

Material
complementario

Evaluación de la Salud del Océano en Chile usando el enfoque del Índice de Salud del Océano



Citar como:

Centro FONDAP de Investigación Dinámica de Ecosistemas Marinos de Altas Latitudes (IDEAL) e Instituto Milenio en Socio-Ecología Costera (SECOS). 2024. Material Complementario del Reporte “Evaluación de la salud del océano en Chile usando el enfoque del Índice de Salud del Océano”. 70 pag. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10593950>

Elaboración técnica

- Laura Nahuelhual Muñoz, coordinadora general. Departamento de Ciencias Sociales de la Universidad de Los Lagos; Centro de Investigación Dinámica de Ecosistemas Marinos de Altas Latitudes (IDEAL) de la Universidad Austral de Chile; Instituto Milenio en Socio-Ecología Costera (SECOS).
- Luis Outeiro, analista espacial. Centro de Investigación Dinámica de Ecosistemas Marinos de Altas Latitudes (IDEAL) de la Universidad Austral de Chile.
- Cristobal Jullian Figueroa, analista espacial. Centro de Investigación Dinámica de Ecosistemas Marinos de Altas Latitudes (IDEAL) de la Universidad Austral de Chile; Instituto Milenio en Socio-Ecología Costera (SECOS).
- Ximena Vergara, analista espacial. Centro de Investigación Dinámica de Ecosistemas Marinos de Altas Latitudes (IDEAL) de la Universidad Austral de Chile.
- Vanessa Pizarro, encargada de programación. Centro de Investigación Dinámica de Ecosistemas Marinos de Altas Latitudes (IDEAL) de la Universidad Austral de Chile; Instituto Milenio en Socio-Ecología Costera (SECOS).
- Jonathan Arcos, analista espacial. Centro de Investigación Dinámica de Ecosistemas Marinos de Altas Latitudes (IDEAL) de la Universidad Austral de Chile.
- Gonzalo Campos, analista espacial. Centro de Investigación Dinámica de Ecosistemas Marinos de Altas Latitudes (IDEAL) de la Universidad Austral de Chile.
- Nicolás Segovia, analista de datos. Instituto Milenio en Socio-Ecología Costera (SECOS).

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado a través del Fondo de Financiamiento de Centros de Investigación en Áreas Prioritarias (FONDAP) Proyecto 15150003 y la Iniciativa Científica Milenio Proyecto ICN2019_015.

Presentación

El presente material complementario ofrece información adicional sobre los procedimientos metodológicos y resultados del reporte “Evaluación de la Salud del Océano en Chile usando el enfoque del Índice de Salud del Océano”. Los lectores interesados en explorar los aspectos técnicos y metodológicos y profundizar en los distintos componentes del índice encontrarán en este material una guía que respalda los hallazgos clave.

ÍNDICE

ANEXO 1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	5
ANEXO 2. METAS Y SUBMETAS CONSIDERADAS EN EL CÁLCULO DE IdSO+Chile	7
ANEXO 3. CONSTRUCCIÓN DE PRESIONES: MÉTODOS Y DATOS	14
ANEXO 4. CONSTRUCCIÓN DE RESILIENCIAS: MÉTODOS Y DATOS	17
ANEXO 5. CÁLCULO DE LAS METAS	21
ANEXO 6. EXPERTOS PARTICIPANTES EN EL PROCESO DE IdSO+Chile	47
ANEXO 7. CAJA DE HERRAMIENTAS PARA CÁLCULO DE LAS METAS	50
ANEXO 8: DISTRIBUCIÓN DE LOS RESULTADOS, COMUNAS Y TENDENCIA	Zenodo
ACRONIMOS DEL MATERIAL COMPLEMENTARIO	52
REFERENCIAS	53

ANEXO 1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Ubicado en la costa sureste del océano Pacífico, Chile cuenta con un vasto territorio marítimo conocido como el Área Marina Jurisdiccional (AMJ), que abarca aproximadamente 3.150.739 km² según mediciones del Instituto Geográfico Militar de Chile y que se declara en el Art. 596 del Código Civil. El AMJ comprende diversas zonas, especificadas en la Tabla 1, sobre las cuales el país ejerce su administración. La riqueza de recursos pesqueros y minerales, la diversidad biológica marina y las oportunidades recreativas y turísticas que ofrece el océano son de suma importancia para el desarrollo sostenible y el bienestar del país.

La costa chilena se extiende a lo largo de unos 83.850 km (Longitud de costa del territorio continental e islas adyacentes, Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (CONVEMAR) 1987) y abarca un tramo costero continental de aproximadamente 6.435 km. Para este estudio, se consideraron un total de 103 comunas costeras excluyendo las dos comunas insulares de Rapa Nui y Juan Fernández (Figura 1).

Tabla 1. División de espacios marítimos de Chile.

Zona Marítima	Superficie	Descripción
Mar Territorial	120.827 km ² -Continental 106.707 km ² -Insular 14.120 km ²	El mar adyacente, hasta la distancia de doce millas marinas medidas desde las respectivas líneas de base, es mar territorial y de dominio nacional
Zona Económica Exclusiva	3.150.739 km ²	El mar adyacente que se extiende hasta las doscientas millas marinas, contadas desde las líneas de base a partir de las cuales se mide la anchura del mar territorial, y más allá de este último, se denomina Zona Económica Exclusiva
Zona Contigua	131.609 km ²	Extensión de 24 millas marinas, contadas desde las líneas de base
Plataforma Continental	1.934.433 km ²	Comprende el lecho y el subsuelo de las áreas submarinas que se extienden más allá de su mar territorial y a todo lo largo de la prolongación natural de su territorio, hasta el borde exterior del margen continental, o bien hasta una

		distancia de 200 millas marinas, contadas desde las líneas de base a partir de las cuales se mide la anchura del Mar Territorial
Pesca artesanal		Cinco millas marinas, contadas desde las líneas de base

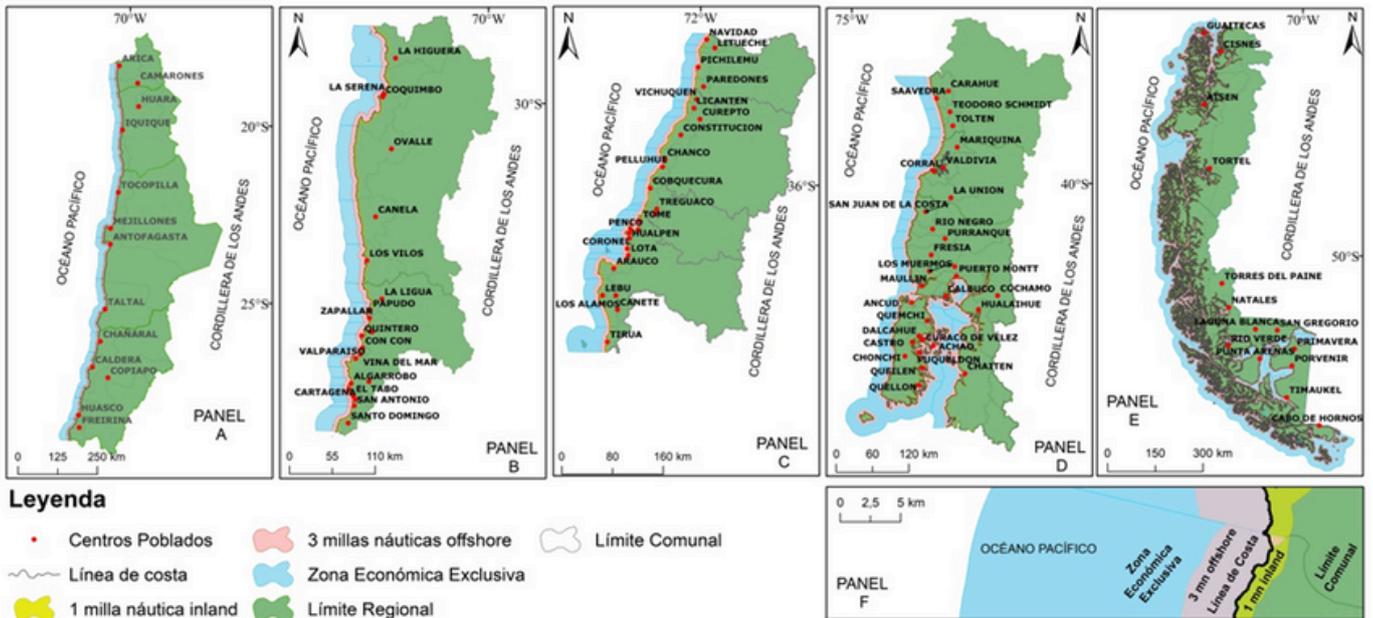


Figura 1. Delimitación del área de estudio para la evaluación IdSO+Chile correspondiente al mar territorial (12 millas náuticas) y las aguas interiores. El área de estudio comprende 103 comunas. Las capas bases fueron proporcionadas por la Infraestructura de Datos Espaciales del gobierno de Chile (IDE Chile).

Para algunas metas, se utilizó una franja de una milla náutica mar adentro desde la línea de costa para calcular elementos específicos del área de influencia de algunos elementos sobre el mar. La capa de información del área de estudio se creó a través de la herramienta “buffer” del software ArcGIS (ESRI 2023), considerando la línea de costa de cada comuna costera de Chile.

ANEXO 2. METAS Y SUBMETAS CONSIDERADAS EN EL CÁLCULO DE IdSO+Chile

La siguiente tabla describe las metas y submetas del IdSO, entrega una definición y las variables usadas para representar el estado actual de cada una.

Tabla 2. Las 10 metas del Índice de Salud del Océano y las variables usadas en el cálculo de IdSO+Chile. Las definiciones se obtuvieron de la plataforma <https://oceanhealthindex.org/images/htmls/Supplement.html>

Meta	Submeta	Definición	Variables usadas en IdSO+Chile
Biodiversidad	Especies	Evalúa la condición promedio de las especies marinas dentro de cada región según el estado de amenaza que la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) define	Presencia de especies con categoría de protección en cada comuna según datos del Sistema Global de Información sobre Biodiversidad (GBIF)
	Hábitat	Evalúa la condición de los hábitats marino-costeros que son particularmente importantes para sustentar un gran número de especies marinas y costeras	Clasificación según categoría de amenaza de UICN y estado poblacional
Secuestro de Carbono		Capacidad de los hábitats costeros para almacenar y secuestrar carbono atmosférico en sus partes vivas y detritos enterrados	Distribución espacial de: Bosques y matorrales costeros Bosques de <i>Macrocystis</i> Marismas y humedales Zonas bentónicas Pastos marinos Playas y dunas
Empresas		El grado en que las regiones oceánicas están libres de contaminantes como productos químicos, eutrofización, patógenos de enfermedades y basura	Proporción de personas sin acceso a servicios sanitarios (proxy de contaminación por patógenos)

			<p>Fertilizantes aplicados anualmente por hectárea de origen agropecuario aplicado en las primeras 3 millas náuticas desde la línea de costa (Proxy de contaminación por nutrientes terrestres)</p> <p>Pesticidas de origen agropecuario aplicado en las primeras 3 millas náuticas desde la línea de costa (Proxy de contaminación por químicos terrestres)</p> <p>Nutrientes marinos aportados por la actividad acuícola</p> <p>Basura y composición de basura domiciliar persistente</p>
Protección Costera		La cantidad de protección proporcionada por los hábitats marinos y costeros que sirven como amortiguadores naturales contra las olas entrantes	Tasa de cambio en el porcentaje de superficie de los siguientes hábitats: Bosques y matorrales costeros Bosques de <i>Macrocystis</i> Humedales y marismas Playas y dunas
Sentido de Lugar	Especies icónicas	Las especies icónicas son aquellas que son relevantes para la identidad cultural local a través de su relación con actividades tradicionales, prácticas étnicas o religiosas locales, valor de existencia y valor estético reconocido	Presencia de especies de importancia ecológica, cultural y socioeconómica según bases de datos GBIF y FishBase. Categorías de estado de amenaza según la UICN y el estado poblacional en conjunto con el estado de las pesquerías para especies pesqueras
	Lugares Especiales Perdurables	Representa ubicaciones geográficas que tienen un valor particular por razones estéticas, espirituales, culturales, recreativas o de existencia	Distribución espacial de las siguientes variables: Áreas de manejo y explotación de recursos bentónicos Áreas protegidas privadas Áreas marinas protegidas Bienes nacionales protegidos Monumentos nacionales Patrimonio mundial de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura UNESCO

