y archipiélagos. Sus aguas exteriores se encuentran influenciadas por la rama de la corriente Deriva del viento del Oeste que fluye hacia el sur y favorece la circulación descendente, mientras que sus aguas interiores tienen un alto aporte de agua dulce y funciona como un gran sistema estuarino, con una oceanografía compleja debido a la dinámica producida por corrientes y diferencias de densidad de masas de agua, que combinada con la particular morfología de la costa, ha dado

origen a un ecosistema único y heterogéneo (Hucke-Gaete *et al.*, 2006). Casi el 0.06% de su superficie está protegida.

- e. **Canales y fiordos del sur de Chile:** entre los 47° a los 70° de latitud sur aproximadamente. Abarca los canales y fiordos en el sur de Chile, especialmente en la región de Aysén y Magallanes. Se caracteriza por sus frías aguas y presentar un alto gradiente de salinidad debido al aporte de agua dulce de los deshielos de glaciares. También es conocida por su alta producción primaria. Está protegido el 28% de su superficie (Fernández *et al.*, 2002).
- f. **Juan Fernández y Desventuradas:** se encuentra a aproximadamente 670 kilómetros al oeste de la costa central de Chile. Debido a su aislamiento geográfico posee un alto porcentaje de endemismo. Posee un 56% de su área protegida.
- g. **Isla de Pascua:** se encuentra en el extremo sureste del océano Pacífico, a aproximadamente 3.700 kilómetros de la costa de Chile continental. Se caracteriza por su aislamiento geográfico, lo que ha conllevado a un alto endemismo. Sus aguas son el hogar de una variedad de especies marinas, incluyendo peces tropicales, corales, moluscos y crustáceos. Prácticamente se encuentra el 100% de su ZEE protegida.

En el contexto de la clasificación de ecorregiones descrita para la costa de Chile, Contreras-López *et al.* (2022), sugieren que la ecorregión de Juan Fernández y las Islas Desventuradas deberían considerarse como sistemas diferentes y que se debiera repensar la idea de que compartan clasificación. Aun así, esta clasificación es de gran ayuda para evaluar la representatividad de las AMP y en qué proporción se encuentran.

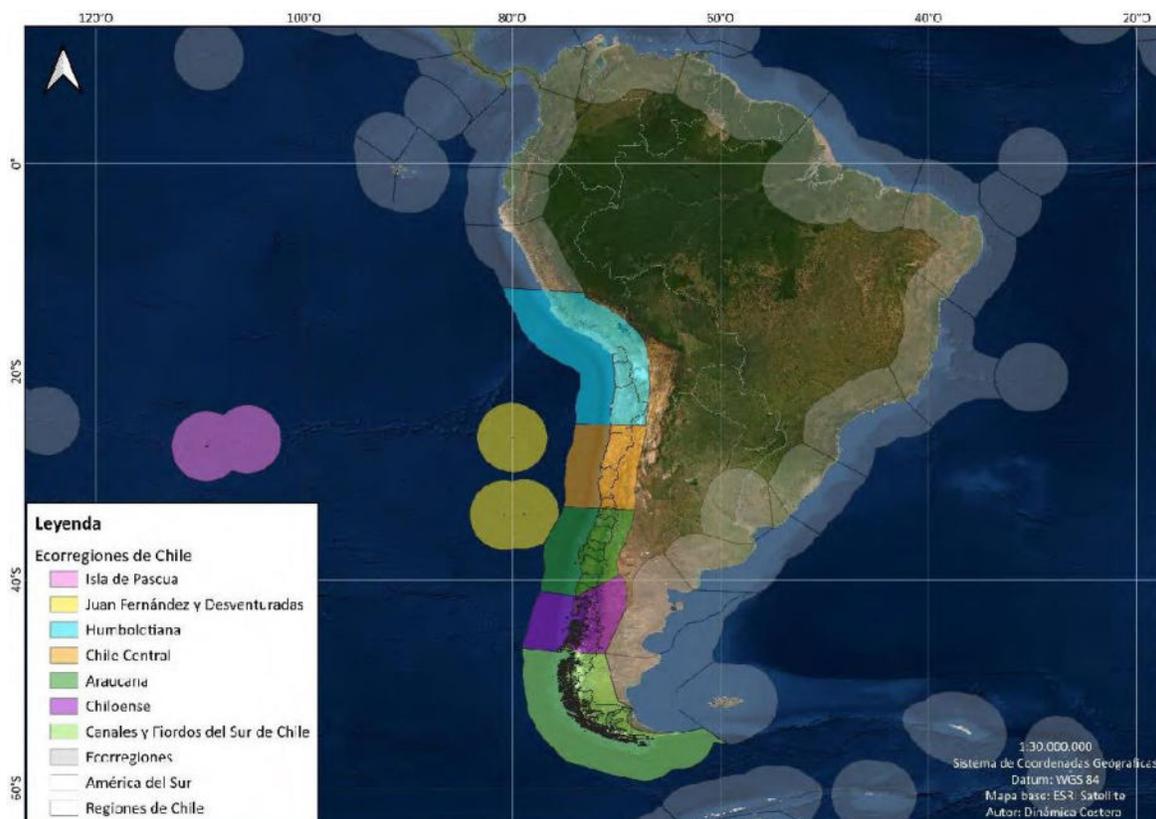


Figura 1. Ecorregiones de la ZEE de Chile. Fuente: Contreras-López *et al* 2022.

4.3. Áreas Marinas Protegidas por ecorregión (evaluación de atributos ecológicos) (modificado de Contreras- López *et al.* 2022).

4.3.1. Ecorregión Humboldtiana

a. **Reserva Marina La Puntilla-Playa Chinchorro**, fue creada el 2023 y tiene una extensión de 52,8 ha. y está ubicada en la comuna de Arica, Región de Arica y Parinacota. Durante los periodos entre bajadas y crecidas del río San José, se desarrolla una pradera de algas que abarca el intermareal inferior y el submareal por una larga extensión de menos de 3 m de profundidad, que atrae a la única colonia residente de tortuga verde en Chile. En consecuencia, esta AMP tiene como objetivo proteger, conservar y manejar la tortuga verde (*Chelonia mydas*), como así también proteger y recuperar el hábitat del área de alimentación y descanso más importante en Chile de la especie. También busca proteger y hacer un adecuado manejo de las especies que constituyen el alimento de la tortuga verde en la Playa Chinchorro (*Ulva* sp., *Gracilaria* sp. y *Chondracanthos chamisoi*), y fomentar el adecuado manejo de la flora y fauna marina representativa del área de alimentación de la tortuga verde con el propósito de garantizar su permanencia. Cabe señalar que esta AMP no cuenta con instrumento general de administración y se encuentra ubicada en una zona urbana, y al costado del puerto de la ciudad, por lo que presenta una fuerte presión antrópica.

b. **AMCP-MU Mar de Pisagua**, creada en el 2023, tiene una extensión de 73.460 ha. Ubicada en la comuna de Huara, región de Tarapacá. Se caracteriza por una zona de alta productividad primaria, alberga bosques de macroalgas pardas como *Lessonia trabeculata*, *L. berteriana* y *Macrocystis pyrifera*, que cumplen un rol fundamental como refugio, alimento para peces e invertebrados y como sumidero de carbono. Los objetivos son:

- i. Garantizar la conservación de un ecosistema muy diverso, que cuenta con ballenas, delfines, aves marinas, peces de roca, y el fondo marino.
- ii. Proteger las zonas de reproducción y reclutamiento de especies de peces pelágicos, como el jurel, sardina y anchoveta.

Además, se incluye la pesca artesanal tradicional, el turismo y la recreación en la zona como actividades a proteger y manejar sustentablemente como parte del área. No obstante, no posee línea base, ni instrumento general de administración. Existen dos Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB) en la zona norte denominada Pisagua y en la zona sur Punta Pichalo

c. **Reserva Marina La Rinconada**, creada en 1997 y con una extensión de 401 ha. Ubicada en Caleta Vieja, comuna de Antofagasta. Es el AMP más antigua del país. Posee una orientación geográfica, hacia el Sur y Suroeste, y su posición latitudinal se expone a la confluencia de varios tipos de masas de agua, entre ellas la sub-antártica y la corriente de Humboldt, lo que permite la incorporación de suficientes nutrientes a los niveles superiores, permitiendo el desarrollo de una comunidad fitoplanctónica típica de áreas de surgencia. La profundidad del área abarca desde los 6 hasta los 29 m, con un sustrato predominantemente de arena fina colonizado por el alga roja *Rhodymenia* sp. El objetivo del AMP es:

- i. Protección, mantenimiento y uso sustentable del banco natural de Ostión del norte, *Argopecten purpuratus*, sus diferentes estadios de desarrollo, así como los sustratos y hábitats favorables, y las condiciones y procesos ecológico-oceanográficos asociados a la mantención y expansión del banco natural.
- ii. Promover la participación de los pescadores artesanales organizados y agrupaciones de cultivadores en el programa de manejo de la reserva, desarrollando incentivos apropiados.

La creación de esta Reserva se basó en la importancia económica que representa este banco, a través del uso directo de los excedentes productivos o para apoyar las actividades de cultivo y las áreas de manejo. Además, esta especie posee características biológicas que le confieren el carácter de reserva genética del Ostión del Norte. Otras especies presentes en la reserva son el caracol Locate (*Thais chocolate*), jaiba peluda (*Cancer setosus*), Dorado (*Seriola lalandi*) y eventualmente Pulpo (*Octopus mimus*). Se encuentra administrada por SERNAPESCA, cuenta con estudio de línea base (no actualizado) e instrumento general de administración.

d. **Punta Morro – Isla Grande de Atacama** es una AMCP-MU desde el 2004, con una extensión de 4.349 ha. ubicada en la comuna de Caldera, región de Atacama. Alberga una serie de ecosistemas y paisajes con influencia de la cuenca del Río Copiapó a través de su desembocadura y humedal. Se encuentra cercano a Bahía Inglesa, un importante foco turístico, por lo cual recibe un alto número de visitas (no regulado), sobre todo en temporada estival. En su parte marina, considera la columna de agua, fondo de mar y rocas contenidas en la media milla marina proyectada desde la línea de costa hacia el océano. Se caracteriza por su valor escénico, debido a sus formas, colores y texturas, condicionando una alta heterogeneidad espacial e importancia ecológica, dada la diversidad de hábitat que allí se generan. El objetivo es contribuir a la valorización y protección de los servicios ecosistémicos del área. Las comunidades submareales están dominadas por el alga parda *Lessonia trabeculata*, en cambio las comunidades intermareales rocosas expuestas están dominadas por el alga parda *Lessonia spicata*, ambas especies incluidas entre los objetos de conservación. Los peces costeros rollizo (*Pinguipes chilensis*), bilagay (*Cheilodactylus variegatus*), cabrilla (*Paralabrax humeralis*), castañeta (*Nexilosus latifrons*), vieja (*Graus nigra*), apañado (*Hemilutjanus macrophthalmos*), jerguilla (*Aplodactylus punctatus*), baunco

(*Girella latifrons*), borrachilla (*Scartichthys viridis*), trombollito (*Helcogrammoides cunninghami*), cabinza (*Isacia conceptionis*), cascajo (*Sebastes capensis*), pejeperro (*Semicossyphus darwini*), jurel (*Trachurus murphy*), sargo (*Anisotremus scapularis*), chalaco (*Labrisomus philippii*) se encuentran dentro de los objetos de conservación, junto con el chungungo (*Lontra felina*) y aves endémicas de la corriente de Humboldt, consideradas en categoría vulnerable, tales como Yunco (*Pelecanoides garnotii*), Pingüino de Humboldt (*Spheniscus humboldti*) y Golondrina de mar peruana (*Oceanodroma tethys kelsalli*). También es posible encontrar individuos de la especie Lile (*Phalacrocorax gaimardii*) descrita como especie en categoría vulnerable y Piquero (*Sula variegata*) descrita como insuficientemente conocida. Posee estudios de línea base terrestre pero no marino-costera y cuenta con instrumento general de administración, sin embargo, éstos no han sido actualizados desde su creación. Se excluye de esta área a los espacios de columna de agua y fondo de mar correspondientes a 2 AMERB.