			<p>Sitios prioritarios de conservación de la biodiversidad nacional</p> <p>Sitios definidos por la Estrategia Nacional de Biodiversidad 2017-2030</p> <p>Áreas terrestres protegidas (parques nacionales y reservas naturales)</p> <p>Zonas de Interés Turístico</p>
Oportunidades de Pesca Artesanal		La oportunidad para que los pescadores puedan acceder a los recursos pesqueros de forma equitativa y sostenible, considerando tanto la distribución económica de los ingresos, como la demanda de nuevas incorporaciones de pescadores artesanales al registro pesquero artesanal	Número de inscripciones históricas en el Registro Pesquero Artesanal (RPA). Este registro es administrado por Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA), el cual otorga a pescadores y sus embarcaciones la facultad de operar sobre especies determinadas bajo una o más categorías y en una región en particular
			Toneladas de desembarques anuales según RPA, artes de pesca utilizados y especies capturadas
			Precios-playa anuales por tonelada de especies capturada
Productos Naturales		Los recursos naturales no comestibles por humanos que se extraen de forma sostenible desde los ambientes marinos	Toneladas anuales de cosecha de los productos
			Proporción del aporte monetario de cada producto
			Coeficiente de sostenibilidad para peces y algas usadas para harina y aceite
Provisión de Alimentos desde Pesquerías y Maricultura	Pesca	La captura sostenible de productos del mar de las pesquerías artesanales de captura	Toneladas anuales de captura de pesquerías artesanales
			Indicador de estado de biomasa B/Bmsy
	Maricultura	La cosecha sostenible de productos del mar a partir de prácticas de maricultura	Toneladas de cosecha de la salmonicultura y la mitilicultura
			Coeficiente de sostenibilidad de las especies que se cultivan (según puntaje Monterey Bay Aquarium)

Turismo y Recreación		El valor que las personas otorgan al vivir y disfrutar de las zonas costeras a través de actividades como la navegación y la observación de aves, la pesca recreativa y la playa	Proporción de empleos relacionados a actividades turísticas por comuna
			Coeficiente de sostenibilidad según certificación "S" del Servicio Nacional de Turismo de Chile, SERNATUR
Economías y Medios de Vida	Economía	Es el valor económico asociado a las industrias y actividades económicas marinas. Esto se hace utilizando los ingresos de sectores marinos como sustituto	Ingresos de las industrias marinas (US\$/año) de los sectores de: Turismo, Procesamiento de la pesca y la acuicultura, Transporte marítimo y Alojamiento de estancias largas declaradas en el servicio de impuestos internos
	Medios de Vida	Es el grado en que los océanos proporcionan medios de vida (es decir, trabajos con salarios estables) para las comunidades costeras	Para los sectores descritos anteriormente se usan las variables de: Salarios (US\$/año)
			Empleos (N° de empleos/año)
			Tasa anual de desempleo
		Fuerza de trabajo (proporción respecto a la población total)	

Entonces, el puntaje de cada meta (I) se evalúa por su estado actual (X_i) y probable futuro ($X_{i,F}$), que se basa en gran medida en la tendencia temporal de los cinco años anteriores, en este caso 2017-2021:

$$I_i = 0,5X_i + 0,5X_{i,F} \quad \text{Ecuación 1}$$

Conceptualmente, en la mayoría de las metas, el estado actual (X_i) se obtiene dividiendo el valor actual (X) por el valor de referencia ($X_{i,R}$):

$$X_i = X / X_{i,R} \quad \text{Ecuación 2}$$

El valor futuro probable del índice es una función de tres subdimensiones: tendencia (T), presión (P) y resiliencia (R).

$$X_{i,F} = (1 + \delta)^{-1} [1 + \beta T_i + (1 - \beta)(R_i - P_i)] X_i \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde δ es la tasa de descuento (se asume que $\delta = 0$) y β es la importancia relativa de la tendencia versus la diferencia entre presión y resiliencia. A la tendencia se le asigna

el doble del peso que a la presión y resiliencia ($\gamma = 0,67$) porque se asume que su medida directa es un mejor indicador del futuro cercano (Halpern y col., 2012).

Los puntajes de la tendencia se calcularon sobre la base del período de cinco años 2017-2021 y se les otorgó un valor de entre -1,0 y 1,0. Para todas las metas que tienen datos disponibles, la tendencia se calcula como el cambio en el estado (pendiente) durante los cinco años anteriores. Luego, la pendiente se multiplica por cinco para proporcionar una estimación del estado en el futuro a corto plazo (Halpern y col., 2012). Para las metas y submetas de Pesca, Oportunidades de Pesca Artesanal, Almacenamiento de Carbono, Protección Costera, Economía, Medios de Vida, Aguas Limpias, Lugares Especiales Perdurables, Turismo y Hábitat, el cálculo se basó en la tasa de variación anual de sus respectivos puntajes. Mientras que para las submetas de Especies y Especies Icónicas, se utilizó como tendencia el promedio del estado poblacional de las especies según la UICN.

Las presiones se dividen en ecológicas (PE) y sociales (PS) y se evalúan para cada meta según la siguiente ecuación:

$$P_i = \gamma PE + (1-\gamma) PS$$

Ecuación 4

El puntaje total de la presión (P_i) fluctúa entre 0 y 100, donde γ , establecido en 0,5, es el peso de la presión ecológica y la presión social (Halpern y col., 2012). En IdSO+Chile las presiones ecológicas incluyen la sobrepesca, la destrucción del hábitat, el cambio climático, la contaminación del agua y la introducción de especies exóticas (ver Tabla 3). En esta evaluación utilizamos el método de evaluación estándar del Ocean Health Index (OHI) (Halpern y col., 2015) para calcular el valor de presión para cada meta (Tabla 3). Para cada meta y submeta, es necesario determinar qué factores ecológicos están ejerciendo presión y luego clasificarlos como "alto" (puntuación = 3), "medio" (puntuación = 2) o "bajo" (puntuación = 1) (Halpern y col., 2014). Esta clasificación se lleva a cabo en una matriz de presiones (Tabla 4) construida por el equipo desarrollador y con consultas a expertos por meta. Las dos dimensiones de resiliencia y presión se utilizan para ayudar a desarrollar una evaluación más adecuada de las tendencias recientes. Los factores que inciden negativamente en una meta se consideran presión, mientras que los que inciden positivamente se relacionan con la resiliencia (Halpern y col., 2012).

La resiliencia incluye atributos relacionados con las regulaciones ecológicas y sociales (Halpern y col., 2012). En el índice global, la resiliencia social se refiere a una serie de efectos positivos en la estructura social (Halpern y col., 2012) y en este índice nacional evaluamos la existencia y pertinencia de regulaciones locales de ordenamiento territorial y costero, regulaciones específicas de cada meta y proxys del involucramiento de los habitantes en la gestión de sus espacios costeros (como número de organizaciones sociales relacionadas). En este caso, solo es necesario determinar qué resiliencias afectan a qué metas y submetas. Esta clasificación se lleva a cabo en una matriz (Tabla 7) de resiliencias construida por el equipo desarrollador y con consultas a expertos por meta.

Específicamente, los factores que integran la resiliencia (R ; ecuación 5) pueden obedecer a tres naturalezas distintas: integridad ecológica (YE), regulaciones específicas de cada meta destinadas a abordar presiones ecológicas (G) e integridad social (YS). Los primeros dos aspectos abordan la resiliencia ecológica y el tercero la social. El puntaje final fluctúa de 0 a 100 y se calcula como:

$$R_i = y * [(YE+G)/2] + (1-y)YS \quad \text{Ecuación 5}$$

El sistema ecológico y el sistema social son igualmente importantes en el cálculo de la resiliencia, por lo que el factor ponderado y se establece en 0,5. En el cálculo de la presión, el mismo método se utiliza para establecer los pesos de la presión ecológica y la presión social para que la resiliencia coincida con la presión.

La puntuación total de la IdSO+Chile (I ; ecuación 1) se calcula como la suma ponderada de las puntuaciones de las diez metas (I_i):

$$I = \sum I_i a_i \quad \text{Ecuación 6}$$

La suma de los pesos de todas las metas, a_i es igual a 1 y la puntuación del IdSO+Chile, se expresa de 0 a 100.

Se definieron criterios claros y objetivos para establecer puntos de referencia que indiquen los niveles deseables o aceptables de cada meta del IdSO+Chile. Los puntos de referencia definen lo que sería un puntaje perfecto para cada meta. Estos son fundamentales para interpretar el puntaje de una meta y el puntaje del índice general. Al establecer un punto de referencia se hace posible que los valores numéricos relevantes para cada meta sean puestos en una escala de 0 al 100 (en la que 100 indica que el estado actual es igual al punto de referencia objetivo, y 0 indica que el estado actual está tan lejos como es posible del punto de referencia objetivo). La ventaja de establecer los puntos de referencia es que hace que todas las puntuaciones de las metas sean comparables entre sí, independientemente del tipo de variables que se utilicen para el cálculo de cada meta.

Debido a los problemas de calidad de los datos y la incertidumbre científica, la determinación y medición de los puntos de referencia puede ser un desafío (Samhoury y col., 2012). Los puntos de referencia pueden ser de naturalezas distintas de acuerdo con el tipo de meta evaluada y a la disponibilidad de los datos.

El punto de referencia puede ser:

- Una referencia temporal: El valor de una meta con referencia a algún momento del pasado. (por ejemplo, en la meta de Protección Costera el punto de referencia es el momento en que los hábitats alcanzan su máxima extensión).
- Una referencia espacial: Una comparación con algún otro lugar (por ejemplo, con la comuna de mejor desempeño).

- Una referencia establecida: Un objetivo establecido previamente por un tratado u otro acuerdo (por ejemplo, en la meta Lugares Especiales Perdurables, el punto de referencia es de acuerdo con un tratado, el 30% de extensión de área comunal cubierta por áreas protegidas).
- Una referencia funcional: Un objetivo determinado por una ecuación aceptada de entrada/salida (también denominada una función de producción).

ANEXO 3. CONSTRUCCIÓN DE PRESIONES: MÉTODOS Y DATOS

Las **presiones** es una dimensión y se divide en sociales y ecológicos que afectan negativamente el estado de una meta y, por ende, su estado futuro probable. El puntaje de cada presión ingresada tiene valores entre 0 a 1 por comuna. Siguiendo la propuesta de la evaluación global, las presiones fueron agrupadas en presiones ecológicas que incluyen la contaminación, especies invasoras, destrucción del hábitat, presión de pesca, y cambio climático y presiones sociales.

1. **Contaminación:** Esta categoría de presiones considera la contaminación proveniente de diferentes fuentes de emisión y el tipo. Las hay del tipo química, por patógenos, por floración de algas nocivas, por nutrientes, por basura y la contaminación industrial.
2. **Especies invasoras:** Esta categoría de presiones incluye diferentes especies invasoras asociadas a ecosistemas marinos y costeros. En nuestra evaluación, consideramos los salmones escapados desde centros de cultivo.
3. **Destrucción del hábitat:** Esta categoría incluye presiones como la contaminación por acuicultura, la densidad poblacional, el tráfico marítimo, la densidad de centros de cultivos y el turismo.
4. **Presión de pesca:** Este grupo de presiones considera los efectos de la pesca ilegal además de los rangos de insostenibilidad de cada pesquería.
5. **Cambio climático:** Este grupo de presiones representa los efectos del cambio climático, como las anomalías de la temperatura superficial del océano, su acidificación y los cambios en la cota de inundación debido a las marejadas.
6. **Sociales:** Este grupo se considera como la ausencia o falta resiliencias, por lo que cada presión se construyó como el inverso (1-variable) de las resiliencias sociales. Son consideradas las variables asociadas a la falta de investigación científica, la falta de organizaciones locales, la falta de programas contra la lucha del cambio climático, la falta de innovación en energías renovables, entre otras.

Tabla 3. Tipos de presiones consideradas en el cálculo de IdSO+Chile y variables seleccionadas para representarlas.

Categoría	Presión	Variable usada en IdSO+Chile
Ecológicas	Contaminación: introducción de sustancias nocivas en el ambiente marino que afecta la vida acuática, ecosistemas marinos y salud humana	Contaminación química
		Contaminación por patógenos antrópicos
		Contaminación por floración de algas nocivas (FAN)
		Contaminación por nutrientes de origen terrestre

		Contaminación por basura domiciliaria
	Especies invasoras: organismos que compiten con especies nativas por recursos, alterando los ecosistemas. Pueden multiplicarse rápidamente, afectando la biodiversidad	Escape de salmones
	Destrucción de hábitat: alteración o eliminación de entornos naturales por acciones humanas	Destrucción del hábitat marino por salmonicultura
		Turismo
		Tráfico marítimo
		Destrucción de hábitat costero por población
	Presión de pesca: extracción de especies marinas por pesca. Indica intensidad de captura y efectos insostenibles	Pesca ilegal
		Insostenibilidad por arte de pesca
	Cambio climático: alteraciones en los patrones climáticos de la Tierra causadas por la emisión excesiva de gases de efecto invernadero. En el océano, esto se traduce en cambios en la temperatura superficial del agua, alteraciones en la química del agua que resultan en la acidificación del océano y variaciones en los niveles del mar debido a fenómenos como el deshielo de los polos	Anomalías de temperatura superficial del mar desde Nasa Earth Observation
		Acidificación del mar (concentración de aragonito)
		Aumento del nivel del mar (Ministerio del Medio Ambiente (MMA) 2019)
Social	Social: Factores y dinámicas que resultan de la interacción humana y afectan el funcionamiento y la salud de un sistema o entorno, e incluyen elementos como la falta de eficacia en la gobernanza y las instituciones	Debilidad de gobernanza construida como el inverso (1-variable) de las resiliencias sociales

Para determinar qué presiones afectan a cada meta y la magnitud del efecto, se efectuaron talleres y consultas con expertos. En estos talleres los expertos rellenan una matriz de metas y presiones considerando en primera instancia si una presión afecta a una meta en particular y en segunda instancia en qué magnitud. Para considerar la magnitud, la evaluación global define una escala nominal de 1 a 3, donde 1 representa un efecto “bajo”, 2 un efecto “medio” y 3 un efecto “alto”, de la respectiva presión sobre la meta.

Esta matriz de presiones se encuentra detallada en la Tabla 4 Anexo 3.1.

ANEXO 4. CONSTRUCCIÓN DE RESILIENCIAS: MÉTODOS Y DATOS

Las **resiliencias** son consideradas atributos sociales y ecológicos que pueden y reducen las presiones y mantienen o aumentan los beneficios futuros (ej.: tratados, leyes, cumplimiento, protección del hábitat). El puntaje de cada resiliencia ingresada tiene valores entre 0 a 1 por comuna. Siguiendo la propuesta del IdSO global, las resiliencias se agruparon en ecológicas y sociales donde las ecológicas incluyen resiliencias ecosistémicas y regulatorias.

1. **Ecosistémica:** Esta categoría de resiliencias nos indica la capacidad que tienen los ecosistemas en función de dos variables, la riqueza de especies y estado de las principales pesquerías.

Tabla 5. Descripción de las variables que componen la resiliencia ecosistémica.

Categoría	Resiliencia	Fuente
Riqueza de especies	Riqueza de especies de importancia ecológica, cultural y económica	GBIF, FishBase, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA)
Estado de las pesquerías	Describe el estado de las pesquerías según su grado de explotación a escala regional. Subexplotada (4), plena explotación (3), sobreexplotada (2) y agotada (0). La suma de estos valores nos indicará el estado que se encuentran las pesquerías en su conjunto para una región dada, donde valores más altos sugieren menor explotación y viceversa	Estado de situación de las principales pesquerías chilenas (SUBPESCA, 2021)

2. **Regulatoria:** Esta categoría de resiliencias representa los esfuerzos regulatorios derivados de políticas y acuerdos que Chile ha suscrito a nivel internacional, así como también esfuerzos nacionales, principalmente de fiscalización, gestión y políticas públicas asociadas a los ecosistemas marino-costeros. Para representar en valor estas resiliencias, se utilizaron las siguientes variables: área de la comuna cubierta por sitios RAMSAR, la zonificación del borde costero, el porcentaje de las especies pesqueras que cuentan con plan de manejo, las áreas protegidas marinas estatales, el cumplimiento de normas primarias y secundarias de saneamiento sanitario, la fiscalización de la acuicultura, la fiscalización de la pesca, la fiscalización en áreas marinas protegidas, la presencia o ausencia de un plan regulador comunal, y la presencia o ausencia de un Plan Regional de Ordenamiento Territorial (PROT).

3. **Resiliencia social:** Este subgrupo de resiliencias se proponen conforme a la propuesta de Aldunce y col. (2016) quienes proveen un marco teórico sobre tópicos y subtópicos claves para describir la resiliencia social. Las variables se sistematizaron en función de encontrar proxys que nos permitan representar cada tópico de resiliencia propuesto. Los tópicos son: aprendizaje, capital social, información, autoorganización, gobernanza y cogestión, recursos, planificación y respuesta y adaptabilidad (Aldunce y col. 2016). Cada tópico puede estar representado por una o más variables (Tabla 6).

Tabla 6. Descripción de las variables que componen la resiliencia social.

Tópico	Variable	Descripción	Fuente
Aprendizaje	Proyectos EXPLORA	Número de proyectos EXPLORA llevados a cabo entre 2017 y 2021 en cada región del país	Git-hub Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo de Chile (ANID) https://github.com/ANID-GITHUB
Capital Social	Organizaciones de la Pesca Artesanal (OPA)	Número de organizaciones de pescadores artesanales que existen en cada comuna a la fecha	SUBPESCA (2021)
	Organizaciones comunitarias	Número de organizaciones comunitarias (e.j. juntas de vecinos, agrupaciones, clubes deportivos) que existen en cada comuna a la fecha	Sistema Integrado de Información Territorial SIIT 2021; Instituto Nacional de Estadísticas INE 2021
Información	Proyectos Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo de Chile (ANID)	Número de proyectos financiados por ANID llevados a cabo entre 2017 y 2021 a escala regional	Git-hub ANID https://github.com/ANID-GITHUB
	Proyectos financiados por el Fondo de Investigación Pesquera y de Acuicultura (FIPA)	Número de proyectos a escala regional financiados a la fecha por FIPA	SUBPESCA 2021 https://www.subpesca.cl/fipa/613/w3-propertyname-681.html

Auto-organización	Limpieza de playas	Número de voluntarios que asistieron a jornadas de limpieza de playas en el año 2020 organizadas por la dirección general del territorio marítimo (DIRECTEMAR)	DIRECTEMAR (2020)
Gobernanza y cogestión	Sello eficiencia energética	El programa evalúa y acompaña el mejoramiento continuo de la gestión energética local de los municipios, a través de asistencia técnica y apoyo financiero	Agencia de Sostenibilidad Energética (2021)
	Sello municipio verde	El sello de municipio verde lo entrega la Organización No Gubernamental (ONG), Fiscalía del Medio Ambiente (FIMA) Chile y se otorga a municipios para mejorar la gestión ambiental de las municipalidades	ONG FIMA (2021) www.fima.cl
Recursos	Ingresos municipales	Ingresos per-cápita generados por las comunas al año 2021	Sistema Nacional de Información Municipal (SINIM 2021)
Planificación y respuesta	Certificación ambiental comunal	Certificación que permite a los municipios demostrar que sus procedimientos internos y los servicios que presta a la comunidad integran el factor ambiental, según estándares internacionales	Sistema de Certificación Ambiental Municipal (SCAM 2021)
	Estrategia Regional de Desarrollo	Instrumento de planificación regional que permite direccionar recursos y dar una coherencia a la planificación en otras escalas	Gobiernos regionales 2023

Adaptabilidad	Riesgo de desastre	Comunas con mayor prioridad debido a riesgo de desastres como sistemas frontales, incendios forestales, frecuencia sísmica y un componente de aislamiento geográfico	Barrenechea-Riveros (2016)
	Consumo de energías renovables no convencionales	Porcentaje de la matriz energética regional basada en energías renovables (ej. solar, eólico, hidráulico, biogás)	Comisión Nacional de Energía (CNE 2021)

Para determinar qué resiliencias minimizan el efecto de las presiones en cada meta, se efectuaron talleres y consultas con expertos. En estos talleres los expertos rellenaron una matriz de metas y resiliencias considerando si la variable de resiliencia otorgaba o no efectos que minimizaran las presiones de las metas, por lo que fueron rellenas con x en caso de que tuviera efecto y vacía en caso de que no.

Esta matriz de resiliencias se encuentra detallada en la tabla 7 del Anexo 4.1.

ANEXO 5. CÁLCULO DE LAS METAS

1. Biodiversidad

Nombre de la meta	Biodiversidad	
Definición	Describe el estado de salud de las especies de importancia ecológica y de los hábitats como soporte estructural para las mismas. Esta meta está compuesta por dos submetas: Especies y Hábitat	
Modelo		
Igual al modelo global	Fórmula	$BD = (SPP + HAB) / 2$
Explicación		
BD	Puntaje final para la meta Biodiversidad	
SPP	Puntaje para la submeta Especies	
HAB	Puntaje para la submeta Hábitat	
Nombre de la submeta	Especies	
Definición	Describe la riqueza comunal de especies de interés ecológico, midiendo sus estados de salud en función de sus categorías de amenaza y tendencia poblacional según los datos de la UICN	
Modelo		
Modificada	Fórmula	$SPP = \sum [wi] / Ac$
Explicación		
SPP	Puntaje para la submeta Especies	
wi	Peso relativo otorgado según categoría de amenaza UICN: Extinta = 0; En Peligro Crítico = 0,2; En Peligro = 0,4; Vulnerable = 0,6; Casi Amenazada = 0,8; Preocupación Menor = 1)	
Ac	Área de cada comuna en km ²	

Variables			
Datos	Fuente	Resolución	Método de levantamiento
Distribución espacial de las especies dentro de cada comuna (geo-puntos)	GBIF	Comunal	Descarga directa desde el sitio de GBIF. Criterios de selección: Observaciones humanas que incluyan referencia geográfica entre 2017 y 2021
Categorías de amenaza según UICN	Lista roja UICN de especies amenazadas	Comunal	Búsqueda de cada especie en la web de UICN (https://www.UICNredlist.org/)
Categorías de estado poblacional según UICN	Lista roja UICN de especies amenazadas	Especie	Búsqueda de cada especie en la web de UICN (https://www.UICNredlist.org/)
Descripción: Submeta de la meta de Biodiversidad que describe el estado de las especies de interés ecológico			
<p>Flujo metodológico:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Se obtuvieron los puntos de distribución desde la base de datos de GBIF 2. Se obtuvieron las especies que están en cada comuna, interceptando los puntos de cada especie con la distribución espacial de las comunas, 12 millas mar adentro (especies marinas) y 1 milla náutica tierra adentro (especies terrestres) 3. Se asignó la categoría de amenaza UICN a cada especie y su peso respectivo 4. Se asignó el estado de la población según UICN. Para las especies con una población Creciendo se asignó "0,5", Estables "0" y Decreciendo "-0,5" 			
<p>Supuestos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. No Aplica 			
<p>Limitaciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Los datos obtenidos desde GBIF corresponden principalmente a observaciones humanas, por lo que gran parte de las especies evaluadas son aves 			
Nombre de la submeta	Hábitat		
Definición	Evalúa la condición de los hábitats marino-costeros que son particularmente importantes para sustentar un gran número de especies marinas y costeras		
Modelo			