e. **Reserva Marina Isla Chañaral**, creada el 2005, posee una extensión de 3.784,2 há. Está ubicada en el límite sur de la región de Atacama. Forma parte de la Reserva Nacional Pingüino de Humboldt, administrada por la Corporación Nacional Forestal (CONAF). Es un área de anidación y protección del pingüino de Humboldt (*Spheniscus humboldti*) y área de protección de poblaciones residentes de delfines nariz de botella (*Tursiops truncatus*). Además, es un corredor biológico de ballenas y se constituye como un área de reproducción, asentamiento y exportación de larvas de moluscos de importancia económica, como los locos (*Concholepas concholepas*) y lapas (*Fissurella* sp.). La implementación de esta área protegida constituye un punto de referencia para el monitoreo de especies en categoría de conservación y especies bentónicas de importancia comercial (MMA, 2019). El objetivo de esta AMP es conservar la estructura de las comunidades marinas costeras de la Isla Chañaral y su valor ambiental, y las poblaciones de los recursos hidrobiológicos de interés para la pesca artesanal. Se plantea conservar y restaurar, las poblaciones de especies estructuradoras de hábitat y proteger los principales vertebrados acuáticos superiores presentes en el área. El intermareal es de tipo expuesto en el sector Sur de la isla y protegido en el sector Norte. La pendiente va de pronunciada a moderada, no existen playas de arena sólo algunas playas de bolones que son utilizadas por Pingüinos de Humboldt, Lobos marinos y Chungungos. La flora del intermareal constituida por un cinturón de Huiro negro (*Lessonia nigrescens*), a la cual se asocia una variada fauna de invertebrados. La estructura comunitaria del submareal entre 5 y 15 m de profundidad, caracterizada por el cinturón de *Lessonia trabeculata*, junto con *Mesophyllum* sp. y *Halopteris paniculata* con coberturas variables según el sector geográfico. Se realizan actividades de investigación y turismo, en donde se puede visitar la isla en embarcaciones pertenecientes a los pescadores que habitan en la caleta Chañaral. Se encuentra administrada por SERNAPESCA, y posee estudio de línea base e instrumento general de administración.

f. **Reserva Marina Islas Choros y Damas**, creada en 2005 y posee una extensión de 4.913,5 ha. Está compuesta por dos pequeñas islas costeras, ubicadas a menos de 7 km de la localidad de Punta Choros, comuna de la Higuera, región de Coquimbo. Es parte de

un sistema insular conformado por tres islas, representativo de la región de transición templada del Sistema de la Corriente de Humboldt. Se caracteriza por ser un área donde se produce surgencia permanente. Es hábitat de numerosas especies emblemáticas, como el delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*), el chungungo *Lontra felina*, el pingüino de Humboldt *Spheniscus humboldti* y el yunco *Pelecanoides garnotii*. Es una zona con altas densidades, tasas de retención y reclutamientos de larvas de especies de gran importancia comercial como el loco *Concholepas concholepas*, lapas *Fissurella* spp., erizo *Loxechinus albus*, y posee praderas de algas pardas del género (*Lessonia berteroa* y *Lessonia trabeculata*), lo que permite que sea una de las zonas con mayores tasas de desembarque de pesquerías bentónicas de la región. Además, es un área de gran interés turístico, sobre todo durante el período estival, y que posee gran potencial para el desarrollo de actividades ecoturísticas. Esto ha permitido que comunidades de pescadores del sector obtengan durante el verano importantes ingresos a partir de las actividades turísticas. Al suroeste presenta sectores altamente expuestos al oleaje, en contraste a la punta norte y sector este, que se encuentra protegido (Moraga, 1996). La dinámica de esta zona se caracteriza por la existencia de procesos de convergencia de flujos de agua en los niveles superficiales (20 m), los que se producen por la llegada de aguas procedentes del sur y del norte, generando una zona de remolino costero. Bajo los 20 m se produce una gran variabilidad espacial y temporal con la ocurrencia de continuos cambios en las direcciones de los flujos, los que estarían relacionados con corrientes de marea, la vorticidad relativa generada por fricción de borde y fondo y la entrada de aguas a través de los flujos este-oeste, los que en esta zona poseen gran importancia en el esquema de circulación (Peñalver, 2005). El submareal de Isla Choros es rocoso compuesto de bolones y cantos rodados, que se presenta accidentado e irregular extendiéndose aproximadamente hasta los 18-20 m de profundidad. Sobre los 15 m de profundidad y entre los cuadrantes Noreste y Sureste, se observan sectores con bolsones de arenas muy gruesas. El intermareal se caracteriza por la presencia de grandes paredones rocosos de fuerte pendiente hacia el submareal, observándose hacia el cuadrante Noreste conformaciones de playas de bolones. En el contorno de la isla, excepto en su extremo norte, se levantan de forma abrupta acantilados de hasta 30 m de altura. Frente al acantilado del extremo sur de la isla se ubica una de las zonas de residencia de la colonia de Delfines nariz de botella (*Tursiops*). En la cima de la isla se conforma una terraza con gran cantidad de pequeñas cuevas y grietas que son utilizados por las poblaciones de Pingüino de Humboldt (*Spheniscus humboldti*) como área de nidificación. Por su parte, la isla Damas presenta en su extremo norte de la ribera sur playas de arena blanca de gran atractivo para los turistas. El intermareal de Isla Choros se caracteriza por la presencia de un continuo y denso cinturón de Huiro negro (*Lessonia nigrescens*), esta macroalga estructura un hábitat que es propicio para el asentamiento y reclutamiento de especies de importancia comercial. El submareal, entre los 5-15 m. de profundidad, se caracteriza por un sustrato de tipo rocoso con espacios conformados por arena gruesa. El sistema biológico asociado está dominado por la macroalga Huiro palo (*Lessonia trabeculata*), que forma un dosel de plantas entre las cuales se registró la presencia significativa de *Mesophyllum* sp. Se encuentra administrada por SERNAPESCA, y posee estudio de línea base e instrumento general de administración. En la zona se realizan actividades de turismo e investigación.

4.3.2. Ecorregión Chile Central

a. **AMCP-MU La Higuera** en proceso de implementación, tiene una extensión de 221.900 ha y se encuentra dentro del Sistema de la Corriente de Humboldt (SCH), siendo una de las tres zonas más importantes de surgencia en el centro-norte del litoral chileno. Por ello es una de las áreas de mayor biodiversidad marina y productividad en nuestro país (Thiel *et al.* 2007). Alberga una gran variedad de mamíferos, tiburones y rayas, aves marinas, peces, moluscos, algas y corales, y también parte de la colonia más grande a nivel mundial del pingüino de Humboldt (*Spheniscus humboldti*) y sus zonas principales de alimentación durante la etapa de reproducción (Oceana, 2017). El área es zona de crianza para las especies claves de la cadena trófica pelágica del SCH; entre las que se identifica la anchoveta, los lobos marinos y numerosos recursos pesqueros. Entre sus ecosistemas se pueden encontrar Islas costeras, costas rocosas, y playas. No obstante, no posee línea base, instrumento general de administración, ni administración formal. Se registran actividades de turismo en la zona.

b. **AMCP-MU Las Cruces** es una pequeña AMP litoral, de 25,5 ha, ubicada en la comuna de El Tabo, región de Valparaíso. Se encuentra custodiada por la Estación Costera de Investigaciones Marinas de la Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC). Con el objetivo de impedir todo tipo de intervención humana directa, en 1982 los científicos Juan Carlos Castilla y Patricio Sánchez, decidieron cerrar un kilómetro de costa rocosa y el fondo marino adyacente. De este modo, crearon informalmente una de las primeras áreas marinas costeras protegidas en el mundo. Luego recién en el 2005 se formaliza como AMP. Este experimento, que buscaba evaluar el efecto del humano en el medio ambiente costero, aportó algunas de las primeras evidencias científicas de que los humanos están alterando profundamente los ecosistemas marinos de todo el mundo, lo que se vio reflejado en decenas de publicaciones e inspiró la creación de áreas marinas protegidas. Emplazada en una de las regiones con mayor ocupación y uso litoral del país, se encuentra expuesta a intensas presiones como puertos, industrias, extracción de recursos marinos, y uso recreacional. Representa un ecosistema costero rocoso con exposición directa al oleaje, y con la presencia de canalones, paredones, pozas intermareales y bolones. Su objetivo es proteger las condiciones naturales que sirven de referencia para las ciencias naturales y proteger una muestra representativa de especies presentes a escala regional. Entre los objetos de conservación se encuentran comunidades del intermareal y submareal rocoso: locos (*Concholepas concholepas*), lapas (*Fissurella* spp.) y algas, como cochayuyo (*Durvillaea antártica*) y huiro negro (*Lessonia nigrescens*); peces del intermareal; y aves marinas. Es administrada por la PUC y cuenta con línea base e instrumento general de administración, aunque no se actualiza desde el 2005. En el lugar solo se permiten actividades de conservación e investigación

4.3.3. Ecorregión Araucana

a. **AMCP-MU Lafken Mapu Lahual**, decretada el año 2005, tiene una extensión de 7.491,4 ha y se ubica a lo largo del litoral de la comuna de Río Negro, Provincia de Osorno a 4 millas náuticas al sur de la caleta y puerto de desembarque artesanal de Bahía Mansa. El área se extiende por 32 km de costa entre Punta Tiburón y Punta Lobería, una milla náutica mar adentro desde la línea de más alta marea. Al interior del AMCP-MU desembocan el Río Huellehue y el Río Cholguaco configurando dos ambientes estuarinos dentro del área (IFOP 2015). La zona abarca numerosos elementos que aseguran la conservación y representación adecuada de la biodiversidad marina del Pacífico templado sudoriental, constituida por áreas marinas, estuarinas y sectores terrestres prístinos de diversa geomorfología. Las características físicas de la zona son variadas e incluyen diversidad de tipos de masas de agua oceánicas y costeras, surgencias y zonas de mezcla (incluidos estuarios); sustratos duros, blandos, rocosos y arenosos; ausencia de fuentes contaminantes, impacto antrópico muy bajo y la presencia de bosque nativo templado y prístino, que alcanza hasta el borde del agua, todo lo cual le otorga un alto valor y significado al área de conservación. Al interior del AMCP-MU existen cinco AMERB. Es áreas de reproducción y crianza para numerosas especies de peces, tales como róbalo (*Eleginops maclovinus*), puye (*Galaxias maculatus*), lisa (*Mugil cephalus*), pejerrey (*Austromenidia* sp.) y también permiten el establecimiento de comunidades biológicas de aguas salobres y bancos de choro zapato (*Choromytilus chorus*). Dentro del área de estudio se observó una clara dominancia de distintas especies algales del tipo pardas y rojas como *Lessonia trabeculata* y *Messophyllum* sp., a lo largo de todo el gradiente latitudinal, sobre los 10 m de profundidad (Molinet *et al.* 2009). Entre los objetos de conservación se encuentran Áreas estuarinas de reproducción y crianza de peces como Robalo; pejerrey; puye, lisa; banco de Choro Zapato; Colonia de reproductora de Gaviotín sudamericano; Pingüino de Magallanes; Chungungo; Delfín austral y Lobo marino; Calidad de agua; Bosque de macroalgas: Durvillea; Huiro negro; Huiro palo; Cochayuyo. Posee estudio de línea base y plan general de administración, pero no un administrador formal.

4.3.4. Ecorregión chilense

a. **Reserva Marina Pullinque**, creada en 2004, posee una extensión de 1.389,1 há. Ubicada en la comuna de Ancud, sus orígenes se remontan a comienzos del siglo XX, con el establecimiento de una ostricultora estatal en el sector. Por la explotación ilegal y colapso de muchos bancos naturales de la ostra chilena (*Tiostrea chilensis*), se crea esta AMP con el objetivo de conservar y propagar a la especie desde la ostricultura de Pullinque, donde se encuentra uno de los últimos bancos naturales de la especie (MMA 2019). El cuerpo de agua tiene profundidades someras que no superan los 5 m. Tilleria (2011) revisa las fluctuaciones de la temperatura constatando una variación desde los 9°C durante el

invierno, hasta los 18°C en verano. Es administrada por SERNAPESCA, sin embargo, no posee estudio de línea base ni instrumento general de administración.

b. **Reserva Marina Putemún**, creada en 2004, posee una extensión de 1.465,7 ha. Ubicada en la comuna de Castro, en un fiordo que desemboca en el mar interior de Chiloé. En el área de la Reserva Marina desembocan una serie de pequeños esteros, siendo quizás el más importante el Estero de Putemún el cual vierten sus aguas por el sector Noroeste y cuyas aguas provienen de los altos de la localidad de Pid Pid. La profundidad máxima en la zona sur del fiordo (entre Punta Pello y Punta Ten Tén), se encuentran entre los 24 y 26 m. En dirección sur se encuentra la ensenada de Putemún, donde la pendiente disminuye paulatinamente generando la presencia de grandes extensiones de áreas someras altamente influenciadas por el régimen de marea. Luego del terremoto de 1960, que produjo importantes modificaciones en el sustrato de la zona costera e intermareal, se destruyeron los principales bancos de “choro zapato” de la zona. Luego en 1981 el sector se declara como Reserva Genética y centro productor de semilla para Choro y Choritos, además de establecer la prohibición de efectuar toda actividad extractiva de recursos hidrobiológicos en el área (Decreto Supremo N°248). Es posible encontrar una gran variedad de especies marinas (macroalgas, gastrópodos, bivalvos, equinodermos, crustáceos, peces, aves, entre otros), siendo la presencia de los bancos de Choro Zapato (*Choromytilus chorus*) y de Chorito (*Mytilus chilensis*) su característica más peculiar. El AMP tiene como objetivo mantener, recuperar y potenciar el banco natural de la especie choro zapato (*Choromytilus chorus*), con el fin de preservar la especie. Aun así, la especie se encuentra amenazada por una intensa explotación ilegal en la zona. No existen estudios sobre las comunidades de peces presentes, solo se ha detectado la presencia de pejerreyes (*Odonthestes* sp.), Robalo (*Eleginops maclovinus*), Cabrilla (*Sebastes capensis*), cardúmenes ocasionales de anchovetas (*Engraulis ringens*), Cachuditos o Trombollitos, Puye (*Galaxias maculatus*) y especies de salmónidos (IFOP,1999). También es común la captura de pejegato (*Schroederichthys chilensis*) y pejegallo (*Callorynchus callorynchus*), por parte de la comunidad que reside en las cercanías (SUBPESCA,2010). Es administrada por SERNAPESCA, posee estudio de línea base y cuenta con una propuesta de instrumento general de administración, sin embargo, aún no es implementado.

c. El **AMCP-MU Fiordo Comau-San Ignacio de Huinay**, creada en 1998 pero recién en el 2004 es formalizada como AMP. Tiene una extensión de 755,7 ha, es administrado por la Fundación San Ignacio del Huinay. Sus dependencias están emplazadas en un terreno de 34.000 hectáreas, perteneciente a la Fundación, que abarcan desde el fiordo Comau hasta el límite con Argentina, en la comuna de Hualaihué. En sus primeros 20 años de existencia, la Fundación se transformó en un referente nacional e internacional, por sus estudios en el ámbito de la biodiversidad acuática, destacándose el descubrimiento de más de 60 nuevas especies. A partir de 2018 la Fundación redefine su misión y visión, orientándose a la investigación científica de los ecosistemas de la Patagonia Chilena, con el objetivo de transformarse en un referente en estudios de cambio climático y un promotor de la educación, estrategias de conservación y de desarrollo sostenible en la región y en el país.