Modificado	Fórmula	$HAB = \sum [Cc/Cr] / N$	
Explicación			
HAB	Puntaje para la submeta Hábitat		
Cc	Superficie actual de cada hábitat en %		
Cr	Superficie de referencia para cada hábitat en % (valor máximo entre 2017 y 2021)		
N	Número de hábitats en cada comuna		
Variables			
Datos	Fuente	Resolución	Método de levantamiento
Superficie de los seis hábitats señalados en km ²	-MMA, 2016 Mora-Soto y col. 2020 -UNEP-WCMC 2021	Comunal	<ol style="list-style-type: none"> Las coberturas de Marismas y Humedales, Playas y Dunas Bosques y Matorrales costeros se obtuvieron con descarga directa desde: https://www.dynamicworld.app/explore/ Bosque de <i>Macrocystis</i> se obtuvieron descarga directa desde: https://biogeoscienceslaboxford.users.earthengine.app/view/kelpforests (bosque de <i>Macrocystis</i>) Pastos marinos descarga directa desde: https://data.unep-wcmc.org/datasets/7 Bentónico se obtiene desde el Sistema de Información y Monitoreo de Biodiversidad (SIMBIO)
Descripción: Submeta que representa la distribución espacial de tres hábitats marinos y tres terrestres y sus cambios temporales entre 2017 y 2021			
<p>Flujo metodológico:</p> <ol style="list-style-type: none"> Se obtuvieron las superficies de cada hábitat en %, interceptando con las capas del área de estudio Se determinaron la tendencia del hábitat en base a capas de información espacial de años anteriores (hábitats terrestres) y para los hábitats marinos se aplicaron tasas de cambio anual mundiales para cada uno 			
<p>Supuestos:</p> <ol style="list-style-type: none"> No aplica 			

Limitaciones:

1. Al no existir datos espaciales para otros años de los hábitats marinos, se tuvo que aplicar una tasa de cambio anual (%) para determinar tendencias
2. El hábitat bentónico no tiene tendencia ya que no existen datos

2. Secuestro de Carbono

Nombre de la meta	Secuestro de Carbono		
Definición	Capacidad de los hábitats costeros para almacenar y secuestrar carbono atmosférico en sus partes vivas y detritos enterrados		
Modelo			
Igual modelo global	al	Fórmula	$cs = \frac{\sum [hk * wk * Ak]}{\sum [wk * Ak]}$
Explicación			
cs	Puntaje para la meta Secuestro de Carbono		
hk	Índice de condición de referencia. Para este caso se definió que las comunas tengan al menos un 30% de su superficie cubierta por uno o más de los hábitats analizados. Se calcula así: $hk = Cc/Cr$, donde Cc es la condición actual (% de la superficie que cubren todos los hábitats según año) y Cr es la condición de referencia (0,3)		
wk	Es el peso o ponderación de la capacidad de secuestro de carbono para cada hábitat según los datos que proveen Chen y Lee (2022). Dado que estos autores no definen datos para bosques de <i>Macrocystis</i> , se determinó el peso en base a la tasa de secuestro propuesta por Filbee-Dexter y Wernberg (2020)		
Ak	Área de cada hábitat (km ²)		
Variables			
Datos	Fuente	Resolución	Método de levantamiento
Superficie de los tres hábitats señalados (m2)	-Murray y col 2018; -Mora-Soto y col. 2020 UNEP-WCMC 2021	Comunal	1. Marismas descarga directa desde: https://data.unep-wcmc.org/datasets/47

			<p>2. Bosque de <i>Macrocystis</i> descarga directa desde: https://biogeoscienceslaboxford.users.earthengine.app/view/kelpforests (bosque de <i>Macrocystis</i>)</p> <p>3. Pastos marinos descarga desde: https://data.unep-wcmc.org/datasets/7</p>
Tasa de cambio en superficie para cada hábitat (%y-1)	Krumhansl y col. 2016 Dunic y col 2021 Murray y col 2019	Mundial	<p>1. Bosque de <i>Macrocystis</i> = -0,15% anual entre 2004 y 2013 (Chile central)</p> <p>2. Pastos marinos = -0,2% anual entre 1880-2016 (global)</p> <p>3. Marismas = -0,55% anual entre 1990 y 2016 (global)</p>
Peso de secuestro de carbono (gCm ² y ⁻¹)	Chen y Lee (2022)	Mundial	<p>1. Pastos marinos = 138 (peso de almacenamiento en gCm²y⁻¹)</p> <p>2. Marismas = 129,8 (peso de almacenamiento en gCm²y⁻¹)</p> <p>3. Bosque <i>Macrocystis</i> = 133,1 (peso de almacenamiento en gCm²y⁻¹)</p>
Tasa de secuestro de carbono (TgCy ⁻¹)	Filbee-Dexter y Wernberg (2020)	País	<p>1. Pastos marinos = 0,36 (tasa de almacenamiento en TgCy⁻¹)</p> <p>2. Marismas = 0,39 (tasa de almacenamiento en TgCy⁻¹)</p> <p>3. Bosque <i>Macrocystis</i> = 0,4 (tasa de almacenamiento en TgCy⁻¹)</p>
<p>Descripción: meta que estima la cantidad de carbono secuestrado en cada una de las comunas, según la distribución espacial de los hábitats de bosque de <i>Macrocystis</i>, pastos marinos y marismas y en función de la tasa de secuestro anual (gCm²y⁻¹) descritas por Filbee-Dexter y Wernberg (2020) y Chen y Lee (2022)</p>			
<p>Flujo metodológico:</p> <ol style="list-style-type: none"> Se determinó la superficie de cada hábitat (m²) en cada comuna analizada, a través de la intersección entre las capas de la distribución espacial de cada hábitat y los límites comunales Se determinó el porcentaje el área comunal cubierto por los hábitats en su conjunto para determinar el índice de condición de referencia con respecto a un ideal (30%) Se determinó la tendencia de cambio en superficie de cada uno de estos hábitats, para cada comuna aplicando la tasa de cambio de superficie (%) La superficie de cada hábitat fue multiplicada por las tasas de secuestro 			
<p>Supuestos:</p> <ol style="list-style-type: none"> Se utilizó un peso (y tasas) de secuestro de carbono basado en otras regiones del mundo, suponiendo que tienen un comportamiento similar en Chile 			
<p>Limitaciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> No existen datos espaciales de la superficie de estos hábitats para años anteriores, lo que limitó la posibilidad de obtener una tendencia basada en datos reales 			

2. La falta de datos espacio temporales no permitió determinar un punto de referencia basado datos reales (como el caso del modelo de Guayaquil), finalmente se generó un punto de referencia basado en datos obtenidos por tendencias mundiales

3. Aguas Limpias

Nombre de la meta	Aguas Limpias		
Definición	El grado en que las regiones oceánicas están libres de contaminantes como productos químicos, eutrofización, patógenos de enfermedades y basura		
Modelo			
Igual al modelo global	Fórmula	$CW = -1x^4 \sqrt{a * u * l * d}$	
CW	Puntaje para la meta Aguas Limpias		
a	Número de personas sin acceso a servicios sanitarios		
u	Entrada de nutrientes: Se calcula como la suma de nutrientes marinos desde la acuicultura y nutrientes terrestres (fertilizantes) desde la agricultura		
l	Entrada de químico compuesta por pesticidas aplicados en la agricultura		
d	Detritus marinos compuesto por desechos domésticos		
Variables			
Datos	Fuente	Resolución	Método de levantamiento
Número de personas sin acceso a servicios sanitarios	Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) e INE	Comunal	1.Descarga directa desde: https://www.siss.gob.cl/ y https://www.ine.gob.cl/estadisticas/sociales/demografia-y-vitales/nacimientos-matrimonios-y-defunciones
Nutrientes marinos	SUBPESCA	Comunal	1.Solicitud vía web Portal de transparencia del gobierno de Chile
Nutrientes terrestres	Censo agropecuario	Comunal	1.Descarga directa desde: https://www.ine.gob.cl/censoagropec

e imágenes
Sentinel-2

uario y <https://earthengine.google.com/>

Descripción: La meta de Aguas Limpias se define como el nivel de pureza de los océanos, donde se busca la ausencia de contaminantes tales como productos químicos, eutrofización, floraciones de algas nocivas, patógenos de enfermedades y basura. El modelo general del Índice de Salud de los océanos agrupa todas las fuentes de contaminación en cuatro categorías principales: contaminación por nutrientes, contaminación por químicos, contaminación por patógenos y contaminación por basura marina. La adaptación a Chile conserva las cuatro categorías, pero ajusta las variables a los datos disponibles a nivel local. Los ajustes fueron los siguientes: La contaminación por nutrientes se dividió en contaminación por nutrientes terrestres (aporte de fertilizante al suelo agrícola en las subcuencas costeras) y contaminación por nutrientes marinos (estimación de los nutrientes aportados por la maricultura al océano). La contaminación por químicos se estimó con la aplicación de pesticidas en las cuencas costeras registradas en el censo silvoagropecuario. Para la contaminación por patógenos de origen humano se usó como proxy el número de personas en áreas costeras sin acceso a instalaciones sanitarias mejoradas. La suposición subyacente es que los lugares con un bajo número de personas con acceso a instalaciones mejoradas probablemente tendrán niveles más altos de contaminación de agua costera por patógenos humanos.

Flujo metodológico:

1. Se determinó el modelo, adaptándolo del método global a la disponibilidad de datos locales. Se solicitaron y descargaron de sitios web y se solicitaron vía web por transparencia a servicios públicos, los datos necesarios para la construcción de la meta
2. La variable de acceso de servicios sanitarios se calculó con la proporción de viviendas por comuna que están conectadas a la red de alcantarillado y triangulando con los datos de población comunal para dar variabilidad temporal. La variable de nutrientes marinos que se estimaron con las declaraciones de stock máximo de salmónidos de los Informes Ambientales (INFA).
3. Las variables de nutrientes terrestres y contaminación química se estimaron considerando los terrenos agrícolas de las primeras tres millas náuticas de la línea de costas. Estos datos presentaron una limitación, ya que solo se ha aplicado en dos ocasiones. Para incorporar la variabilidad temporal en esta variable, fue necesario triangular los datos del último censo agropecuario con las superficies cultivadas por comuna de imágenes Centinela y establecer una relación entre la superficie cultivada por comuna y los kilogramos de fertilizantes y pesticidas aplicados en el año del último censo agropecuario (2022). Luego, se aplicó esta relación entre superficie y kilogramos para el resto de los años, utilizando las superficies cultivadas proporcionadas por Sentinel-2. La variable de detritus marino se calculó con datos de residuos sólidos domiciliarios otorgados por la Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (SUBDERE) en su Gestión de residuos sólidos urbanos. Para darle variabilidad temporal a los datos se triangularon con los datos de estimación de población del INE. Se tomó un valor promedio anual para cada año en una serie de tiempo de 5 años (2017-2021)
4. Se calculó el estado actual de cada comuna utilizando la fórmula y los datos recogidos
5. Se calculó la tendencia con los datos de cinco años para cada variable

Supuestos:

1. La relación de kilos de fertilizantes y pesticidas por unidad de área no varía en los años medidos
2. Las zonas donde hay cultivos de salmónidos más concentrados (kg/ha) tienen un aporte de nutrientes mayor

Limitaciones:

1. Hay varias fuentes de contaminación que no son medidas por falta de datos como la contaminación del combustible de las embarcaciones marinas y la transferencia de contaminación entre en aire y el mar

4. Protección Costera

Nombre de la meta	Protección Costera		
Definición	La cantidad de protección proporcionada por los hábitats marinos y costeros que sirven como amortiguadores naturales contra las olas entrantes		
Modelo			
Igual al modelo global	Fórmula	$CS = \sum [hk * wk * Ak] / \sum [wk * Ak]$	
Explicación			
CS	Puntaje para la meta Protección Costera		
k	Hábitat que proporcionan protección costera		
hk	Medida de la condición de cada hábitat		
wk	El peso o ponderación de cada hábitat en su capacidad de otorgar protección		
Ak	Área de cada hábitat		
Variables			
Dato	Fuente	Resolución	Método de levantamiento
Hábitat: Playas y dunas	Programa Copernicus Sentinel-2	Comunal	1. Descarga directa desde: https://earthengine.google.com/
Hábitat: Marismas y humedales	Programa Copernicus Sentinel-2	Comunal	1. Descarga directa desde: https://earthengine.google.com/

Hábitat: Bosques y matorrales	Programa Copernicus Sentinel-2	Comunal	1.Descarga directa desde: https://earthengine.google.com/
Hábitat: <i>Macrocystis</i>	Mora, Soto y col (2020)	Comunal	1.Descarga directa desde: https://biogeoscienceslaboxford.users.earthengine.app/view/kelpforests (bosque de <i>Macrocystis</i>)
Hk: Medida de condición del hábitat		Sin dimensión espacial	1.Se usó como medida de condición del hábitat la tendencia en superficie de cada uno. Una tendencia negativa es una medida de condición negativa
wk: peso o ponderación		Sin dimensión espacial	1. A través de revisión de bibliografía y consulta experta se estableció un ranking en la capacidad de hábitat de generar protección costera el cual quedó (de mayor a menor) 1. Bosques y humedales 2. Bosques de <i>Macrocystis</i> 3. Marismas y humedales y 4. Playas y dunas

Descripción: Los bosques costeros, los humedales, las playas, las dunas y los bosques de *Macrocystis* son fundamentales para la protección de las costas contra las marejadas. Estos ecosistemas actúan como barreras naturales al estabilizar el suelo, reducir la erosión costera y absorber y dispersar la energía de las olas y los vientos. Las playas y las dunas brindan amortiguación y previenen la erosión, mientras que los bosques de *Macrocystis* disipan la energía de las olas y retienen sedimentos, protegiendo las costas. La conservación de estos ecosistemas es crucial para proteger nuestras costas y comunidades de los impactos climáticos y garantizar la biodiversidad y la resiliencia ecológica

Flujo metodológico:

- 1.Se determinó el modelo, adaptándolo del global a la disponibilidad de datos locales. Se solicitaron y descargaron de sitios web para los años 2017 a 2021
- 2.Se extrajeron las coberturas de las imágenes Sentinel para determinar el área de cada hábitat
- 3.Como las imágenes no permitían diferenciar playas y dunas de otros sitios eriazos, se reclasificó esa cobertura de forma manual con imágenes de Google Earth pro
- 4.Se revisó literatura sobre la capacidad de controlar olas y marejadas de los hábitats analizados, con esa información de base se generó una consulta experta para establecer el ranking
- 5.Se calculó el estado actual con los datos del último año
- 6.Se calculó la tendencia con los datos de los 5 años
- 7.Se determinaron las presiones y resiliencias que afectan tanto negativa como positivamente a cada hábitat y se calculó finalmente el puntaje para cada comuna

Supuestos:

- 1.Hay hábitat que no generan protección costera (praderas y cultivos)
- 2.Cada hábitat genera siempre la misma protección costera independiente de sus características particulares (por ejemplo, bosque esclerófilo en comparación a los tepuales)
- 3.El atributo más importante de cada hábitat es su extensión y permanencia

Limitaciones:

1. Las imágenes Sentinel no permiten caracterizar bien cada hábitat (como por ejemplo la composición y la estructura de cada bosque o humedal) y no hay datos de catastros de uso de suelo para todas las regiones en toda la serie de tiempo. Esto limita la adecuada representación de la capacidad de cada hábitat de generar protección costera

5. Sentido de Lugar

Nombre de la meta	Sentido de Lugar	
Definición	Describe el estado de salud de especies y lugares marino-costeros que representan parte de la identidad cultural e histórica de un determinado lugar	
Modelo		
Igual al modelo global	Fórmula	$SP = (ICO + LSP) / 2$
Explicación		
SP	Puntaje meta Sentido de Lugar	
ICO	Puntaje submeta Especies Icónicas	
LSP	Puntaje submeta Lugares Especiales Perdurables	
Nombre de la submeta	Especies Icónicas	
Definición	Las especies icónicas son aquellas que son relevantes para la identidad cultural local a través de su relación con actividades tradicionales, prácticas étnicas o religiosas locales, valor de existencia y valor estético reconocido	
Igual al modelo global	Fórmula	$ICO = (\sum [Si * wi] / \sum [Si])$
Explicación		
Si	Número de especies evaluadas en cada comuna	
Wi	Peso relativo otorgado según categoría de amenaza UICN (Extinta = 0; En Peligro Crítico = 0,2; En Peligro = 0,4; Vulnerable = 0,6; Casi Amenazada = 0,8; Preocupación Menor = 1). Homologación de categorías SUBPESCA y	

			UICN: Agotada = En peligro crítico; - Sobreexplotada = En peligro; Plena Explotación= Vulnerable; Subexplotada = Casi Amenazada
Variables			
Datos	Fuente	Resolución	Método de levantamiento
Distribución espacial de las especies (ecológicas) dentro de cada comuna (geo-puntos)	GBIF (https://www.gbif.org/)	Comunal	1.Descarga directa desde web GBIF. Criterios de selección: Observaciones humanas que incluyen datos geográficos entre 2017 y 2021
Distribución espacial de las especies (económicas-culturales) dentro de cada comuna (geo-puntos)	Enciclopedia Fish Base (https://www.fishbase.org/erratum/mysqlerr.php?db=fbapp)	Comunal	1.Descarga directa desde web Fishbase. Criterios de selección: datos entre 2017 y 2021
Categorías de amenaza según UICN	Lista roja UICN de especies amenazadas	Comunal	1.Búsqueda de cada especie en la web de UICN (https://www.icunredlist.org/)
Categorías de estado poblacional según UICN	Lista roja UICN de especies amenazadas	Especie	1.Búsqueda de cada especie en la web de UICN (https://www.UICNredlist.org/)
Categorías de Estado de las Pesquerías según SUBPESCA	https://www.subpesca.cl/portal/618/articles-117812_recurso_1.pdf	Especie	1.Búsqueda directa del informe 2021
Descripción: Submeta de sentido de lugar que describe la riqueza de especies de interés ecológico, económico y cultural y mide su salud según las categorías de amenaza UICN (para especies ecológicas) y SUBPESCA (para especies comerciales y de importancia cultural)			

Flujo metodológico:

1. Se obtienen los puntos de distribución desde la base de datos de GBIF y FishBase
2. Se obtienen las especies que están en cada comuna, intersectando los puntos con la distribución espacial de las comunas (12 millas marinas)
3. Se asigna la categoría de amenaza UICN/SUBPESCA a cada especie y su peso.
4. Se asigna el estado de la población según UICN/SUBPESCA. Para las especies con una población Creciendo se asigna “0,5”, estables “0” y decreciendo “-0,5”

Supuestos:

1. No Aplica

Limitaciones:

1. Homologación de categorías de conservación UICN y SUBPESCA

Nombre de la submeta	Lugares Especiales Perdurables		
Definición	Representa ubicaciones geográficas que tienen un valor particular por razones estéticas, espirituales, culturales, recreativas o de existencia		
Modelo			
Igual al Modelo global	Fórmula	$LSP = (((\%cempa / \%Refcempa) + (\%cp / \%Ref cp)) / 2)$	
Explicación			
LSP	Puntaje para la submeta Lugares Especiales Perdurables		
%cempa	Superficie en % de los Lugares Especiales Perdurables dentro de las tres millas náuticas mar adentro		
%Refcempa	Superficie de referencia en % de los Lugares Especiales Perdurables dentro de las tres millas náuticas mar adentro		
%cp	Superficie en % de los Lugares Especiales Perdurables dentro de la milla náutica tierra adentro		
%Ref cp	Superficie de referencia en % de los Lugares Especiales Perdurables dentro de la milla náutica tierra adentro		
Variables			
Datos	Fuente	Resolución	Método de levantamiento

Superficie de los lugares especiales perdurables en porcentaje	Infraestructura de Datos Geoespaciales (IDE Chile) https://www.ide.cl/ . Sistema de Información Territorial de la SUBPESCA https://mapas.subpesca.cl/ideviewer/	Comunal	<p>Descarga de información de IDE Chile. Las capas de datos utilizadas fueron:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Áreas de manejo y explotación de recursos bentónicos 2. Áreas protegidas privadas 3. Áreas marinas protegidas 4. Bienes nacionales protegidos 5. Monumentos nacionales 6. Patrimonio mundial UNESCO 7. Sitios prioritarios de Conservación de la biodiversidad nacional 8. Sitios definidos por estrategia regional de biodiversidad nacional 9. Áreas terrestres protegidas (parques nacionales y reservas naturales) 10. Zonas de interés turístico
<p>Descripción: Submeta que representa la distribución espacial de los lugares especiales perdurables entre 2017 y 2021</p>			
<p>Flujo metodológico:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Se obtienen los datos 2. El primer año de análisis (2017), contempla todos los Lugares Especiales Perdurables preexistentes a la fecha. Los años siguientes de análisis, muestran los incrementos de los Lugares Especiales Perdurables para cada región (comuna) 3. El valor en porcentaje muestra la proporción de la región cubierta por uno o más Lugares Especiales Perdurables en 1 milla náutica costa adentro y 3 millas náuticas mar afuera 			
<p>Supuestos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. No aplica 			
<p>Limitaciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. No aplica 			

6. Oportunidades de Pesca Artesanal

Nombre de la meta	Oportunidades de Pesca Artesanal
Definición	<p>La oportunidad para que los pescadores artesanales puedan acceder a los recursos pesqueros de forma equitativa y sostenible, considerando tanto la distribución económica de los ingresos, como la demanda de nuevas incorporaciones de pescadores artesanales al sistema. Un puntaje de 100 es obtenido en comunas con una mayor igualdad de ingresos por desembarques, una mayor demanda por inscripciones de registros pesqueros artesanales y una tendencia anual orientada a la utilización de artes de pesca más sostenibles</p>
Modelo	

Adaptado desde el modelo global	Fórmula	$OP = (Dp + Ci + Sa) / 3$	
Explicación			
OP	Puntaje para la meta Oportunidades de Pesca Artesanal		
Dp	Demanda de inscripciones en el registro pesquero artesanal (RPA) expresado como el porcentaje anual de inscripciones en dicho registro en cada comuna de análisis. El porcentaje es normalizado para que el gradiente adquiera valores entre 0 y 1 por cada año de análisis, donde “0” indica que no hay demanda de nuevas inscripciones en un año y “1” indica la mayor demanda de inscripciones registradas en un año		
Ci	Coeficiente de igualdad de ingresos por desembarques Distribución anual de los ingresos por toneladas de las especies desembarcadas en cada comuna de análisis. El coeficiente de igualdad se obtiene estimando el índice de Gini (Gi), el cual es invertido (1-Gi) para que valores altos y bajos representen mayor y menor igualdad de ingresos por desembarques, respectivamente. Dado que los ingresos por desembarques artesanales en Chile son naturalmente desiguales, el coeficiente de Gini inverso alcanzó valores superiores a 0.5 solo en el 1.3% del total de las observaciones, ocasionando una escasa representación de este índice en el puntaje de la meta. El índice adquiere valores entre 0 y 1 por cada año de análisis, donde “0” indica que no hay igualdad de ingresos por toneladas de desembarques y “1” indica la mayor igualdad de ingresos por desembarques observadas en Chile		
Sa	Coeficiente anual de sostenibilidad por arte de pesca. Variable que asigna un coeficiente anual de sostenibilidad en cada comuna a partir del producto entre el acumulado de toneladas desembarcadas por arte de pesca y el coeficiente de sostenibilidad asignado. Estos valores son promediados para obtener un valor por año y comuna. El resultado es normalizado entre valores de 0 y 1, haciendo referencia al año con la menor y mayor estimación del producto entre el acumulado de toneladas desembarcadas por arte de pesca y coeficiente de sostenibilidad, respectivamente. Los valores intermedios sobre los 3 años restantes se distribuyen en referencia al mayor o menor compromiso que se haya obtenido en la comuna		
Variables			
Datos	Fuente	Resolución	Método de levantamiento
Desembarque pesquero	SERNAPESCA	Comunal	1. Solicitud vía web Portal de transparencia del gobierno de Chile

Precios playa anuales por recurso pesquero	SERNAPESCA	Regional	1.Solicitud vía web Portal de transparencia del gobierno de Chile
Estadística histórica de inscripciones en el registro pesquero artesanal	SERNAPESCA	Comunal	1.Descarga directa desde el SERNAPESCA http://prod.registropublico.sernapesca.cl/reportes/regpescadores_publico/index.php

Descripción:

La meta de oportunidades de pesca se compone de tres factores, utilizando un punto de referencia temporal anual. Estos tres factores contribuyen en la generación de oportunidades para pescar. Una mayor demanda por inscripciones en el registro pesquero artesanal implica la disponibilidad de entrega de licencias de pesca. Una mayor igualdad de ingresos por desembarques es muestra del beneficio compartido de la pesca. El coeficiente de sostenibilidad por arte de pesca favorece y penaliza los años en las comunas de mayor y menor compromiso entre desembarques y arte de pesca utilizado. Una mayor contribución combinada de estos tres factores de igual importancia relativa contribuye a más oportunidades de pesca artesanal

Flujo metodológico:

- 1.Demanda de inscripciones en el RPA. i) Con el registro histórico de inscripciones de RPA, se estima el porcentaje de crecimiento anual de inscripciones en cada una de las comunas analizadas; ii) Se calcula la media móvil de 5 años sobre el porcentaje de crecimiento anual de inscripciones; iii) Se filtran los resultados obtenidos para los 5 años de análisis; iv) El resultado es normalizado para que el gradiente adquiera valores entre 0 y 1 por cada año de análisis
2. Coeficiente de igualdad de ingresos por desembarques. i)Se estima la suma de toneladas anuales de las especies desembarcadas por cada RPA en cada una de las comunas analizadas; ii) Se asignan los precios playa sobre las especies desembarcadas y reportadas anualmente en cada comuna y se estiman los ingresos por tonelada de especie desembarcada; iii) Se estima el coeficiente de Gini (Gi) inverso para cada comuna y año de análisis utilizando la expresión " $Gini_inv = (1-Gi)$ "; iv) Se calcula la media móvil de 3 años por comuna, y el resultado se normaliza para que el gradiente adquiera valores entre 0 y 1 por cada año de análisis
3. Coeficiente anual de sostenibilidad por arte de pesca. i) Se suman las toneladas de desembarques anuales por arte de pesca en cada una de las comunas analizadas, y se multiplican con el coeficiente de sostenibilidad asignado al arte de pesca; ii) Se estima la media de estos valores para cada uno de los 5 años y comunas analizadas; iii) El coeficiente estimado para cada uno de los cinco años es normalizado para que el gradiente adquiera valores entre "0" y "1"
- 4.Unificación de la base de datos. i) La base de datos es unificada y se estiman los puntajes para cada año utilizando la fórmula presentada en la Sección Modelo. ii) Se procede a estimar los puntajes para los 5 años de análisis, para así obtener el estado actual y la tendencia. iii) Se estima el estado futuro a partir de la tendencia junto a las presiones y resiliencias que interactúan con la meta. iv) Con el estado actual y futuro procedemos a estimar el puntaje de la meta

Supuestos

1. Una mayor igualdad de ingresos por desembarques corresponde al valor anual más alto estimado con nuestro set de datos
2. Una mayor demanda de inscripciones por RPA corresponde al valor anual más alto estimado con nuestro set de datos
3. Los valores de ponderación asignados a cada uno de los 18 artes de pesca reportados en nuestro set de datos fueron: Arrastre Fondo (0.2), Cerco (0.3), Arrastre Media Agua (0.3), Bolinche (0.3), Enmalle (0.4), Chinchorro (0.4), Espinel (0.5), Palangre (0.5), Trampas (0.7), Canastillo (0.7), Curricán (0.7), Trampa Tubo (0.7), Línea de mano (0.8), Poteras (0.8), Araña (0.8), Buceo (0.9), Arpón (0.9), Recolector de orilla (0.9). Estos valores fueron asignados según la importancia relativa al comparar unos con otros en función de su grado de sostenibilidad

Limitaciones

1. Los datos de precios de playa no se registran con igual regularidad en todas las regiones de Chile ni sobre todas las especies que se desembarcan. Para la asignación de precios sobre todas las especies en primer lugar se utiliza el precio promedio regional anual registrado para una especie, en segundo lugar, el precio promedio nacional anual registrado para una especie, y en tercer lugar se asigna un precio por defecto de \$1000 por kg de la especie
2. No se ha integrado el estado de explotación de las especies que se desembarcan en el coeficiente de sostenibilidad por pesca
3. El coeficiente de demanda de inscripciones de RPA difiere del número de pescadores que efectivamente reportan desembarques
4. Limitación temporal. Aquí usamos un set de datos completo entre 2017 y 2021. Una mayor cantidad de datos para años anteriores podría contribuir a fortalecer los índices calculados para la ventana de tiempo analizada

7. Turismo y Recreación

Nombre de la meta	Turismo y Recreación	
Definición	El valor que las personas tienen por vivir y disfrutar de las zonas costeras a través de actividades como la navegación y la observación de aves, la pesca recreativa y la playa	
Modelo		
Adaptado del modelo gobal	Fórmula	$TR = PET \times S \times FCT$
Explicación		
TR	Puntaje para la meta Turismo y Recreación	
PET	Proporción de empleos relacionados a actividades turísticas por comuna. División entre empleos relacionados a actividades turísticas por comuna por el total de empleos registrados por comuna según Servicio de Impuestos Internos	

S	Coeficiente de sostenibilidad según certificación “S” de SERNATUR. Coeficiente construido con la proporción de prestadores de servicios turísticos con sello de Sustentabilidad (PS), dividido por el total de prestadores (PT), ambos registrados en el Servicio Nacional de Turismo por comuna, al resultado se sumó una unidad quedando $(1+(PS/PT))$
FCT	Factor de corrección de actividades turísticas directamente relacionadas al mar. Este factor se construyó a partir del registro de prestadores de SERNATUR. Consistió en asignar un valor entre 0 a 1, en cinco categorías, según la presencia acumulada de actividades directamente relacionadas al disfrute del mar, entre las actividades turísticas. Mínimo, sin actividades relacionadas al mar = 0,1 Categoría 1 (Cat1) Restaurante = 0,25 Categoría 2 (Cat2) = Cat 1 + Una de las tres actividades: Paseo Náutico o Arriendo de Kayak o Buceo = 0,5 Categoría 3 (Cat 3) = Cat 2 + Dos de los tres: Paseo Náutico y/o arriendo de kayak y/o Buceo = 0,75 Categoría 4 = Cat 3 + Hotel = 1

Variables

Datos	Fuente	Resolución	Método de levantamiento
Empleos por rubro por comuna	Servicio de Impuestos Internos (SII)	Comunal	1.Descarga directa desde: https://www.sii.cl/sobre_el_sii/estadisticas_de_empresas.html
Servicios turísticos con Sello “S”	SERNATUR	Comunal	1.Solicitud vía web Portal de transparencia
Servicios turísticos por tipo de servicio	SERNATUR	Comunal	1.Solicitud vía web Portal de transparencia

Descripción: Se utilizó el empleo en el sector turístico como una medida sustituta razonable del número total de personas dedicadas al turismo costero y actividades recreativas. El empleo dentro de este sector debería responder dinámicamente al número de personas que participan en actividades turísticas, partiendo del supuesto de que el número de empleados de hoteles, agentes de viajes y empleados de otras profesiones afiliadas aumentará o disminuirá con la demanda turística cambiante dentro de las diferentes regiones. Para capturar la sostenibilidad de la actividad, agregamos un factor de sustentabilidad de turismo en base a la proporción de servicios turísticos que tienen certificación de sustentabilidad con respecto al total de servicios inscritos por comuna en los registros de SERNATUR. Por último incluimos un factor de corrección de turismo costero el cual consiste en asignar un puntaje, según la cantidad y tipo de actividades turísticas relacionadas al mar, que posee cada comuna

Flujo metodológico:

- 1.Se determinó el modelo, adaptándolo del método global a la disponibilidad de datos locales. Se solicitaron y descargaron de sitios web y servicios públicos, los datos necesarios para la construcción de la meta

2. Se calcularon los datos obtenidos, usando las proporciones de empleo, actividades con sello "S" y los valores según actividades turísticas marinas
3. Se calculó el estado actual de cada comuna utilizando la fórmula y los datos recogidos
4. Se calculó la tendencia con los datos de cinco años anteriores de empleos por rubro
5. Se determinaron las presiones y resiliencias que afectan tanto negativa como positivamente a la actividad, y se calculó finalmente el puntaje para cada comuna

Supuestos:

1. La actividad turística está medida por la cantidad de empleos en el sector, mayor cantidad de actividad turística se relaciona directamente con mayor proporción de empleos con respecto del resto de actividades productivas
2. Las estadísticas representan la realidad comunal, en términos de empleabilidad y servicios turísticos. No se considera un ajuste por actividades y empleos informales
3. Para el FCT se consideró que todos los restaurantes ofrecen al menos un menú o plato con productos marinos. Además, con respecto a este factor, se asumió que los prestadores de servicios turísticos están vigentes a partir de los datos entregados por SERNATUR

Limitaciones:

1. Los empleos informales no se contabilizan (vendedores de playa, transporte y alojamiento de aplicaciones o sitios web)

8. Productos Naturales

Nombre de la meta	Productos Naturales	
Definición	Describe qué tan sostenible es la cosecha de los productos naturales no comestibles (Algas, aceite y harina de pescado) que se extraen de las diferentes comunas de Chile	
Modelo		
Adaptado del modelo global	Fórmula	$NP = (\sum Pc * wc) / N$ $Pc = Hc * Sc$
Explicación		
NP	Puntaje para la meta Productos Naturales	
Pc	Promedio ponderado de las puntuaciones de los productos individuales	
wc	Contribución relativa de cada producto al estado general del objetivo	
N	Número de categorías de productos (c) que se cosecharon	
Hc	Nivel de cosecha de una categoría en relación con su propio punto de referencia temporal	

Sc	Sostenibilidad de ese producto		
Variables			
Datos	Fuente	Resolución	Método de levantamiento
Desembarque pesquero	SERNAPESCA	Comunal	1.Solicitud portal de transparencia
Anuarios Estadístico de Pesca y Acuicultura	SERNAPESCA	Comunal	1.Descarga directa desde: http://www.sernapesca.cl/informacion-utilidad/anuarios-estadisticos-de-pesca-y-acuicultura
Precios	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)	Nacional	Datos descargados a partir del software FishstatJ
Descripción: Esta submeta representa la extracción y producción de productos naturales no comestibles			
<p>Flujo metodológico:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.Se determinó la extracción producción a nivel comunal de las algas no comestibles y aceites y harina de pescado 2.Calcular el nivel de cosecha de cada producto por año según su punto de referencia, que corresponde al máximo a nivel temporal 3. Calcular la contribución relativa de cada producto según año y comuna, en relación a su valor y la producción del mismo 4.Se extrajo el índice de sostenibilidad de la harina de pescado según el índice de B/Bmsy calculado en la meta de pesca, mientras que el índice de sostenibilidad de las algas se determinó a partir del Estado de situación de las principales pesquerías chilenas, según si la extracción de algas cumple con los criterios de si tienen talla de extracción, cuota, veda, su estado de pesquería y si tiene plan de manejo 5.Multiplicar el índice de sostenibilidad por el nivel de cosecha para obtener las puntuaciones de los productos individuales 6.Calcular el promedio ponderado de los productos naturales por la contribución relativa de cada producto al estado general de la meta 			
<p>Supuestos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.La mayoría productos derivados de la pesca artesanal son reportados 			
<p>Limitaciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.No existe mucha información acerca de la sostenibilidad de extracción de algas. No existe información sobre todos los productos naturales comercializados en Chile, hace falta por ejemplo las artesanías derivadas 			

9. Provisión de Alimentos desde Pesquerías Artesanales y Maricultura

Nombre de la meta	Provisión de Alimentos desde Pesquerías Artesanales y Maricultura	
Definición	Provisión de alimentos desde la pesquería y la maricultura	
Modelo		
Adaptado del modelo global	Fórmula	$FP = ((w_fis * FIS) + (w_mar * MAR)) / 2$
Explicación		
FP	Puntaje para la meta Provisión de Alimentos desde Pesquerías Artesanales y Maricultura	
FIS	Puntaje para la submeta de Pesca	
MAR	Puntaje para la submeta de Maricultura	
w_fis	Aporte relativo de las toneladas de pesca en relación con las toneladas capturadas de maricultura de cada comuna	
Nombre de la submeta	Pesca	
Definición	Esta meta evalúa qué tan bien maximizamos la captura de las pesquerías artesanales, sin dañar la capacidad del océano para continuar proporcionando pescado a las personas en el futuro	
Adaptado de la fórmula global	Fórmula	$FIS = \prod SS^{(C/Cr)}$ Si $B/BMSY$ Si $B/BMSY$ Si $n = 3$, $SS * 0.5$ Si $n = 2$, $SS * 0.3$ Si $n = 1$, $SS * 0.2$
Explicación		
FIS	Puntaje para la submeta Pesca	
SS	Puntuaciones de sostenibilidad de las pesquerías	
C	Contribución relativa de la población	