Asociado al cambio de misión y visión surge el “Centro de Investigación y Formación San Ignacio del Huinay”, cuyo objetivo es estudiar el impacto de la variabilidad de largo plazo y el cambio climático sobre los procesos e interacciones entre los ecosistemas terrestres y acuáticos de la región. Posee una diversidad relativamente alta que se estratifica según la profundidad. El objetivo del AMP es establecer una modalidad de conservación in situ de la biodiversidad, que propenda a la protección de los ecosistemas y los hábitats naturales, así como al mantenimiento y recuperación de poblaciones viables de especies en su ambiente natural. Proteger en forma global todos sus elementos significativos, prohibiendo toda actividad que pueda causar efectos adversos sobre el ecosistema, fauna y flora, así como también su hábitat. Entre los objetos de conservación se encuentran Ecosistema de los Fiordos Continentales de la Patagonia Norte de Chile. En el lugar solo se realizan actividades de conservación e investigación. Posee estudio de línea base, pero no instrumento general de administración.

d. **AMCP-MU Pitipalena Añihue**, creada en 2014, tiene una extensión de 46.897,5 ha. y se encuentra emplazada en el sector costero norte de la comuna de Cisnes, en la localidad aledaña de Puerto Raúl Marín Balmaceda. Dentro del área existen ecosistemas fluviales, estuarinos y marinos de alta biodiversidad, en particular la zona de islotes denominados Isla las Hermanas, la cual ha arrojado alta diversidad de avifauna, como también de biodiversidad bentónica. Existe una gran diversidad biológica marina y costera en el ecosistema marino de PitiPalena-Añihue, representado por diferentes grupos como mamíferos, aves, invertebrados y algas, y hábitats como fondo marino, columna de agua, roqueríos y playas. Dentro de las especies del fondo marino, un grupo representativo de su fauna bentónica son los corales, actinias y esponjas, como algunas especies de corales pétreos (del orden Scleractinia) y de hidrozooos (principalmente de la subclase Hydroidolina), los que forman colonias que pueden calcificarse o cubrirse de quitina, por lo que estructuran un importante hábitat bentónico (MMA, 2020). El objetivo del AMP es conservar la calidad ambiental de los sistemas ecológicos fluviales, estuarinos y marinos, la recuperación de los recursos marinos de importancia comercial, potenciando el desarrollo económico y la identidad local. Entre los objetos de conservación del área se encuentran sistema fluvial, estuarino y marino; Ecosistema de fondo rocoso; especies carismáticas y recursos de importancia comercial. No posee estudio de línea base ni administrador formal, pero sí posee instrumento general de administración. Entre las actividades que se realizan en el sector se encuentran pesca, turismo, e investigación.

e. **Parque Marino Tictoc**, creado el 2022 tiene una extensión de 1.019,16 há. Está ubicada en la zona del Golfo Corcovado-Bahía Tictoc, Región de Los Lagos. Es zona de alimentación y crianza de la ballena azul (*Balaenoptera musculus*) y zona de reproducción de otros mamíferos marinos icónicos como delfines, lobos marinos y nutrias, así como importantes colonias de aves marinas como pingüinos, cormoranes y fardelas. Presenta una población de sardina austral (*Sprattus fuegensis*) con características genéticas distintivas de otras poblaciones de esta especie. Posee un nivel de pristinidad alto y ambientes altamente productivos que favorecen la presencia de aves marinas: pingüinos,

pardelas, cormoranes y podría considerarse como un refugio climático dadas las condiciones oceanográficas y el aporte de la región como sumidero de carbono, en particular, se destaca la importancia que tienen los grandes cetáceos como parte fundamental del ciclo de carbono. No posee plan general de administración.

4.3.5. Ecorregión Canales y fiordos del sur de Chile

a. **AMCP-MU Tortel**, creada en 2018, tiene una extensión de 1.457.020 ha. y se compone de un cuerpo de agua oceánico costero, conocido como zona oceánica, y un cuerpo de agua interior, denominado Zona de Influencia Glaciar por su cercanía con el ventisquero San Rafael. La Zona Oceánica se destaca por su alta producción de plancton y reserva genética como larvas de peces e invertebrados. Otra característica de gran importancia es que es una zona de alimentación para lobos marinos y pingüinos que se reproducen en el borde costero del golfo. Es una zona importante para especies migratorias como ballenas y aves marinas como el albatros de ceja negra. La Zona de Influencia Glaciar abarca las porciones de aguas interiores de la comuna de Tortel que se extienden al este desde la isla Merino Jarpa, e incluye el estero Steffens, Mitchel, Steele y Montenegro, además de parte de los canales Baker, Troya y Plaza, y es colindante con los límites marítimos del Parque Nacional Laguna San Rafael, Parque Nacional Bernardo O'Higgins y la Reserva Forestal Katalalixar. Entre los objetos de conservación se hayan las especies de mamíferos marinos, como la ballena franca del sur (*Eubalaena australis*), el delfín chileno (*Cephalorhynchus eutropia*), el delfín austral (*Lagenorhynchus australis*), lobo común (*Otaria flavescens*), lobo fino (*Arctocephalus australis*), Huillín (*Lontra provocax*), y Chungungo (*Lontra felina*); especies de aves Marinas, como el albatros de ceja negra (*Thalassarche melanophris*), Petrel gigante antártico (*Macronectes giganteus*), Fardela negra grande (*Procellaria aequinoctialis*) Golondrina de mar (*Oceanites oceanicus*), Yunco de los canales (*Pelecanoides urinatrix*), Gaviotín sudamericano (*Sterna hirundinacea*), Pingüino de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*), Pingüino de penacho amarillo (*Eudyptes chrysolome*), Yeco (*Phalacrocorax brasilianus*), Cormorán imperial (*Phalacrocorax atriceps*), Lile (*Phalacrocorax gaimardi*), Quetru no volador (*Tachyeres pteneres*), Gaviota dominicana (*Larus dominicanus*), Gaviota cáhuil (*Larus maculipennis*), Churrete (*Cinclodes patagonicus*), Golondrina chilena (*Tachycineta meyeni*); especies de peces como el Chancharro, Cabrilla (*Sebastes* sp.), Merluza austral (*Merluccius australis*), y Róbalo (*Eleginops maclovinus*); la biodiversidad bentónica (incluye comunidades de corales de aguas frías en estado de conservación vulnerables): bosques de huiro flotador (*Macrocystis pyrifera*); bancos de Cnidaria; fondos de sedimento fino; bancos de corales de aguas frías (corales pétreos e hidrocorales) y de esponjas; el proceso ecológico de producción primaria; los Fiordos con y sin influencia glaciar, Zona de Influencia marina en estuario del Río Baker, del Río Bravo y del Río Pascua; el hábitat de especies de forraje (incluye hábitat de especies pelágicas como bentónicas en la Zona nerítica del Golfo de Penas); el paisaje natural y playas arenosas; Corredor y zonas de crianza de depredadores tope, tales como las orcas, ballenas, lobos marinos y aves marinas. En el lugar se realizan actividades de pesca y

turismo. Sin embargo, no posee estudio de línea base, instrumento general de administración, ni administrador formal.

b. El **AMCP-MU Francisco Coloane**, creado el 2003, tiene una extensión de 185.714 ha y representa sistemas ecológicos de importancia global y regional, como islas fiordos y canales, existiendo una variada diversidad biológica de vertebrados acuáticos. Se encuentra influenciado por el océano Atlántico, el Océano Pacífico -principalmente de la Corriente del Cabo de Hornos- y por el agua dulce que aportan los ventisqueros y glaciares del entorno (WCS, 2018). Destaca por sus hábitats marinos y terrestres por interesantes atributos paisajísticos y culturales, por existencia de múltiples ecosistemas, una gran variedad biológica, la localización de sitios de reproducción y de alimentación de vertebrados acuáticos, otorgándole un gran alto valor científico y turístico. El objetivo del área es conservar la diversidad o riqueza de especies o ecosistemas a escala regional. Mantener servicios ecosistémicos que contribuyen significativamente al bienestar de la población local o regional. Entre los objetos de conservación se encuentran la biodiversidad de vertebrados acuáticos como la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*), por ser un importante sitio de alimentación para esta especie; el pingüinos de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*), donde se ubica una importante colonia reproductiva, siendo el islote Rupert un sector que puede constituirse como una futura Reserva Genética para las poblaciones residentes de esta especie en la zona austral de Chile y, a su vez, ser utilizada como sitio de monitoreo de cambios poblacionales de las mismas (MMA, 2019); y el lobo marino común (*Otaria flavescens*). Las actividades que se desarrollan en la zona incluyen el turismo y transporte marítimo. No posee estudio de línea base ni administrador formal, y sólo posee un plan de manejo turístico.

c. **Parque Marino Francisco Coloane**, creado el 2003 y tiene una extensión de 4.632,3 ha. En este sector se encuentran situadas las islas Charles, James, Monmouth, Wet y Alcayaga, así como islotes menores y roqueríos que le otorgan, tanto a su entorno marino como terrestre, una gran heterogeneidad ambiental y potencialidad turística por sus bellezas escénicas, como es el caso de los glaciares de los senos Helado y Ballena (WCS, 2018). El área es reconocida por ser un sitio de traslado y alimentación de grandes mamíferos marinos, como lobos marinos (*Otaria flavescens*), orcas (*Orcinus orca*) y ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*), entre otras especies que son indicadores de un ecosistema saludable, rico en nutrientes y presas para estos grandes predadores tope (WCS, 2018). Asimismo, se encuentran en el área grandes extensiones de bosques de huiro (*Macrocystis pyrifera*) que estructuran a las comunidades bentónicas en el submareal. En su parte terrestre el área está compuesta, principalmente, por bosques de coigüe de Magallanes (*Nothofagus betuloides*), ñirre (*Nothofagus antarctica*), canelo (*Drimys winteri*), ciprés de las Guaitecas (*Pilgerodendron uviferum*) y leñadura (*Maytenus magellanica*), donde predominan los ambientes húmedos y ecosistemas de turberas (WCS, 2018). Su objetivo es mantener procesos ecosistémicos relevantes para la región relativos a descomposición producción de biomasa en ciclo de nutrientes. Proteger contra amenazas a la biodiversidad y preservar el área de alimentación de la especie Ballena jorobada

(*Magaptera novaeangliae*), conservar las áreas de reproducción de las especies Pingüino de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*) y Lobo marino común (*Otaria flavescens*). En el lugar se realizan actividades de transporte marítimo y turismo. Es administrado por SERNAPESCA, sin embargo, no posee estudio de línea base y solo posee un plan de manejo turístico.

d. **AMCP-MU Seno de Almirantazgo**, creado el 2018, tiene una extensión de 224.610 ha y se encuentra ubicado en Tierra del Fuego y tiene conexión con el Estrecho de Magallanes. Se caracteriza por su alta productividad biológica, gran riqueza y abundancia de especies endémicas y de importancia global. Constituye un ecosistema costero y marino único, reconocido por el mundo científico y la comunidad local por su alto valor para la conservación de la biodiversidad marina de la zona austral. Es posible encontrar el 39% de los mamíferos marinos y 65% de las aves presentes en la Región de Magallanes y la Antártica Chilena. Entre los objetos de conservación se incluyen las áreas de descanso, alimentación y reproducción de foca leopardo, *Hydrurga leptonyx*; la colonia reproductiva y área de alimentación de albatros de ceja negra, *Thalassarche melanophris*; las zonas de descanso, muda y reproducción del elefante marino del sur, *Mirounga leonina*; los bancos naturales de ostión del sur, *Austrochlamys natans*, de los fiordos Parry y Ainsworth; los bosques de huiro, *Macrocystis pyrifera*; los hábitats proglaciales-marinos ubicados en las bahías Parry, Ainsworth y Brookes, y los sitios de ocupación y tránsito históricos y culturales. No posee estudio de línea base, instrumento general de administración, ni administrador formal. En el lugar se realizan actividades de pesca, turismo y transporte marítimo.