Cr	Cantidad total de pesca por comuna		
B/BMSY	Biomasa de la población en relación con la biomasa que puede ofrecer el máximo rendimiento sostenible a partir de Martell y Froese (2013)		
n	Número de especies capturadas por comuna y año		
Variables			
Datos	Fuente	Resolución	Método de levantamiento
Desembarque pesquero	SERNAPESC A	Comunal	Solicitud de datos públicos a través del portal de transparencia del gobierno de Chile
<p>Descripción: Esta submeta representa la extracción sostenible de las especies de peces, crustáceos, moluscos, mariscos, equinodermos y algas comestibles de las comunas de Chile</p>			
<p>Flujo metodológico: A partir de los datos de desembarque pesquero de los últimos 10 años y de, se determinó el estado de las poblaciones de peces en las distintas macrozonas de Chile</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Se recopilaron datos de desembarque pesquero de los últimos 10 años para identificar las especies más importantes en cada macrozona de Chile, que representaron el 90% de la captura en el primer y último año 2. Se aplicó el modelo de captura-MSY a esas especies para evaluar su sostenibilidad. Luego, promediamos el índice B/BMSY a nivel comunal, asignándole a las especies sin índice 3. Se aplicaron penalizaciones a las especies sobre y subexplotadas, así como a las pesquerías comunales frágiles (aquellas dependientes de 3 o menos especies). Esto nos dio puntuaciones para evaluar el estado de las poblaciones 4. Calculamos la media geométrica ponderada de estas puntuaciones según la contribución relativa de cada especie a la captura total comunal 			
<p>Supuestos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. La mayoría productos derivados de la pesca artesanal son reportados 			
<p>Limitaciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. No aplica 			
Nombre de la submeta	Maricultura		
Definición	La cosecha sostenible de productos del mar a partir de prácticas de maricultura		
Modelo			

Igual al Modelo Global	Fórmula	$MAR = Y_c * S_c$ $Y_c = \sum Y_k / Y_{r, ref}$ $S_c = \sum Y_k * S_{k,r} / \sum Y_k$	
Explicación			
MAR	Puntaje para la submeta Maricultura		
Y _c	Rendimiento actual cosechado de forma sostenible		
Y _{c,ref}	Valor que corresponde al 1% de la cosecha potencial de acuicultura en cada región		
Y _k	Promedio de la ventana móvil de 4 años de toneladas de producción (FAO 2016) para cada especie de maricultura que se cultivan actualmente o en algún momento dentro de un país		
S _{k,r}	Puntuación de sostenibilidad para cada especie y región de maricultura		
Variables			
Datos	Fuente	Resolución	Método de levantamiento
Cosechas de centros de cultivo	SERNAPESC A	Comunal	1.Solicitud portal de transparencia
Puntaje sostenibilidad por cultivo	Centro Monterrey Bay Aquarium	Global	1.Descarga sitio web
<p>Descripción: El estado de la submeta maricultura, se definió como la producción de las especies marinas más importantes de Chile (Las especies que representan el 99% de volumen de cosecha entre los años 2014 al 2021, las cuales corresponden a Ostión del Norte, Abalón, mitílidos, ostras y salmones), excluidas las algas marinas, que se supone contribuyen predominantemente a la medicina y usos cosméticos más que como fuente de alimento. Para representar la sostenibilidad de la actividad se agregó un factor de sostenibilidad para cada especie incluida, obtenido del programa Seafood Watch del Acuario de Bahía de Monterrey</p>			
<p>Flujo metodológico:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.El estado de la submeta maricultura se calculó como el rendimiento informado multiplicado por la sostenibilidad de cada especie cosechada 2.El rendimiento se extrajo de los informes del Servicio Nacional de Pesca, y la sostenibilidad se basó en la información de un Índice de Sostenibilidad del programa Seafood Watch del Acuario de la Bahía de Monterey, que evalúa la sostenibilidad ecológica de los productos del mar capturados en la naturaleza y de acuicultura 			

Supuestos: 1.No aplica
Limitaciones: 1.No existen evaluaciones anuales ni locales de la sostenibilidad de los diferentes cultivos

10. Economía y medios de vida

Nombre de la meta	Economía y Medios de Vida	
Definición	El grado en que los océanos proporcionan medios de vida y economías estables Esta meta se divide en dos submetas es clave: medios de vida y economías. El modelo global considera los ingresos y los empleos de: Turismo, Pesca y Maricultura (procesamiento). Nuestra Evaluación agrega además los sectores de Alojamientos asociados a los empleos temporales proporcionados por industrias y transporte marinos	
Modelo		
Adaptado del modelo gobal	Fórmula	$LE = ECO + LIV$
Explicación		
LE	Puntaje para la meta de Economía y Medios de Vida	
ECO	Puntaje para la submeta Economías	
LIV	Puntaje para la submeta Medios de Vida	
Nombre de la submeta	Economías	
Definición	Esta submeta captura el valor económico asociado con las industrias marinas. Esto se hace utilizando los ingresos de sectores marinos como sustituto	
Igual al modelo global	Fórmula	$eco = \sum ec, k / \sum er, k$
Explicación		
ECO	Puntaje para la submeta Economía	

e	Ingreso total ajustado
c	Valor actual de e
r	Valor de referencia de e
k	Sectores

Variables

Datos	Fuente	Resolución	Método de levantamiento
Ingresos de las industrias asociadas a los sectores: turístico, transporte marítimo, procesamiento de la pesca y la acuicultura y alojamiento de estancias largas	SII	Comunal	1.Descarga directa desde: https://www.sii.cl/sobre_el_sii/estadisticas_de_empresas.html
Valor de referencia	Ventana móvil	Comunal	1.Se calcula una ventana móvil para la serie de tiempo de 6 años

Descripción: La submeta de Economía se enfoca en medir los ingresos generados por las industrias sostenibles relacionadas con el mar, a nivel comunal. Estos aspectos son de gran interés tanto para las partes interesadas como para los gobiernos, y pueden presentar diferentes patrones en diversos casos a nivel comuna. El modelo global considera los ingresos y los empleos de: Turismo, Pesca y Maricultura. Nuestro modelo agrega además los sectores de alojamientos asociados a los empleos temporales proporcionados por industrias y transporte marinos

Flujo metodológico:

1. Se determinó el modelo, adaptándolo del método global a la disponibilidad de datos locales. Se solicitaron y descargaron de sitios web para los años 2017 a 2021
2. Se extrajo el valor total de ingresos medido en dólares de cada uno de los sectores turísticos del servicio de impuestos internos para cada año
3. Se calculó el estado actual según la fórmula
4. Se calculó la tendencia con los datos de los 5 años
5. Se determinaron las presiones y resiliencias que afectan tanto negativa como positivamente a cada sector y se calculó el puntaje final

Supuestos:

1. Las empresas declaran el total de sus ganancias al SII
2. Los alojamientos de estancias largas (como pensiones) se asocian a empleos temporales como los que proveen las industrias acuícolas

Limitaciones:

1. Las actividades informales (como la venta de comida o artesanías en la playa) no pueden ser integradas porque no existe un registro formal

Nombre de la submeta	Medios de Vida		
Definición	Esta submeta evalúa los beneficios que obtienen las personas de los océanos en forma de empleos y salarios		
Igual al modelo global	Fórmula	$liv = (\sum jc, k / \sum jr, k + \sum wm, k / \sum wr, k) / 2$	
Explicación			
LIV	Puntaje para la submeta Medios de Vida		
j	Empleos		
c	Valor actual de j		
r	Valor de referencia de j		
g	Salarios		
m	Valor actual de g		
k	Sectores		
Variables			
Datos	Fuente	Resolución	Método de levantamiento
Empleos a honorarios y contrata en número por comuna por año de los sectores descritos	Servicio de impuestos internos	Comunal	1. Descarga directa desde: https://www.sii.cl/sobre_el_sii/estadisticas_de_empresas.html
Valor de referencia	Ventana móvil	Comunal	1. Se calculó una ventana móvil para la serie de tiempo de 6 años

Salarios: salarios en dólares obtenidos por los trabajadores de los sectores descritos	SII	Comunal	1.Descarga directa desde: https://www.sii.cl/sobre_el_sii/estadisticas_de_empresas.html
Fuerza de trabajo y desempleo: estadísticas comunales que se usan como variables complementari as en el cálculo en R	INE	Comunal	1.Descarga directa desde: https://www.ine.gob.cl/estadisticas/sociales/mercado-laboral/ocupacion-y-desocupacion
<p>Descripción: La submeta de medios de vida se enfoca en medir los empleos y salarios generados por las industrias relacionadas con el mar, a nivel comuna. El modelo global considera los ingresos y los empleos de: Turismo, Pesca y Maricultura. Nuestro modelo agrega además los sectores de alojamientos asociados a los empleos temporales proporcionados por industrias y transporte marinos</p>			
<p>Flujo metodológico:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.Se determinó el modelo, adaptándolo del método global a la disponibilidad de datos locales. Se solicitaron y descargaron de sitios web para los años 2017 a 2021 2.Se extrajo el valor total de ingresos medido en dólares de cada uno de los sectores turísticos del servicio de impuestos internos para cada año 3.Se calculó el estado actual según la fórmula 4.Se calculó la tendencia con los datos de los 5 años 5.Se determinaron las presiones y resiliencias que afectan tanto negativa como positivamente a cada sector y se calculó el puntaje final 			
<p>Supuestos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.Las empresas declaran a todos los trabajadores vinculadas con ellas 2.Los alojamientos de estancias largas (como pensiones) se asocian a empleos temporales como los que proveen las industrias acuícolas 			
<p>Limitaciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.Las actividades informales (como la venta de comida o artesanías en la playa) no pueden ser integradas porque no existe un registro formal 2.No se consideran los encadenamientos productivos para estimar empleos en otros rubros (por ejemplo, transporte terrestre vinculado al movimiento de productos pesqueros) por la dificultad de establecer un límite en el encadenamiento 			

ANEXO 6. EXPERTOS PARTICIPANTES EN EL PROCESO DE IdSO+Chile

Nombre	Institución	Tipo de institución	Metas
Alejandro Karstegl	Independiente	Privado	Provisión de Alimentos
Amancay Cepeda	Centro de Estudio y Conservación del Patrimonio Natural (CECPAN)	Investigación	Economías y Medios de Vida, Productos Naturales
Carlos Molinete	Universidad Austral de Chile	Investigación	Oportunidades de Pesca, Provisión de Alimentos, Economías y Medios de Vida
Carol Alvarado	MMA	Público	Biodiversidad, Aguas Limpias, Economías y Medios de Vida, Turismo, Productos Naturales
Claudio Castro	MMA	Público	Biodiversidad, Secuestro de Carbono, Provisión de Alimentos, Economías y Medios de Vida, Protección Costera
Daniela Droguett	Wildlife Conservation Society	ONG	Oportunidades de Pesca, Productos Naturales
Edgardo Casanova	Gobierno Regional de Magallanes	Público	Sentido de Lugar y Pertenencia, Economías y Medios de Vida, Turismo, Protección Costera, Productos Naturales
Emilio Alarcón	Centro IDEAL	Investigación	Aguas Limpias, Secuestro de Carbono, Sentido de Lugar y Pertenencia, Protección Costera
Fabio Bozzeda	Universidad del Salento	Investigación	Biodiversidad, Secuestro de Carbono, Protección Costera
Fernanda Barrera	Laboratorio de toxinas marinas, Universidad de Chile	Investigación	Biodiversidad, Aguas Limpias, Productos Naturales