e. **Parque Marino Islas Diego Ramírez y Paso Drake**, creada en 2019 y con una extensión de 50.644.200 ha está formado por dos grupos de islotes, rocas y arrecifes, separados entre sí por una extensión de 3,7 km de ancho en el extremo sur de la plataforma continental de Magallanes. Las costas rocosas de estas islas se caracterizan por su gran exposición al oleaje, lo cual se ve reflejado por la abundancia y cobertura de poblaciones de cochayuyo (*Durvillaea antarctica*). En el Archipiélago Islas Diego Ramírez convergen, con especial intensidad, los sistemas de aguas superficiales y profundas, y las últimas contribuyen a que durante la estación reproductiva se registre una alta producción primaria, formando en consecuencia un importante sumidero de carbono atmosférico (González *et al.* 2009). Hacia el sur forma parte del océano Antártico y al sureste limita con el Mar de Scotia. En su vasta extensión el Paso Drake comprende un conjunto de montes submarinos que albergan ecosistemas marinos vulnerables y hábitat para variadas especies que aún no ha sido posible estudiar completamente. Entre estos montes submarinos sobresale el monte Sars, una montaña submarina que se eleva dramáticamente desde el fondo marino abisal desde 4000 m hasta solo unos 100 m por debajo de la superficie del mar (Bohoyo *et al.* 2016). Esta zona ha sido identificada a nivel mundial como una de las últimas regiones prístinas, cuyo aislamiento geográfico y aguas peligrosas para la navegación han significado un bajo impacto humano directo. Por lo anterior, aves marinas amenazadas, como los Pingüinos macaroni y de penacho amarillo, y albatros de cabeza gris y ceja negra, encuentran en el

archipiélago Diego Ramírez un refugio para la reproducción, constituyendo una de las principales colonias reproductivas de estas especies a nivel mundial. En las costas del Archipiélago Islas Diego Ramírez predominan los sustratos de terrazas que constituyen grandes extensiones rocosas con fuerte pendiente. Estos ambientes son considerados sitios estables para el hábitat de organismos bentónicos como moluscos y macroalgas (SUBPESCA, 2017). La combinación de las condiciones oceanográficas y heterogeneidad únicas de la región han dado como resultado altos niveles de diversidad y endemismo de algas e invertebrados marinos (Häussermann & Försterra, 2009). Entre los variados objetos de interés para la conservación se ha registrado la distribución más austral del delfín chileno (*Cephalorhynchus eutropia*), especie endémica para Chile clasificada como “casi amenazada”, y del delfín austral (*Lagenorhynchus australis*). Variadas especies de algas e invertebrados marinos encuentran en las Islas Diego Ramírez su distribución más austral (SUBPESCA, 2017). Del mismo modo, las islas son un sitio de anidación importante para aves marinas como petreles y albatros. Se encuentran también bosques submarinos compuestos por *Macrocystis pyrifera* y *Durvillaea antarctica*, especies de los géneros *Lessonia* sp. y *Desmarestia* sp. En el área se realizan actividades de transporte marítimo. El administrador del área es SERNAPESCA, no obstante, no posee estudio de línea base, ni instrumento general de administración.

4.3.6. Ecorregión Juan Fernández y Desventuradas

a. **AMCP-MU Mar de Juan Fernández**, declarada en 2017, tiene una extensión de 1.748.070 ha. e incluye una extensa área marina que contiene al archipiélago de Juan Fernández y parte de sus montes submarinos. Su ecosistema oceánico cuenta con una gran cantidad de especies endémicas de invertebrados, peces, aves y mamíferos. Destaca el lobo fino de dos pelos (*Arctocephalus philippii*), que constituye una especie emblemática siendo el único mamífero marino endémico del archipiélago y el único pinnípedo endémico de Chile. También destacan especies longevas como Alfonsino (*Beryx splendens*), Bacalao (*Polyprion oxygeneios*) y Orange Rouphe (*Hoplostethus atlanticus*), y otras de ambientes frágiles como diversas especies de corales de profundidad, esponjas, actinias, briozoos, entre otros. Es parte de la ruta migratoria de las tortugas verde (*Chelonia mydas*) y negra (*Chelonia agassizzi*); de mamíferos marinos protegidos internacionalmente como la ballena franca, jorobada, azul y cachalote; de cetáceos menores como delfines de nariz de botella, el delfín negro, el delfín moteado y la orca; el elefante marino y el lobo fino subantártico. La biodiversidad de invertebrados está representada por los crustáceos con 128 especies de las cuales 20,3% son nuevas especies, siendo el orden Decapoda el más numeroso con 41 especies y cuyo nivel de endemismo como grupo es de 8%. Esto se condice con especies de larga vida larval (varias semanas a meses) como los crustáceos capturados en las prospecciones de montes submarinos, incluyendo al cangrejo dorado (*Chaceon chilensis*), la centolla de Juan Fernández (*Paromola rathbuni*) y la langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*). El resto de los invertebrados marinos como moluscos, poliquetos, briozoos, equinoideos, poríferos, actinias y asteroideos, alcanzan un nivel de endemismo promedio de 33,5%, destacando por su alto nivel de endemismo los poliquetos y moluscos.

Existen 142 especies de algas presentes, siendo la división Rodophyta la más diversa y abundante con 83 especies y cuyo nivel de endemismo es alto. Respecto a los grupos planctónicos, hay siete grupos de fitoplancton, los cuales se clasificaron en 31 géneros y 23 especies, y 16 grupos taxonómicos de zooplancton pertenecientes a seis grandes categorías a nivel de Phylum (Cnidaria, Annelida, Chaetognatha, Arthropoda, Tunicata y Vertebrata).

Su objetivo es conservar y proteger la biodiversidad y los ambientes marinos representativos (incluidos los montes submarinos) de la ecorregión marina de Juan Fernández, sistema insular constituido por las Islas Robinson Crusoe, Santa Clara y Alejandro Selkirk, asegurando el equilibrio y la continuidad de los procesos ecológicos a través del manejo y uso sustentable de la biodiversidad y el patrimonio natural. Entre los objetos de conservación se hayan Los ecosistemas, hábitats y especies costeras y marinas presentes en la ecorregión del Archipiélago Juan Fernández y los ecosistemas de montes submarinos, su fondo y columna de agua, así como los ecosistemas pelágicos, sus recursos hidrobiológicos y sus especies amenazadas. No obstante, no posee estudio de línea base, instrumento general de administración, ni administrador formal. Entre las principales actividades que se realizan en el área está la pesca.

En el año 2018, se crea el **Parque Marino Mar de Juan Fernández**, aumentando la extensión protegida a 38.642.000 ha. Tiene como objetivo la protección de ecosistemas únicos con alto grado de endemismo, como sus montes submarinos y ecosistemas pelágicos, además de conservación de especies, tales como, el atún aleta azul del sur, clasificada En peligro crítico de extinción; el Tiburón mako, clasificado como Vulnerable; la tortuga laúd, clasificada como Vulnerable y el Tiburón azulejo, clasificado como Casi amenazado, entre otros. Su administrador es SERNAPESCA, no obstante, no posee estudio de línea base ni instrumento general de administración.

b. **Parque Marino Nazca Desventuradas**, fue creado en el 2016 y tiene una extensión de 36.683.800 ha. Las Islas Desventuradas se encuentran formadas por varias islas e islotes, y están ubicadas a 850 km del continente. Se destaca la gran riqueza y diversidad de especies, además de su gran endemismo, encontrándose en un estado excepcional de conservación. Un 41% de los peces y un 46% de los invertebrados son endémicos regionales para zonas profundas. El área también es importante en la dinámica poblacional de especies de importancia comercial, como una zona de reclutamiento del recurso jurel y un área de alimentación y presencia importante de juveniles del recurso pez espada (MMA, 2021). En las Islas Desventuradas nidifican 10 especies de aves marinas y 2 especies de aves terrestres (Queltehue, *Vanellus chilensis*, y cernícalo, *Falco sparverius*), y atrae a un gran número de otras especies de aves marinas, por lo que son consideradas como un importante hábitat reproductivo y de alimentación (UCN, 2018). La circulación oceánica en el área de San Félix y San Ambrosio indican la presencia de flujos superficiales de bajas velocidades en dirección sureste de la isla San Félix (Moraga & Argandoña, 2001), lo cual podría favorecer una zona de acumulación larval de peces oceánicos entre la isla San Félix y la isla San Ambrosio (Acuña *et al.* 2009). Su objetivo es preservar los ecosistemas marinos

presentes en la ecorregión de las Islas Desventuradas, como también aquellos asociados a montes submarinos que constituyen parte de las Cordilleras de Salas y Gómez y de Nazca, y conservar la diversidad de especies y ecosistemas a escala regional. Sus objetos de conservación son el lobo marino de dos pelos (*Arctocephalus philippi*), tiburones de profundidad (*Squalus mitsukurii*, entre otros), los bosques de macroalgas de la especie *Eisenia cookeri*, los invertebrados y corales duros de fondos asociados a los montes submarinos, la langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*) y otros crustáceos; los ecosistemas y hábitats presentes en el área, ya que constituye una zona migratoria para la ballena azul (*Balaenoptera musculus*) y tortugas marinas, zona de reproducción y alimentación de aves marinas, zona de alimentación y ruta migratoria para el pez espada (*Xiphias gladius*) y de crecimiento para el jurel (*Trachurus murphy*); los montes submarinos, del área del Guyot Stockman, son un tipo particular de montes submarinos de importancia mundial, considerados como ecosistemas marinos vulnerables (Squeo *et al.* 2016). Se ha vinculado con la región zoogeográfica del Pacífico Indo-Occidental (Pequeño & Sáez, 2006), por lo que Contreras y colaboradores (2022) destacan la posibilidad de vincularlas con el clúster de AMPs de Rapa Nui o considerarlas como ecorregiones diferentes.

c. **Parque Marino El Palillo**, creado el 2017, posee una extensión de 4,8 ha. Colinda con el poblado San Juan Bautista y con el embarcadero de yates. Posee un alto grado de endemismo y una zona costera rocosa donde existe la presencia de corales y una alta biodiversidad, de algas, invertebrados y peces, por lo que se le considera un reservorio de biodiversidad, área de reclutamiento, y refugio de estadios tempranos de especies de importancia pesquera, debido al uso tradicional y comercial por parte de la comunidad local (ECOS, 2016). Posee como objeto de conservación el ecosistema, hábitats y especies costeras y marinas de la ecorregión del Archipiélago de Juan Fernández. En el lugar se realizan actividades de turismo y conservación. Su administrador es SERNAPESCA, no obstante, no posee estudio de línea base completo, solo estudios parciales, y no tiene instrumento general de administración.

d. **Parque Marino Tierra Blanca**, creado el 2017, posee una extensión de 57 ha. Ubicado en el sector noroeste de la isla Robinson Crusoe, aledaño al aeródromo y a un costado del Parque Nacional Juan Fernández, el cual tiene como objetivo recuperar praderas, protección de fauna y una zona primitiva (ECOS, 2016). Se ha reconocido que este sector cumple funciones de sitio de crianza del lobo fino de Juan Fernández (*Arctocephalus philippii*), contabilizando más de 1000 crías de lobo marino (SUBPESCA, 2014), especie emblemática del Archipiélago. Posee como objeto de conservación el ecosistema, hábitats y especies costeras y marinas de la ecorregión del Archipiélago de Juan Fernández. En el lugar se realizan actividades de turismo y conservación. Su administrador es SERNAPESCA, no obstante, no posee estudio de línea base ni instrumento general de administración.

e. **Parque Marino El Arenal**, creado el 2017, posee una extensión de 66,7 ha. Ubicado en el sector noroeste de la isla Robinson Crusoe, al lado occidental del aeródromo. El Arenal es representativa de uno de los escasos ambientes de fondo blando del Archipiélago (SUBPESCA 2014). Además, se reconoce como un sitio de crianza del lobo fino de Juan Fernández (ECOS 2016). El sector intermareal está caracterizado por el hábitat rocoso de bolones y se encuentra abundancia de algas crustosas y filamentosas y gasterópodos endémicos (*A. fernandezensis* y *Acmaea juanina*). Estos hábitats se caracterizan por una gran variedad de algas que cubren una porción importante del sustrato, las que a su vez proporcionan refugio para un gran número de invertebrados como el pulpo de Juan Fernández (*Octopus* sp.) y el pepino de mar (*H. platei*). La especie endémica de alga *Padina fernandeziana* muestra en este sitio su mayor abundancia (PUC, 2015). Posee como objeto de conservación el ecosistema, hábitats y especies costeras y marinas de la ecorregión del Archipiélago de Juan Fernández. En el lugar se realizan actividades de turismo y conservación. Su administrador es SERNAPESCA, no obstante, no posee estudio de línea base ni instrumento general de administración.

f. **Parque Marino Montes submarinos Crusoe y Selkirk**, creado el 2017, posee una extensión de 152.812 ha. Es una porción de la cuenca oceánica emplazada entre las islas Robinson Crusoe y Alejandro Selkirk. Su objetivo es preservar los ecosistemas marinos presentes en torno y sobre los montes submarinos, que constituyen parte del cordón de Juan Fernández y los componentes de la biota acuática presente en el área bajo protección, como una forma de contribuir a la conservación de la biodiversidad nacional y mundial. Sus objetos de conservación son los ecosistemas, hábitats y especies costeras y marinas presentes en la ecorregión del Archipiélago Juan Fernández. Su administrador es SERNAPESCA, no obstante, no posee estudio de línea base ni instrumento general de administración.

g. **Parque Marino Lobería Selkirk**, creado en 2017 y con una extensión de 281,3 ha. Se ubica en la parte sur oeste de la Isla Alejandro Selkirk. El lobo fino de Juan Fernández, *Arctocephalus phillipii*, es identificado como un objeto de conservación de esta AMP, debido a su carácter de especie endémica y su importancia como depredador tope, lo que releva su abundancia como señal de la salud del ecosistema. Es una zona emblemática por ser el lugar donde se descubrió una población cuando la especie se creía extinta (ECOS, 2016). Es la zona de reproducción más importante del lobo Fino de Juan Fernández en donde se reúne y reproducen casi la mitad de la población total de la especie consistente de unos 20.000 individuos (SUBPESCA, 2014). Es posible encontrar también elefantes marinos y lobo fino subantártico (*Arctocephalus gazella*). Entre los mamíferos marinos que se observan en el lugar destacan el delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*), el delfín negro (*Cephalorhynchus eutropia*), el delfín moteado (*Stenella attenuata*), y las orcas (SUBPESCA, 2014). También se observan la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*), la ballena franca (*Eubalaena australis*), la ballena azul (*Balaenoptera musculus*), y el cachalote (*Physeter macrocephalus*). También se reportan con frecuencia las tortugas marinas (*Chelonia mydas* y *Chelonia agassizii*), entre octubre y mayo debido a que sus

rutas migratorias incluyen el mar adyacente al Archipiélago (SUBPESCA, 2014). En Alejandro Selkirk se encuentran dos especies de fardelas endémicas, que se reproducen sólo en esta isla: la fardela de Masafuera (*P. longirostris*) y la fardela blanca de Juan Fernández (*P. externa*). Ambas especies se encuentran catalogadas como vulnerables, y forman sus colonias de nidificación principalmente en los bosques del helecho (*D. externa*) que se ubican en la parte sur de la isla (ECOS, 2016). Su objetivo es preservar los ecosistemas marinos presentes en torno y sobre los montes submarinos, que constituyen parte del cordón de Juan Fernández y los componentes de la biota acuática presente en el área bajo protección, como una forma de contribuir a la conservación de la biodiversidad nacional y mundial. Sus objetos de conservación son los ecosistemas, hábitats y especies costeras y marinas presentes en la ecorregión del Archipiélago Juan Fernández. Su administrador es SERNAPESCA, no obstante, no posee estudio de línea base ni instrumento general de administración. En el lugar se realizan actividades de turismo y conservación.

4.3.7. Ecorregión Isla de Pascua

a. Las **AMCP-MU Hanga Oteo** (291,6 ha.), **Coral Nui Nui** (13,3 ha.) y **Motu Tautara** (9 ha.) fueron realizadas en conjunto, con los mismos objetivos y objetos de conservación, entre ellos especies de coral, peces, moluscos y crustáceos endémicos de la isla, relieve submarino: arcos, cavernas profundas, plataformas de lava, acantilados y fondos rocosos. Están ubicadas en la zona litoral de la isla, y se caracterizan por tener un alto porcentaje de endemismo, y especies de coral con un desarrollo extraordinario de varios metros de diámetro. Son áreas de difícil acceso, excepto Coral Nui Nui, y son visitadas por turistas a través de un sendero cercano a la costa, pero carente de accesos al mar. La investigación en estas tres AMP ha sido escasa debido al aislamiento geográfico. Sin embargo, desde la primera mitad del siglo XIX, se han realizado varios muestreos y expediciones científicas nacionales e internacionales, pero ninguno en Hanga Oteo, que tampoco cuenta con estudio de línea base. DIRECTEMAR, ha sido designada como administrador de estas AMP desde 1999, sin embargo, no se ha realizado ninguna acción o gestión para propiciar la protección del lugar. Motu Tautara es un islote plano situado en la costa poniente, frente a Ana Kakenga, y destacan especialmente por su avifauna asociada (Flores *et al.* 2013). Debido a su cercanía a Hanga Roa y la existencia de un sendero expedito, es observado frecuentemente desde el litoral de la isla por turistas. Por su parte, Coral Nui Nui se ubica en litoral oeste de la isla, es utilizada como área de buceo lo que ha permitido que sea un punto de muestreo frecuente en investigaciones con áreas de estudio más amplias. Su valor escénico se encuentra disminuido por encontrarse cerca de Hanga Roa, el principal poblado de Rapa Nui.

b. El **AMCP-MU Rapa Nui** es una de las AMP más grandes de la red nacional, con 72.621.104 há. Presenta un alto grado de endemismo y su objetivo es proteger el entorno natural considerando todos sus componentes y que las actividades que se desarrollan en su interior deben ejecutarse de forma tal que no afecten los objetos de protección. Es un

área de pesca, donde uno de los recursos principales es el pez espada (*Xiphias gladius*). Entre los objetos de conservación se encuentran el suelo y subsuelo marino, en particular arrecifes de coral y especies asociadas, montes submarinos y fuentes hidrotermales; la columna de agua; mamíferos marinos tales como la ballena azul, la ballena mieke, la ballena jorobada, el cachalote, el zifio de Cuvier, el zifio de Blainville, la falsa orca, la ballena piloto, el delfín nariz de botella y el delfín común; aves marinas tales como el ave del trópico de cola roja o tavake, petreles, gaviotas y piqueros; y recursos hidrobiológicos, como el caracol pure, el atún de aleta amarilla o kahí, el atún de ojos grandes, el mahi mahi, la albacora o ivi heheu, la vidriola o toremo, el jurel negro o ruhí, el pez timón o nahue, la langosta de Isla de Pascua, el tiburón mango o de Galápagos y otros tiburones. Sin embargo, no posee línea base, instrumento general de administración, ni administración formal, lo cual la deja en un estado de desprotección preocupante.

c. **Parque Marino Motu Motiro Hiva**, fue creado el 2010 y posee una extensión de 1.886.500 há. Rodea a las islas Salas y Gómez y se emplazan dos montes pertenecientes a una importante cadena que se extiende hasta islas Desventuradas. La lejanía de las Isla Salas y Gómez ha permitido que se transforme en un reservorio natural de biota marina, debido a que no ha sufrido los efectos de la intervención humana en el ambiente. La biodiversidad refleja las condiciones de un lugar sin o con escasa intervención antrópica y rica en recursos naturales. La riqueza específica de aves marinas presentes, permiten postular la presencia de un ecosistema prístino. Dada la alta tasa de alimentación, metabolismo y los requerimientos de energía. Las aves marinas son consideradas componentes claves de los ecosistemas costeros y pelágicos, además de ser potenciales indicadores de la disponibilidad de alimento y de la presencia de contaminantes dentro de estos ecosistemas. Existe una abundante presencia de tiburones y de peces, lo cual constituye un buen indicador de la innegable calidad de conservación de los ecosistemas presentes (MMA 2021). Su objetivo es preservar los ecosistemas marinos en torno a las islas y montes submarinos que constituyen parte del cordón Salas y Gómez, y los componentes pelágicos presentes en el área, como una forma de contribuir a la conservación de la biodiversidad nacional y mundial.

4.4. Impactos del cambio climático que amenazan las AMP

Una de las grandes dificultades a la hora de evaluar los efectos del cambio climático sobre las AMP de nuestro país es que las proyecciones modeladas presentan incertidumbres a la hora de establecer los efectos del cambio climático a nivel local o en zonas muy cercanas a la costa. Esto, no solo ocurre por inexactitudes de los instrumentos de medición, sino también por la fuerte influencia de los aportes de agua dulce y nutrientes proveniente de las cuencas (McLeod *et al.* 2012).

Winckler y colaboradores (2020), pronostican que el fortalecimiento, la expansión y la migración hacia el sur del Anticiclón Subtropical del Pacífico Sudeste (SPSA) pueden explicar parcialmente el aumento de la presión atmosférica, el aumento de los vientos a lo

largo de la costa (hacia el ecuador), la reducción de la temperatura superficial del mar (SST), la reducción de las precipitaciones y la descarga de los ríos. Por otro lado, las tendencias históricas de nivel medio del mar (RMSL) son espacialmente heterogéneas y probablemente moldeadas por la deformación vertical del lecho marino dentro del ciclo sísmico, que es comparable con siglos de cambios en el nivel del mar provocados por el clima. Por lo tanto, las proyecciones de niveles extremos del mar deben complementarse con estimaciones locales de hundimiento/levantamiento debido a la compactación de sedimentos, el rebote isostático y los terremotos.

El aumento de los vientos a lo largo de la costa conlleva a un aumento de la surgencia costera, lo que a su vez podría reducir la SST y aumentar los niveles de clorofila-a.

De acuerdo con el último informe realizado por el IPCC (2022), se espera un aumento sostenido de la temperatura superficial del mar en una perspectiva global, lo que produciría una tropicalización de los océanos y una estratificación de las masas de agua. De acuerdo con el mismo informe, los mayores cambios en temperatura ocurrirían en ecorregiones Araucana, Chile Central y Humboldtiana, en donde los primeros afectados serán la producción primaria y los bosques de macroalgas, lo que, al ser los sostenedores de los ecosistemas, terminará afectando indirectamente al resto de los organismos.

No obstante, se ha observado en la zona costera viento favorable a surgencia que se ha intensificado y se ha desplazado hacia el polo, sobre todo en primavera (Sydeman et al. 2014, Rykaczewski et al. 2015, Aguirre et al. 2019, Winckler et al. 2020). Eso ha generado cambios tanto en la biomasa como en la composición del fitoplancton en aguas costeras (Jacob et al. 2018, Weidberg et al. 2020), y una intensificación de la hipoxia costera principalmente debido a la mayor advección hacia la costa de aguas ricas en nutrientes pero pobres en oxígeno de origen ecuatorial (De la Maza y Farias 2023). Intrusiones recurrentes de agua hipoxica durante surgencia intensa han sido - y se espera que sigan siendo - la principal forzante de eventos de varazon masiva, como ese ha mostrado en Oregon (Grantham et al. 2004) y Chile central (Hernandez-Miranda et al. 2010).

De acuerdo con Contreras y colaboradores (2022), los mayores cambios de pH se dan en la superficie para zonas de altas latitudes y zonas de surgencia -como es el caso de gran parte de la costa chilena- mientras que es a la inversa en zonas subtropicales y aguas intermedias. Sin embargo, de acuerdo al estudio realizado por Schmidtko y colaboradores (2017), concluye que en el Pacífico Sur la disminución de oxígeno será menor en comparación con el Pacífico Norte y Tropical.

En cuando a la acidificación del océano, se espera un cambio general de pH neutro (pH=8) a pH más ácidos en aguas oceánicas abiertas, en cambio aguas costeras han sido menos estudiadas, pero son muy influenciadas por factores locales (ríos, surgencia). En consecuencia, es importante considerar la adaptación biológica local a los cambios de pH en el ambiente. El trabajo de Vargas y colaboradores (2017) para aguas costeras superficiales en Chile, muestra presiones parciales de CO₂ tres a cuatro veces mayor que aquellas de las aguas oceánicas abiertas. Esto como consecuencia de factores locales,

como desembocaduras de ríos, zonas de surgencias marinas y alta productividad primaria. El trabajo concluye que las respuestas de las especies marinas a una mayor acidificación oceánica en el futuro deben tomar en cuenta las adaptaciones locales que estas especies pueden presentar.

Con respecto a los cambios proyectados en los parámetros del oleaje, se observa un aumento de la altura significativa proyectada de las olas en las latitudes por encima de los 50°S. Estos cambios se producen debido a la migración hacia el polo del cinturón de vientos del oeste del Océano Pacífico meridional y de la dorsal subtropical (Winckler *et al.* 2020).

4.5. Impactos no climáticos que amenazan las AMP

Los factores de estrés no climáticos pueden tener efectos independientes, sinérgicos, aditivos o antagónicos con el cambio climático. Los hábitats que tienen que soportar múltiples factores estresantes no climáticos pueden ser más sensibles a los cambios climáticos. Entre ellos se encuentra la contaminación, la minería, el turismo no regulado, la pesca no regulada, entre otros. A continuación, se describen algunos de los estresores no climáticos identificados.