Gonzalo Saavedra	Centro IDEAL	Investigación	Oportunidades de Pesca
Humberto González	Centro IDEAL	Investigación	Secuestro de Carbono
Ítalo Campodónico	Independiente	Privado	Oportunidades de Pesca
Jacqueline Boldt	Aysén Mira al Mar	ONG	Sentido de Lugar y Pertenencia, Turismo, Protección Costera
Jorge Herreros	MMA	Público	Biodiversidad
Jorge Navarro	Centro IDEAL	Investigación	Biodiversidad
José Luis Iriarte	Centro IDEAL	Investigación	Aguas Limpias
Juan Francisco Pizarro	MMA	Público	Sentido de Lugar y Pertenencia, Turismo y Recreación
Carina Lange	Centro IDEAL	Investigación	Secuestro de Carbono
Luis Pardo	Centro IDEAL	Investigación	Provisión de Alimentos
María Amalia Mellado	Centro IDEAL	Investigación	Oportunidades de Pesca Artesanal
María José Martínez	Programa Austral Patagonia	Investigación	Biodiversidad
Martina Delgado	SUBPESCA	Público	Provisión de Alimentos desde Pesquerías Artesanales y Maricultura
Mauricio Palacios	Centro IDEAL y Wildlife Conservation Society	Investigación y ONG	Secuestro de Carbono, Productos Naturales, Protección Costera
Nelson Valdivia	Centro IDEAL	Investigación	Biodiversidad, Sentido de Lugar y Pertenencia

Ricardo Giesecke	Centro IDEAL	Investigación	Aguas Limpias, Secuestro de Carbono
Rodrigo Oyanedel	Centro IDEAL	Investigación	Oportunidades de Pesca Artesanal, Economía y Medios de Vida
Sandra Marín	Centro IDEAL	Investigación	Aguas Limpias, Provisión de Alimentos desde Pesquerías Artesanales y Maricultura
Susana Mendoza	Cruceros Australis	Privado	Turismo
Vrení Häussermann	Universidad San Sebastián	Universidad	Biodiversidad

*Se realizaron 30 reuniones entre los meses de mayo y diciembre del año 2022 con expertos para definir las diferentes metas, con el fin de buscar el modelo que represente de forma cabal el estado de las comunas en cada meta.

ANEXO 7. CAJA DE HERRAMIENTAS PARA CÁLCULO DE LAS METAS

Pasos para calcular los puntajes para cada meta con Toolbox: se procesaron los datos recopilados y se obtuvieron los puntajes correspondientes a cada meta y comuna costera evaluada. Para ello fue necesario una serie de procesos, que consiste básicamente con la preparación y utilización de la caja de herramientas (Toolbox).

Antes de comenzar fue necesaria la instalación o actualización previa del software R y R studio (R Core Team 2018) y la cuenta de GitHub, con el fin de poder reproducir el repositorio de la evaluación global en nuestro lugar de trabajo. Luego, para iniciar la preparación de datos, es necesario limpiar y depurar cada base de datos, para así subir los archivos crudos en la carpeta “prep” de cada meta correspondiente.



La generación de datos a partir de la carpeta “prep” deben ser en formato “largo”, con la estandarización a OHI, es decir, comuna, año y valor. Estos archivos se guardan en formato CSV en la carpeta llamada “layers” y son registrados en el csv “layers”, el cual contiene el listado de todos los archivos necesarios para el cálculo de OHI. Cuando estén todos los archivos de las metas (y submetas), presiones y resiliencias, es necesario ir ajustando el archivo “functions.R”, para ir revisando y modificando una a una las fórmulas de estado actual y tendencia por meta. Una vez listos en este paso, es necesario ajustar los datos del resto de la carpeta “comunas”, donde se encuentra la configuración general de nuestro repositorio, lo que incluye las matrices de presiones y resiliencias. Todo esto finalmente culmina en la actualización del repositorio en la plataforma GitHub para así asegurar la reproducibilidad de este (<https://github.com/OHI-Science/chl>). Los pasos se resumen así:

- A. Requisitos previos (Actualización de software, y creación de cuenta en GitHub).
- B. Creación de carpeta prep por meta
- C. Creación de archivos en formato CSV.
- D. Registro de las nuevas capas de datos en layers.csv.
- E. Revisión de resultados preliminares.
- F. Ajuste de datos del modelo.
- G. Ajuste de fórmulas en functions.R
- H. Incorporación de datos a la plataforma GitHub.

Validación y verificación: Se lleva a cabo una validación exhaustiva de los resultados obtenidos, asegurando la precisión y confiabilidad de los valores calculados para cada meta. Esto implica una revisión detallada de los datos y metodologías utilizadas, así como la comparación con estudios científicos previos y evaluaciones similares.

Interpretación y presentación de resultados: Una vez obtenidos los valores de las metas, se interpretan y presentan de manera clara y comprensible para facilitar la comunicación de los resultados. Se utilizan visualizaciones, gráficos y mapas para resaltar las tendencias y patrones identificados, brindando una representación visual efectiva de la información.

ACRÓNIMOS DEL MATERIAL COMPLEMENTARIO

ANID: Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo de Chile

AMJ: Área Marina Jurisdiccional

B/Bmsy: Razón de la biomasa del año más reciente (B) y la biomasa objetivo. (BMSY)

CONVEMAR: Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar

DIRECTEMAR: Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante de Chile

ERD: Estrategia Regional de Desarrollo

FAN: Floración de algas nocivas

GBIF: Sistema Global de Información sobre Biodiversidad

IDE Chile: Infraestructura de Datos Espaciales Chile

INE: Instituto Nacional de Estadísticas

IdSO+Chile: Índice de Salud de los Océanos Chile

MBA: Monterey Bay Aquarium

MMA: Ministerio de Medio Ambiente

ONG: Organización No Gubernamental

PLADECO: Plan de Desarrollo Comunal

PROT: Plan Regional de Ordenamiento Territorial

RAMSAR: Convención Relativa a los humedales de Importancia Internacional

RPA: Registro Pesquero Artesanal

SERNAPESCA: Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura

SERNATUR: Servicio Nacional de Turismo

SUBPESCA: Subsecretaría de Pesca y Acuicultura

SINIM: Sistema Nacional de Información Municipal

UICN: International Union for the Preservation of Nature

UNESCO: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

REFERENCIAS

- Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID) GIT-HUB. (2022). Base de datos histórica de proyectos adjudicados por ANID al 30 de junio de 2022. Recuperado de <https://github.com/ANID-GITHUB>.
- AGNU. (2015). Elaboración de un instrumento internacional jurídicamente vinculante en el marco de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar relativo a la conservación y uso sostenible de la diversidad biológica marina de las zonas situadas fuera de la jurisdicción nacional (A/RES/69/292, 6 de julio de 2015).
- Aldunce, P., Bórquez, R., Adler, C., Blanco, G., & Garreaud, R. (2016). Unpacking resilience for adaptation: Incorporating practitioners' experiences through a transdisciplinary approach to the case of drought in Chile. *Sustainability*, 8(9).
- Barrenechea-Riveros, F. (2016). Comunas prioritarias para la gestión del riesgo de desastres: un aporte a la toma de decisiones. *Revista Geográfica de América Central*, 2(57), 17-42.
- Comisión Nacional de Energía (CNE). (2021). Energía Abierta: anuario estadístico de energía 2021. Recuperado de <https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2022/07/AnuarioEstadisticoEnergia2021.pdf>.
- Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante de Chile (DIRECTEMAR). (2020). Reporte: Día internacional de limpieza de playas. Disponible en DIRECTEMAR 2020.
- FAO. (2016). El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Recuperado de <https://www.fao.org/3/i5798s/i5798s.pdf>.
- FAO. (2021). Estadísticas de pesca y acuicultura. Comercio mundial del pescado - Todos los socios agregados. 1976-2019 (FishstatJ). Roma: FAO División de Pesca y Acuicultura. Actualización 2021.
- Filbee-Dexter, K., & Wernberg, T. (2020). Author Correction: Substantial blue carbon in overlooked Australian kelp forests. *Scientific Reports*, 10, 17253. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-74313-4>.
- Halpern, B.S., Frazier, M., Afflerbach, J., et al. (2019). Recent pace of change in human impact on the world's ocean. *Scientific Reports*, 9, 11609. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47201-9>.
- Halpern, B. S., Longo, C., Hardy, D., McLeod, K. L., Samhuri, J. F., Katona, S. K., ... & Zeller, D. (2012). An index to assess the health and benefits of the global ocean. *Nature*, 488(7413), 615-620.
- Halpern, B. S., Longo, C., Scarborough, C., Hardy, D., Best, B. D., Doney, S. C., ... & Samhuri, J. F. (2014). Assessing the health of the US West coast with a regional-scale application of the ocean health index. *PloS One*, 9(6), e98995. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0098995>
- Krumhansl, K. A., Okamoto, D. K., Rassweiler, A., Novak, M., Bolton, J. J., Cavanaugh, K. C., Connell, S. D., Johnson, C. R., Konar, B., Ling, S. D., Micheli, F., Norderhaug, K. M., Pérez-Matus, A., Sousa-Pinto, I., Reed, D. C., Salomon, A. K., Shears, N. T., Wernberg, T., Anderson, R. J., & Byrnes, J. E. K. (2016). Global patterns of kelp forest change over the past half-century. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113(48), 13785–13790. <https://doi.org/10.1073/pnas.1606102113>.

- Krumhansl, K. A., Okamoto, D. K., Rassweiler, A., Novak, M., Bolton, J. J., Cavanaugh, K. C., Connell, S. D., Johnson, C. R., Konar, B., Ling, S. D., Micheli, F., Norderhaug, K. M., Pérez-Matus, A., Sousa-Pinto, I., Reed, D. C., Salomon, A. K., Shears, N. T., Wernberg, T., Anderson, R. J. Byrnes, J. E. K. (2016). Global patterns of kelp forest change over the past half-century. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113(48), 13785–13790. <https://doi.org/10.1073/pnas.1606102113>.
- Martell, S., y Froese, R. (2013). A simple method for estimating MSY from catch and resilience. *Fish and Fisheries*, 14(4), 504-514. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2012.00485.x>.
- Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (2019). Determinación del riesgo de los impactos del cambio climático en las costas de Chile. Disponible en MMA 2019.
- Mora-Soto, A., Palacios, M., Macaya, E. C., Gómez, I., Huovinen, P., Pérez-Matus, A., Young, M., Golding, N., Toro, M., Yaqub, M., & Macias-Fauria, M. (2020). A high-resolution global map of giant kelp (*Macrocystis pyrifera*) forests and intertidal green algae (*Ulvophyceae*) with sentinel-2 imagery. *Remote Sensing*, 12(4), 1–20. <https://doi.org/10.3390/rs12040694>
- Murray, N. J., Phinn, S. R., DeWitt, M., Ferrari, R., Johnston, R., Lyons, M. B., Clinton, N., Thau, D., & Fuller, R. A. (2019). The global distribution and trajectory of tidal flats. *Nature*, 565(7738), 222–225. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0805-8>
- NASA Sea Surface Temperature Anomaly, earth observatory, https://earthobservatory.nasa.gov/global-maps/AMSRE_SSTAn_M.
- Rovira, J., & Herreros, J. (2016). Clasificación de ecosistemas marinos chilenos de la zona económica exclusiva. Departamento de Planificación y Políticas en Biodiversidad. División de Recursos Naturales y Biodiversidad. Ministerio del Medio Ambiente.
- R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing, Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>.
- Samhuri, J. F., & Levin, P. S. (2012). Linking land-and sea-based activities to risk in coastal ecosystems. *Biological Conservation*, 145(1), 118-129.
- Sistema Integrado de Información Territorial (SIIT). (2021). Organizaciones Comunitarias. <https://www.bcn.cl/siit/estadisticasterritoriales/tema?id=137>.
- Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA), Gobierno de Chile (2021). Estado de situación de las principales pesquerías en Chile año 2021. <https://www.subpesca.cl/portal/618/w3-article-117812.html>.
- Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS). (2021). Resultados Plantas de Tratamiento Aguas Servidas 2021. <https://www.siss.gob.cl/586/w3-propertyvalue-6372.html>
- UNEP-WCMC y UICN. (2022). Protected Planet: The World Database on Protected Areas (WDPA) y World Database on Other Effective Area-based Conservation Measures (WD-OECM) [En línea]. Cambridge, Reino Unido: UNEP-WCMC y UICN. Disponible en: www.protectedplanet.net