4.5.1. Ausencia de plan de manejo o plan general de administración

El potencial de gestión refleja nuestra capacidad para impactar la capacidad de adaptación y la resiliencia de un hábitat al clima y los cambios provocados por el clima. En Chile, de acuerdo con los antecedentes recabados en este estudio y en función de la totalidad de la superficie cubierta por la red nacional de AMP 99,9% de la superficie carece de Planes de Manejo, es decir no se desarrolla una gestión de protección concreta en dichos espacios decretados. Esto afecta la eficiencia en todo ámbito, financiero, ya que no necesariamente se gestionan los recursos de forma eficiente, social, y en las estrategias de monitoreo. Al no realizar un plan de monitoreo de las condiciones físicas y ecológicas, no se puede tener certeza de cómo están afectando las condiciones climáticas, o si las estrategias de gestión están dando resultados positivos.

4.5.2. Actividades productivas

La evidencia disponible señala que la salmonicultura genera importantes impactos ambientales locales sobre la biodiversidad local, debido a la contaminación del fondo marino, la calidad del agua debido al exceso de antibióticos, los desechos materiales que quedan acumulados en el borde costero, el escape de salmones, que compiten por los recursos con otros animales, entre otros.

De acuerdo con resultados de Viddi y colaboradores (2023), la industria hoy en día no es sostenible, ni a nivel socioeconómico ni ambiental. Los resultados del estudio dan cuenta de los riesgos y los impactos directos e indirectos sobre los mamíferos marinos. Entre ellos

se encuentran las colisiones, enmallamientos, los cambios conductuales, la degradación y pérdida de hábitats, entre otras.

En síntesis, esta actividad no es compatible con los actuales esfuerzos para llevar a las áreas protegidas a estándares más altos de protección de la biodiversidad y desarrollo de las comunidades locales. Esta evidencia no solo afecta a las AMP sino que también a las exportaciones de la industria acuícola ya que la nueva política comercial de Estados Unidos exige a los países exportadores demostrar que, dentro de sus Zonas Económicas Exclusivas, la industria pesquera y acuícola cumple con medidas equivalentes a la Ley de Protección de Mamíferos Marinos de los EE. UU. De lo contrario, se corre el riesgo de perder licencias de exportación de los productos del mar a este mercado.

La degradación del hábitat en las aguas adyacentes a las instalaciones de acuicultura, por efecto acumulativo de nutrientes, por ingreso y carga, metales pesados y fármacos es un aspecto fundamental para considerar en torno al impacto directo o indirecto (efecto cascada) sobre los cetáceos. Wiber y colaboradores (2012) informan que todos los pescadores informaron sobre una degradación ambiental significativa alrededor de los sitios de acuicultura. Dos años después del establecimiento de una operación acuícola, los pescadores informaron que las langostas hembras fertilizadas y el arenque evitaban la zona, las conchas de choritos y erizo se volvían quebradizas, la carne de chorito y las gónadas de erizo decoloraban.

4.5.3. Tránsito marítimo, contaminación acústica y riesgo de colisión

La capacidad de las ballenas azules para evitar a las embarcaciones parece estar limitada a descensos/ascensos relativamente lentos, sin movimientos horizontales para alejarse de una embarcación (McKenna *et al.* 2015; Szesciorka *et al.* 2019), por lo tanto, los eventos de colisión podrían representar amenazas significativas para la supervivencia y recuperación de esta población en peligro de extinción.

En este sentido los corredores biológicos brindan a las ballenas una ruta segura y sin obstáculos para sus desplazamientos. Un corredor biológico es una ruta o área que conecta diferentes hábitats y ecosistemas, permitiendo el movimiento de especies y facilitando la migración, reproducción y dispersión de organismos. Estos corredores son cruciales para mantener la biodiversidad y garantizar la supervivencia de muchas especies, incluyendo las ballenas. Al mantener estas rutas abiertas y libres de interferencias humanas, se les permite a las ballenas seguir sus patrones migratorios naturales y acceder a los recursos necesarios para su supervivencia. Además, los corredores biológicos no solo evitan la colisión con embarcaciones también pueden proporcionar protección contra amenazas como la caza ilegal o la contaminación.

4.6. Vacíos de información

4.6.1. Profundizar estudios sobre densidad biomasa y cobertura de los bosques de macroalgas

Chile no cuenta con un inventario de bosques de algas por especie de importancia, por lo cual es necesario sistematizar y profundizar información sobre la densidad, la biomasa y la cobertura de los bosques de macroalgas con una metodología única y validada. En la misma línea, no existe un escalamiento de biomasa y tasas de producción primaria para estimar el secuestro o enterramiento de carbono y, con ello, un balance de carbono azul para Chile.

La Ley General de Pesca y Acuicultura solo considera al alga como un recurso, regulando en consecuencia su explotación. Así, en su artículo 9 bis, se otorga la facultad para que la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura establezca planes de manejo aplicables a todo o parte de una región o regiones (como el caso de Tarapacá, con la Resolución Exenta 3.344, de 2013). Además, la normativa no introduce elementos para asegurar la conservación del alga dado su rol frente a la adaptación y mitigación al cambio climático, lo cual representa una brecha que hay que ir subsanando.

4.6.2. Áreas planctónicas clave del Océano

La contaminación generada por las actividades humanas, junto con los efectos del cambio climático, han causado un impacto notable en las propiedades fisicoquímicas de los océanos, como el aumento de las temperaturas, el aumento de la acidificación y la disminución del oxígeno. Estos cambios ambientales tienen influencia directa en la cantidad y naturaleza de las especies de plancton que prosperan en todo el mundo. El plancton es el ecosistema más grande del planeta y es la base de toda la vida marina e inciden directamente en el frágil equilibrio que permite el funcionamiento eficiente de la bomba biológica de carbono, el equilibrio de la cadena alimentaria y los intercambios entre las diferentes áreas oceánicas. Por lo cual identificar, monitorear y, en última instancia, proteger los "servicios ecosistémicos" del plancton es crucial para mantener la capacidad de los océanos para mitigar los diversos efectos del cambio climático.

En este sentido, el programa científico KOPAS (Key Ocean Plankton AreaS) propuesto por la fundación Tara Oceans para Chile, se encuentra avanzando en identificar mejores correlaciones, funciones y simbiosis entre organismos, y estimar los valores de los servicios ecosistémicos más esenciales proporcionados por el plancton. Esto a través de herramientas de genómica, microscopía de alta definición y bioinformática producen y

analizan una gran cantidad de datos cuantitativos. Esta nueva exploración científica del plancton nos permitirá estimar la capacidad de:

- i. Bomba Biológica de Carbono: absorber y almacenar carbono de la atmósfera
- ii. Producción primaria: siendo la base de todas las cadenas alimentarias en el océano
- iii. Conectividad: proporcionar regulación y conectividad entre diferentes regiones oceánicas

La implementación de estas herramientas tendría un efecto en cascada verdaderamente global: desde sustentar el plancton y la biodiversidad marina en general, hasta proporcionar mejores predicciones para las poblaciones de peces y garantizar la continuidad de las actividades humanas relacionadas con los océanos, pasando por el apoyo al almacenamiento de carbono en los océanos y la mitigación del cambio climático (Fundación Tara Ocean 2020).

4.6.4. Predicción climática a escala local

En la mayoría de las AMP no se puede predecir los efectos del cambio climático por falta de predicciones en zonas costeras, y en fiordos y canales. Es por esto que se requiere un programa de monitoreo de variables oceanográficas y atmosféricas que provean series de tiempo no limitadas a muestreos puntuales desarrollados por investigaciones en el marco de proyectos específicos.

Dada la baja calidad de los modelos de elevación digital y líneas de costa disponibles (cuyo error es mucho mayor a los cambios esperados en la cota), se debe fortalecer los sistemas de adquisición de datos y esfuerzos adicionales de atribución para aislar la influencia de la variabilidad climática, los forzamientos antropógenos y geofísicos del cambio climático en estas tendencias (Winckler *et al.* 2020).

Además, también existe una falta de datos ambientales sobre la variabilidad del pH/pCO₂ y la distribución geográfica de las especies son lagunas de investigación críticas para los estudios que tratan sobre la proyección de las respuestas de los organismos a la acidificación de los océanos (Vargas *et al.* 2017).

4.7. Propuesta de priorización de AMP

De acuerdo a la información recabada, y a la limitada información climática disponible a nivel local, a continuación, se propone una evaluación cualitativa de la vulnerabilidad modificada Hutto *et al.* (2015), en base a 11 indicadores claves de sensibilidad, exposición y capacidad de adaptación (**Tabla 1**). De acuerdo con esta evaluación se estima que las AMP de La Puntilla- Playa Chinchorro, Pullinque y Putemún son las que poseen más altos valores de vulnerabilidad (**Tabla 3**), es decir una capacidad relativamente baja para adaptarse y resistir los efectos del cambio climático, por lo cual en estas áreas deben

priorizarse los esfuerzos para mitigar sus efectos. Si bien esta es una evaluación exploratoria se considera apropiado realizar una consulta de expertos para su validación.

Tabla 3. Nivel de vulnerabilidad de las AMP. Fuente: Elaboración propia.

AMP	SUMA DE INDICADORES	NIVEL DE VULNERABILIDAD
1. La Puntilla-Playa Chinchorro	9	Alto
2. Mar Pisagua	5	Medio
3. La Rinconada	7	Medio
4. Punta Morro - Isla Grande De Atacama	7	Medio
5. Isla Chañaral	6	Medio
6. Isla Choro Y Damas	6	Medio
7. Hanga Oteo	7	Medio
8. Motu Tautara	7	Medio
9. Coral Nui Nui	7	Medio
10. Rapa Nui – Montes Submarinos	7	Medio
11. Motu Motiro Hiva	5	Medio
12. La Higuera	6	Medio
13. Las Cruces	7	Medio
14. Nazca Y Desventuradas	5	Medio
15. Mar de Juan Fernández	6	Medio
16. Mar de Juan Fernández	5	Medio
17. Tierra Blanca	6	Medio
18. Lobería Selkirk	6	Medio
19. El Arenal	6	Medio
20. El Palillo	6	Medio

21. Montes Submarinos Crusoe Y Selkirk	5	Medio
22. Lafken Mapu Lahual	7	Medio
23. Pullinque	8	Alto
24. Putemún	8	Alto
25. Fiordo Comau – San Ignacio De Huinay	6	Medio
26. Tictoc	6	Medio
27. Pitipalena Añihue	5	Medio
28. Tortel	4	Medio
29. Francisco Coloane	3	Bajo
30. Francisco Coloane	3	Bajo
31. Seno Almirantazgo	5	Medio
32. Islas Diego Ramírez Y Paso Drake	4	Medio

5. Discusión

Dadas las negociaciones en curso sobre los objetivos de conservación internacionales, es el momento propicio para reformar de manera proactiva la gestión de conservación de los ecosistemas marinos en el actual escenario de emergencia climática. Los enfoques conceptuales y las herramientas de apoyo a la toma de decisiones para integrar el cambio climático en el diseño de sitios y redes de AMP existen desde hace más de una década. Sin embargo, la adopción de estas medidas en la gestión y las políticas parece limitada y globalmente descoordinada (Tittenson *et al.* 2019). Esta evidencia, requiere de acciones urgentes para la implementación de medidas concretas y la cooperación internacional para que las acciones sean más efectivas. En este sentido el Tratado del Mar, la COP15, sumado al trabajo realizado por la mesa Océanos y criósfera en la COP25, son un aporte real en esta dirección.

No cabe duda de que los impactos del cambio climático no se distribuyen de manera equitativa, las comunidades más vulnerables y marginadas serán las más afectadas por este fenómeno global. Es por esto que las desigualdades socioeconómicas, las limitaciones de recursos y la falta de acceso a la información pueden agravar la vulnerabilidad al cambio climático.

Es importante enfatizar la importancia de la acción colectiva y la necesidad de involucrar a múltiples sectores y partes interesadas en la búsqueda de soluciones sostenibles al cambio climático. Sumado a esto, es importante que dentro de las AMP también se promueva la igualdad de género, ya que de acuerdo con análisis realizados por la ONU demuestran que los hombres y las mujeres cuentan con distintos mecanismos de adaptación y puntos débiles al enfrentarse a los efectos del cambio climático. De esta forma, no sorprende que las dinámicas de género afecten a las consideraciones a la hora de diseñar e implementar estrategias para encontrar soluciones de adaptación frente al cambio climático.

Entre los factores más críticos que afectan el nivel de vulnerabilidad en las AMP es la falta de planes de manejo o instrumentos generales de administración, en donde algunas ni siquiera poseen objetivos establecidos formalmente. Actualmente, cerca del 72% de las AMP no poseen plan de manejo, y si los tienen estos no se encuentran debidamente implementados o actualizados, y ninguno tiene un enfoque adaptativo, lo que de acuerdo con los expertos es fundamental para mitigar los efectos del cambio climático. La gestión inteligente del clima debe convertirse en un objetivo predeterminado para todas las áreas protegidas y convertirse en un objetivo de política internacional explícito.

Por otra parte, el sistema de AMP carece de recursos adecuados para su gestión, lo que se traduce en falta de infraestructura, logística, personal, estudios de línea base actualizados, Planes de Manejo, sistemas de monitoreos, cartografías adecuadas, entre otros. Otra limitante es que no se ha logrado una articulación interinstitucional entre los distintos servicios públicos que facilite la gobernanza y asegure el logro de los objetivos de las AMP. Se espera que con la reciente aprobación de la ley que crea el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas (SBAP), esta deficiencia disminuya.

Si bien la red nacional de Áreas Marinas Protegidas tiene una historia de vida reciente (menos de 25 años), en la actualidad está compuesta por 32 unidades, que presentan grandes desigualdades en tamaño, gestión, representatividad, y conocimiento del área. No obstante, el sistema no incluye varias áreas protegidas (principalmente costeras), que en los sistemas de otros países si se consideran, como son los Santuarios de la Naturaleza, Parques Nacionales, y los Espacios Costeros Marinos de Pueblos Originarios (ECMPO) (Contreras-López *et al.* 2022).

La red nacional de AMP protege en forma significativa tres de las siete ecorregiones presentes en el país, en donde la ecorregión Humboldtiana, Chile central y Araucana son las menos representadas en cuanto a superficie de AMP, en donde los primeros afectados serán la producción primaria y los bosques de macroalgas. Esto las posiciona en un estado de vulnerabilidad ya que los hábitats que poseen una amplia extensión geográfica pueden resistir mejor y persistir en el futuro a pesar de los factores de estrés climáticos y no climáticos. Los hábitats que están degradados, aislados, de extensión limitada o que en la actualidad están en declive probablemente tendrán una menor capacidad de adaptación. Esto también fue observado por Zucconi *et al.* (no publicado), en donde a través de la implementación de algoritmos de optimización evalúa la efectividad de las AMP e identifica áreas prioritarias para nuevas AMP. En el estudio identifica que en la ecorregión Humboldtiana existe una falta de coincidencia espacial entre las zonas prioritarias seleccionadas por el modelo y las AMP existentes, por lo que propone incluir un AMP entre los 18° y 19°S ya que mejoraría significativamente la cobertura de protección de especies raras.

De acuerdo con la propuesta para evaluar el nivel de vulnerabilidad de las AMP, la cual se realizó de acuerdo a 11 indicadores relacionados con las características de las AMP, sus atributos biológicos y geográficos, las AMP más vulnerables son La Puntilla, Pullinque y Putemún, por lo cual deben priorizarse los esfuerzos en estas áreas para lograr mitigar los efectos del cambio climático. Lamentablemente no fue posible evaluar la vulnerabilidad con factores climáticos locales ya que las proyecciones no son aplicables en zonas costeras y fiordos y canales.

Los efectos del cambio climático tendrán consecuencias tanto para los océanos, la atmósfera, el clima y toda la vida en el planeta. En las evaluaciones de cientos de trabajos científicos analizados por los paneles de expertos del IPCC se viene constatando que todas y cada una de las predicciones, con connotaciones directas, mixtas o sinérgicas se cumplen (Winckler *et al.* 2020) por lo cual es urgente implementar medidas necesarias y un enfoque adaptativo para lograr mitigar los efectos del cambio climático en las AMP de Chile.

6. Bibliografía

Acuña E, Cabrera MT & López V (2009) Identificación, distribución y abundancia del ictioplancton y masas de agua asociadas en el Archipiélago de Juan Fernández e Islas San Félix y San Ambrosio. *Ciencia y Tecnología del Mar*, 32(2), 5-25.

Aguirre C, Rojas M, Garreaud RD, Rahn DA (2019) Role of synoptic activity on projected changes in upwelling- favourable winds at the ocean's eastern boundaries. *npj. Clim Atmos Sci* 2(1):1–7.

Aguilera, M., Jaime A. Aburto, Luis Bravo, Bernardo R. Broitman, Rafael A. García, Carlos F. Gaymer, Stefan Gelcich, Boris A. López, Vivian Montecino, Aníbal Pauchard, Marcel Ramos, José A. Rutllan, Claudio A. Sáez, Nelson Valdivia, Martin Thiel. 2018. Chile: Environmental Status and Future Perspectives. In: *World Seas: An Environmental Evaluation*. 673–702. doi:10.1016/b978-0-12-805068-2.00046-2

Bohoyo, F., Larter, R.D., Galindo-Zaldívar, J., Leat, P.T., Maldonado, A., Tate, A.J., Gowland, E.J.M., Arndt, J.E., Dorschel, B., Kim, Y.D., Hong J.K., Flexas M.M., López-Martínez, J., Maestro, A., Bermudez, O., Nitsche, F.O., Livermore, R. A., Riley, T.R. 2016. Bathymetry and Geological Setting of the Drake Passage (1:1500000). BAS GEOMAP 2 series, Sheet 7, British Antarctic Survey. Cambridge, UK.

Bruno J. F., Amanda E. Bates, Chris Cacciapaglia, Elizabeth P. Pike, Steven C. Amstrup, Ruben van Hooidonk, Stephanie A. Henson and Richard B. Aronson. 2018 Climate change threatens the world's marine protected areas. *Nature Climate Change*. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0149-2>.

Cavanagh, R. D., E. J. Murphy, T. J. Bracegirdle, J. Turner, C. A. Knowland, S. P. Corney, W. O. Smith, C. M. Waluda, N. M. Johnston, R. G. J. Bellerby, A. J. Constable, D. P. Costa, E. E. Hofmann, J. A. Jackson, I. J. Staniland, D. Wolf-Gladrow, J. C. Xavier. 2017. A synergistic approach for evaluating climate model output for ecological applications. *Front. Mar. Sci.* 4, 308.

Cazenave, A. & Cozannet, G. L. 2014. Sea level rise and its coastal impacts. *Earth's Future* 2, 15-34.

Contreras-López, M., P. Winckler, R. Agredano, C. Zuleta, Ch. Jofré, J. Mora, C. Esparza, R. Chubretovic, F. Cabrera, N. Duarte, J. Salcedo, y Rabeiro, A. Navarro, 2022 Estudio del desempeño y co-beneficios de las áreas marinas protegidas a la mitigación y adaptación al cambio climático. PROYECTO FIPA 2021-22.

De La Maza, L., Farías, L., 2023. The intensification of coastal hypoxia off central Chile: Long term and high frequency variability. *Front. Earth Sci.* 10. <https://doi.org/10.3389/feart.2022.929271>

Delibes-Mateos, M., F. Díaz-Ruiz, J. Caro, P. Ferreras. 2014. Caracterización de la comunidad de mamíferos de áreas remotas mediante el uso combinado de metodologías. *Galemys*, Spanish Journal of Mammalogy 22: 65-75.

Devillers, R., R. L. Pressey, A. Grech, J. N. Kittinger, G. J. Edgar, T. Ward, R. Watson. 2014. Reinventing residual reserves in the sea: Are we favouring ease of establishment over need for protection? *Aquat. Conserv.* 25, 480–504.

Duarte Carlos M., Susana Agusti, Edward Barbier, Gregory L. Britten, Juan Carlos Castilla, Jean-Pierre Gattuso, Robinson W. Fulweiler, Terry P. Hughes, Nancy Knowlton, Catherine E. Lovelock, Heike K. Lotze, Milica Predragovic, Elvira Poloczanska, Callum Roberts & Boris Worm. 2020. Rebuilding marine life. *Nature* volume 580, pages39–51.

Fernández M., M.Rodríguez,S.Navarrate, 2022. En: Carolina Martinez, Juan Manuel Barragán,Sergio Navarrete, Rodrigo Hidalgo, Federico Arenas y Luis Fuentes. *Hacia una ley de costas: Bases para una gestión integral de áreas costeras* (pp. 387-402).

Gattuso, J.-P., Magnan, A., Bille, R., Cheung, W. W. L., Howes, E. L., Joos, F., Turley, C. .2015. Contrasting futures for ocean and society from different anthropogenic CO2 emissions scenarios. *Science*, 349(6243), aac4722–aac4722.

Grantham, B.A., Chan, F.T., Nielsen, K.J., Fox, D.S., Barth, J.A., Huyer, A., Lubchenco, J., Menge, B.A., 2004. Upwelling-driven nearshore hypoxia signals ecosystem and oceanographic changes in the northeast Pacific. *Nature* 429, 749–754. <https://doi.org/10.1038/nature02605>

Edgar, G., Stuart-Smith, R., Willis, T. et al. 2014. Global conservation outcomes depend on marine protected areas with five key features. *Nature* 506, 216–220.

Häussermann, V. and G. Försterra. 2009. *Marine Benthic Fauna of Chilean Patagonia. Illustrated Identification Guide*. Santiago: Nature in Focus.

Hernandez-Miranda, E., Quinones, R.A., Aedo, G., Valenzuela, A., Mermoud, N., Roman, C., Yanez, F., Hernández-Miranda, E., Quiñones, R.A., Román, C., Yañez, F., 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. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2010.02580.x>

Jacob, B.G., Tapia, F.J., Quiñones, R.A., Montes, R.M., Sobarzo, M., Schneider, W., Daneri, G., Morales, C.E., Montero, P., González, H.E., 2018. Major changes in diatom abundance, productivity, and net community metabolism in a windier and dryer coastal climate in the southern Humboldt Current. *Prog. Oceanogr.* 168, 196–209. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2018.10.001>

Hughes, T. P James T. Kerry, Andrew H. Baird, Sean R. Connolly, Andreas Dietzel, C. Mark Eakin, Scott F. Heron, Andrew S. Hoey, Mia O. Hoogenboom, Gang Liu, Michael J. McWilliam, Rachel J. Pears, Morgan S. Pratchett, William J. Skirving, Jessica S. Stella &

Gergely Torda. 2018. Global warming transforms coral reef assemblages. *Nature* 556, 492-496.

Hucke-Gaete R., F. A. Vidali y M. Bello. 2006. Conservación Marina en el sur de Chile. La importancia de la región Chiloé-Corcovado para las ballenas azules, la diversidad biológica y el desarrollo sustentable. ONG Centro Ballena Azul. Imprenta América, Valdivia. 124 pp.

Hutto, S.V., K.D. Higgason, J.M. Kershner, W.A. Reynier, D.S. Gregg. 2015. Climate Change Vulnerability Assessment for the North-central California Coast and Ocean. Marine Sanctuaries Conservation Series ONMS-15-02. U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, Office of National Marine Sanctuaries, Silver Spring, MD. 473 pp.

IPCC (2014) Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland: IPCC.

IPCC, 2022. Summary for Policymakers [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösche, V. Möller, A. Okem (eds.)]. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösche, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3–33, doi:10.1017/9781009325844.001.

Jaramillo E., M. Fernández, P. Marquet, P. Camus, J. Vásquez, D. Figueroa, C. Duarte, C. Valdovinos, P. Ojeda, N. Lagos, D. Lancellotti, H. Conteras & V. Riesco. 2006. Actualización y validación de la clasificación de zonas biogeográficas litorales. Informe final proyecto FIP 2004-28. Universidad Austral de Chile, Valdivia. 191 p.

Marquet, Pablo A., Maisa Rojas, Alejandra Stehr, Laura Farías, Humberto González, Juan Carlos Muñoz, Elizabeth Wagemann, Carolina Rojas, Ignacio Rodríguez y Jorge Hoyos. 2021. Soluciones basadas en la naturaleza. Comité Científico de Cambio Climático; Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. doi: 10.5281/zenodo.5736938

MMA (2019) Registro Nacional de Áreas Protegidas. V1.3.3. Ministerio del Medio Ambiente,

Molinet, C., P. Díaz. M. Díaz. J. Codjambassis, A. Arévalo. M. Guzmán. G. Audicio & R. Rivas. 2009. Estudio levantamiento y diagnóstico bentónico en el Área Marina Costera Protegida de Múltiples Usos Lafken Mapu Lahual, Región de Los Lagos. Universidad Austral de Chile, Puerto Montt. 62 pp.

Moraga J. 1996. Capa límite marina en la zona frente a Chile en los 29,5°S. *Estad. Oceanológicos*, 15: 17-28.

Moraga, J., & Argandoña, W. (2001). Oceanografía del área costera del archipiélago de Juan Fernández e islas San Félix y San Ambrosio. *Resultados Cruceros CIMAR*, 6, 41-44.

Munguía-Vega, A., Andrea Sáenz-Arroyo, Ashley P. Greenley, Jose Antonio Espinoza-Montes, Stephen R. Palumbi, Marisa Rossetto, Fiorenza Micheli. 2015. Marine reserves help preserve genetic diversity after impacts derived from climate variability: Lessons from the pink abalone in Baja California. *Glob Ecol Conserv* 4:264–276.

OCEANA (2017) Propuesta para la creación del área marina y costera protegida de múltiples usos La Higuera -Isla Chañaral. Santiago, 254 pp.

O'Regan SM, Archer SK, Friesen SK and Hunter KL (2021) A Global Assessment of Climate Change Adaptation in Marine Protected Area Management Plans. *Front. Mar. Sci.* 8:711085.

Oschlies, A., Peter Brandt, Lothar Stramma & Sunke Schmidtko. 2018. Drivers and mechanisms of ocean deoxygenation. *Nature Geoscience* volume 11: 467–473.

Pequeño, G. 2000. Delimitaciones y relaciones biogeográficas de los peces del Pacífico suroriental. *Estud. Oceanológicos*. 19:53-76.

Peñalver E. A. 2005. Dinámica de la capa superior de la zona costera frente a Coquimbo y su relación con la distribución de nutrientes y clorofila. Tesis Magíster Ciencias del Mar, Fac. Ciencias del Mar, UCN, Coquimbo. 136 pp.

Roberts C, B. O'Leary, D.McCauley, P. Maurice, C. Duarte, J. Lubchenco, D. Pauly, A. Saenz-Arroyo, U.Rashi, R.Wilson, B. Worm, and J. Castilla. 2017. Marine reserves can mitigate and promote adaptation to climate change. *PNAS* 114 (24): 6167–6175

Rooney N, McCann K, Gellner G, Moore JC (2006) Structural asymmetry and the stability of diverse food webs. *Nature* 442:265–269.

Rykaczewski, R.R., Dunne, J.P., Sydeman, W.J., García-Reyes, M., Black, B. a., Bograd, S.J., 2015. Poleward displacement of coastal upwelling-favorable winds in the ocean's eastern boundary currents through the 21st century. *Geophys. Res. Lett.* 42, 6424–6431. <https://doi.org/10.1002/2015GL064694>

Saura S, Bodin Ö, Fortin M-J (2014) Stepping stones are crucial for species' long-distance dispersal and range expansion through habitat networks. *J Anim Ecol* 51:171–182.

Schmidtko, S., L. Stramma & M. Visbeck. 2017. Decline in global oceanic oxygen content during the past five decades *Nature* volume 542, pages335–339

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

Simard, F., D. Laffoley and J.M. Baxter (editors), 2016. Marine Protected Areas and Climate Change: Adaptation and Mitigation Synergies, Opportunities and Challenges. Gland, Switzerland: IUCN. 52 pp.

Squeo, F., Martínez-Tillería, K., Garay-Flühmann, R. & Gaymer, C.F. 2015. Identificación de la Áreas de Alto Valor para la Conservación (AAVC) en la eco-región Chile Central y la provincia biogeográfica de Juan Fernández. Informe Final. GEF-PNUD, Ref. 4.1.6.A – 2015 HCLME.

St. John MA, Borja A, Chust G, Heath M, Grigorov I, Mariani P, Martin AP and Santos RS (2016) A Dark Hole in Our Understanding of Marine Ecosystems and Their Services: Perspectives from the Mesopelagic Community. *Front. Mar. Sci.* 3:31. doi: 10.3389/fmars.2016.00031

SUBPESCA (2010). Plan General De Administración, Reserva Marina para el Choro Zapato Putemún Chiloé, X Región de Los Lagos. Subsecretaria de Pesca - Servicio Nacional de Pesca, 49pp.

SUBPESCA (2014) Informe Técnico (R. Pesq.) N°019/2014 Bases para la Creación de Red de Parques Marinos Archipiélago Juan Fernández. Subsecretaria de Pesca, Valparaíso, 33pp.

SUBPESCA (2013) Plan General De Administración Reserva Marina La Rinconada, Región de Antofagasta. Subsecretaria de Pesca - Servicio Nacional de Pesca, 40pp.

Spalding, M. D., H. E. Fox, G. R. Allen, N. Davidson, Z. A. Ferdana, M. Finlayson, B. S. Halpern, M. A. Jorge, A. L. Lombana, S. A. Lourie, and others. 2007. Marine ecoregions of the world: a bioregionalization of coastal and shelf areas. *BioScience* 57:573–583.

Thiel M, Macaya EC, Acuña E, Arntz WE, Bastías H, Brokordt K, Camus PA, Castilla JC, Castro LR, Cortés M, Dumont CP, Escribano R, Fernández M, Gajardo JA, Gaymer CF, Gómez I, González AE, González HE, Haye PA, Illanes J-E, Iriarte JL, Lancellotti DA, Luna-Jorquera G, Luxoro C, Manríquez PH, Marín V, Muñoz P, Navarrete SA, Pérez E, Poulin E, Sellanes J, Sepúlveda H, Stotz W, Tala F, Thomas A, Vargas CA, Vásquez J, Vega JMA. 2007. The Humboldt Current System of Northern and Central Chile: Oceanographic processes, ecological interactions and socioeconomic feedback. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review* 45: 150 pp.

Thomsen, M. S. Mondardini L., Alestra T., Gerrity S., Tait L., South PM., Lilley SA., Schiel DR. 2019. Local extinction of bull kelp (*Durvillaea* spp.) due to a marine heatwave. *Frontiers in Marine Science* 6, 84

Tillería J. 2011. Estudio de la captación natural del recurso ostra chilena, *Ostrea chilensis* (Philippi, 1845), en la Reserva Marina de Pullinque, utilizando dos tipos de colectores. Tesis para Optar al Título de Ingeniero en Acuicultura, Universidad Austral de Chile, Puerto Montt, 47pp.

Tittensor, D. P., Maria Beger, Kristina Boerder, Daniel G. Boyce, Rachel D. Cavanagh, Aurelie Cosandey-Godin, Guillermo Ortuño Crespo, Daniel C. Dunn, Wildan Ghiffary, Susie M. Grant, Lee Hannah, Patrick N. Halpin, Mike Harfoot, Susan G. Heaslip, Nicholas W. Jeffery, Naomi Kingston, Heike K. Lotze, Jennifer McGowan, Elizabeth McLeod, Chris J. McOwen, Bethan C. O'Leary, Laurenne Schiller, Ryan R. E. Stanley, Maxine Westhead, Kristen L. Wilson, Boris Worm. 2019. Integrating climate adaptation and biodiversity conservation in the global ocean. *Sci. Adv.* 2019; 5 : eaay9969

UCN (2018) Informe Final Proyecto FIPA 2016-31 "Bases técnicas para la gestión del Parque Marino Nazca - Desventuradas y propuesta de Plan General de Administración". Universidad Católica del Norte, Coquimbo, 216pp.

Vargas CA, Lagos NA, Lardies MA, Duarte C, Manríquez PH, Aguilera VM & Dupont S. 2017. Species-specific responses to ocean acidification should account for local adaptation and adaptive plasticity. *Nature ecology & evolution*, 1(4), 0084.

Viddi, F., Bedriñana, L., Hucke-Gaete, R., (2023). Potenciales riesgos e impactos en cetáceos de la acuicultura industrial de salmón, en la Patagonia chilena. Programa Austral Patagonia de la Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

WCS. 2018. Elaboración de un instrumento de gestión y administración del Área Marina Costera Protegida de Múltiples Usos (AMCP-MU) Francisco Coloane, Región de Magallanes y Antártica Chilena. *Wildlife Conservation Society – Chile*, 57pp

Weidberg, N., Ospina-Alvarez, A., Bonicelli, J., Barahona, M., Aiken, C.M., Broitman, B.R., Navarrete, S.A., 2020. Spatial shifts in productivity of the coastal ocean over the past two decades induced by migration of the Pacific Anticyclone and Bakun's effect in the Humboldt Upwelling Ecosystem. *Glob. Planet. Change* 193, 103259. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2020.103259>

Willaert T, García-Alegre A, Queiroga H, Cunha-e-Sá MA & Lillebø AI (2019) Measuring Vulnerability of Marine and Coastal Habitats' Potential to Deliver Ecosystem Services: Complex Atlantic Region as Case Study. *Front. Mar. Sci.* 6:199. doi: 10.3389/fmars.2019.00199

Wilson KL, Tittensor DP, Worm B, Lotze HK. 2020. Incorporating climate change adaptation into marine protected area planning. *Glob Change Biol.* 2020;26: 3251–3267.

Winckler P., C.Aguirre, L. Farías, M. Contreras-López, Í. Masotti. 2020. Evidence of climate-driven changes on atmospheric, hydrological, and oceanographic variables along the Chilean coastal zone. *Climatic Change*. <https://doi.org/10.1007/s10584-020-02805-3>

Zucconi, M., F. Opazo, S. Navarrete (no publicado) Assessing the efficiency of the marine protected area systems in the southeastern pacific. (Publicación en proceso de revisión por pares)

Anexo 1. Áreas marinas protegidas de Chile

AMP	Ubicación	Año de creación	Tipo	Región	Administración	Superficie	Ecorregión
La Puntilla-Playa	18°27'53.11"S;70°1		Reserva		SERNAPESC		Humboldtiana
Chinchorro Mar	8°24.98" W	2023	Marina	Arica	A	52,8 ha	Humboldtiana
Pisagua		2023	AMCP MU	Tarapacá	A	73460 ha	Humboldtiana
La Rinconada	23,4762°S; 70,5050°W	1997	Reserva Marina	Antofagasta	SERNAPESC A	401 ha	Humboldtiana
Punta Morro - Isla Grande de Atacama	27,2150°S; 70,9597°W	2005	AMCP MU Reserva	Atacama	MMA SERNAPESC	4349,1 ha	Humboldtiana
Isla Chañaral	29,0353°S; 71,5781°W	2005	Marina	Atacama	A	3784,2 ha	Humboldtiana
Isla Choro y Damas	29,2547°S; 71,5354°W	2005	Reserva Marina	Coquimbo	SERNAPESC A	4913,5 ha	Humboldtiana
Hanga Oteo	27,0619°S; 109,3470°W		AMCP MU	Valparaíso	DIRECTEMA R	291,6 ha	Isla de Pascua
Motu Tautara	27,1106°S; 109,4240°W	1999	AMCP MU	Valparaíso	DIRECTEMA R	9 ha	Isla de Pascua
Coral Nui	27,1350°S; 109,4300°W		AMCP MU	Valparaíso	DIRECTEMA R	13,3 ha	Isla de Pascua
Nui Rapa Nui – Montes Submarinos	26,8045°S; 108,3380°W	2017	AMCP MU Parque	Valparaíso	SERNAPESC A	72621104 ha	Isla de Pascua
Motu Motiro Hiva	26,8987°S; 103,9740°W	2010	Marino	Valparaíso	SERNAPESC A	18865800 ha	Isla de Pascua
La Higuera	29,4912°S; 71,3422°W	2022	AMCP MU	Atacama- Coquimbo	SERNAPESC A	221900 ha	Chile Central
Las Cruces	33,5044°S; 71,6336°W	2005	AMCP MU	Valparaíso	PUC	25,5 ha	Central Juan Fernández
Nazca Y Desventuradas	25,5041°S; 80,3637°W	2016	Parque Marino	Valparaíso	SERNAPESC A	36683800 ha	Desventuradas Juan Fernández
Mar de Juan Fernández	33,7120°S; 79,8008°W	2017	AMCP MU	Valparaíso	SERNAPESC A	1748070 ha	Desventuradas Juan Fernández
Mar de Juan Fernández	34,2386°S; 81,7693°W	2018	Parque Marino	Valparaíso	SERNAPESC A	38642000 ha	Desventuradas Juan Fernández
Tierra Blanca	33,6604°S; 78,9164°W	2017	Parque Marino	Valparaíso	SERNAPESC A	57 ha	Desventuradas Juan Fernández
Lobería Selkirk	33,7997°S; 80,8089°W	2017	Parque Marino	Valparaíso	SERNAPESC A	281,3 ha	Desventuradas Juan Fernández
El Arenal	33,6750°S; 78,9325°W	2017	Parque Marino	Valparaíso	SERNAPESC A	65,7 ha	Desventuradas

El Palillo Montes Submarinos Crusoe y Selkirk Lafken Mapu Lahual Pullinque Putemún Fiordo Comau – San Ignacio de Huinay Tictoc PITIPALEN A AÑIHUE Tortel Francisco Coloane Francisco Coloane Seno Almirantazgo Islas Diego Ramírez y Paso Drake	33,6409°S; 78,8209°W 33,7318°S; 79,7522°W 40,7187°S; 73,8434°W 41.8371°S; 73,9480°W 42,4549°S; 73,7397°W 42,3565°S; 72,4432°W 43°26'07.22"S;73°0 6'50.56" W 43,8342°S; 73,0156°W 47,3702°S; 75,0190°W 53,6488°S; 72,2679°W 53.6590°S; 72,2300°W 54,4052°S; 69,4836°W 57,8132°S; 70,7515°W	2017 2017 2005 2003 2003 2004 2022 2014 2018 2003 2003 2018 2018	Parque Marino Parque Marino AMCP MU Reserva Marina Reserva Marina AMCP MU Parque Marino AMCP MU AMCP MU Parque Marino Parque Marino	Valparaíso Valparaíso Los Lagos Los Lagos Los Lagos Los Lagos Los Lagos Aysén Aysén Magallanes Magallanes Magallanes Magallanes	SERNAPESC A SERNAPESC A SERNAPESC A Fundación San Ignacio del Huinay SERNAPESC A SERNAPESC A SERNAPESC A SERNAPESC A SERNAPESC A SERNAPESC A	4,8 ha 152812 ha 7491,4 ha 1389,1ha 1465,7 ha 755,7 1019,16 km2 46897,5 ha 1457020 ha 185714 ha 4632,3 ha 224610 ha 50644200 ha	Juan Fernández y Desventuradas Juan Fernández y Desventuradas Araucana chilense chilense Chiloense Chiloense Chilense Canales y Fiordos del Sur de Chile Canales y Fiordos del Sur de Chile
---	--	--	--	---	--	---	--