



**DISEÑO DE UNA RED DE MONITOREO DE LA
BIODIVERSIDAD TERRESTRE, ACUÁTICA Y MARINA EN
EL CONTEXTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN CHILE:
Componente Biodiversidad Marina**

2015



Los puntos de vista que se expresan en este reporte no reflejan necesariamente la posición del Ministerio de Ambiente de Chile, el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Educación (CATIE), el Centro de Agroforestería Mundial (ICRAF) o el Climate Technology Centre and Network (CTCN) de la UNFCCC, ni cualquier otra organización participante en el proceso.

El proceso de elaboración de los diagnósticos mostrados en el presente reporte, ha sido posible gracias al aporte financiero del Climate Technology Centre and Network (CTCN).

Citación:

MMA, CATIE, CTCN. (2015). *Diagnóstico sobre la disponibilidad de información y análisis de vacíos para el diseño de una red de monitoreo de la biodiversidad de aguas continentales, marina y terrestre en un contexto de cambio climático en Chile: Componente Biodiversidad Marina*. Santiago-Chile: Ministerio de Ambiente de Chile (MMA), Centro Agronómico Tropical de Investigación y Educación (CATIE), Climate Technology Centre and Network (CTCN). Desarrollado por el Dr. Sergio Navarrete de la Estación Experimental Las Cruces- Universidad Católica de Chile y colaboradores.

Equipo Coordinador del Proceso:

Alejandra Figueroa Fernández

Daniel Alvarez Latorre

División de Recursos Naturales y Biodiversidad, Ministerio de Ambiente de Chile

Peter Muck

División Calidad del Aire y Cambio Climático, Ministerio de Ambiente de Chile

Lenin Corrales

Emily Fung

Programa de Cambio Climático y Cuencas, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Educación

Dr. Sergio A. Navarrete,

Director Estación Costera de Investigaciones Marinas, Las Cruces,

Centro de Conservación Marina, Pontificia Universidad Católica de Chile

Colaboradores Centro de Conservación Marina UC:

Srta. Catalina Sallenz Ruz

Sr. Juan Fáunderz

Dra. Silvia de Juan

Dra. Miriam Fernández

Dra. Evie A. Wieters

Dr. Alejandro Perez-Matus

PREFACIO

Como parte de los esfuerzos que ha iniciado el Centro de Tecnología del Clima (*Climate Technology Centre and Network-CTCN*)¹, brazo operativo del mecanismo de transferencia de tecnología de la Convención sobre Cambio Climático de Naciones Unidas y a solicitud del Gobierno de Chile se aprueba el apoyo al Ministerio del Ambiente de Chile a través de la colaboración del Programa de Cambio Climático y Cuencas del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza para el diseño de la Red de Monitoreo de la Biodiversidad de Chile en el contexto del cambio climático .

El presente proyecto tiene como meta el establecimiento de una red de monitoreo que apoye la capacidad de mantenimiento y recuperación de los ecosistemas, especies y los servicios ecosistémicos que prestan y que a la vez permitan a la sociedad adaptarse al cambio climático.

Esta primera etapa busca apoyar el diseño del sistema y la eliminación de los obstáculos técnicos para la implementación en el cual se incluyen no solo el diseño, sino la propuesta de normas y protocolos para el monitoreo, el intercambio de información y gestión de datos; y una propuesta de los arreglos institucionales formales, así como los requisitos para la implementación de la red. A la vez pretende contribuir con el desarrollo de un concepto y propuesta de establecimiento de financiamiento para el sistema y su puesta en funcionamiento en el largo plazo, en el marco del futuro Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas, servicio que está en discusión en el Congreso y viene a concluir la institucionalidad ambiental iniciada el 2010 con la creación de Ministerio de Medio Ambiente.

El presente reporte muestra los resultados del diagnóstico sobre la disponibilidad de información y análisis de vacíos para el diseño de una red de monitoreo de la biodiversidad marina (ecosistemas, especies y servicios ecosistémicos) a diferentes escalas (Nacional, regional, local) en un contexto de cambio climático.

¹ Creado para facilitar la transferencia y el fomento de la colaboración entre partes interesadas en tecnología del clima a través de una red de expertos regionales y sectoriales provenientes de la academia, el sector privado, instituciones públicas y de investigación

Cuadro de Contenidos

	Página
1. Resumen	6
2. Introducción y Objetivos de la Consultoría	
3. Objetivos de la Red de Monitoreo de Biodiversidad Marina e Integridad del Océano (RMBM-IO)	11
4. Desarrollo de Encuesta Selectiva para Levantar Información sobre iniciativas de Monitoreo en Chile	15
5. Efectividad y Estadísticas Generales de la Encuesta	18
6. Resultados de la Encuesta	20
6.1. Descripción de las iniciativas de monitoreo de biodiversidad marina existentes y las necesidades de información disponible y accesible (Objetivos 1.2 y 1.3 de la Consultoría)	20
6.2. Brechas de necesidad de información a escala nacional, regional y la disponibilidad de información (Objetivos 1.1 y 1.4 de la Consultoría).	28
6.3. Descripción de indicadores de monitoreo de la biodiversidad marina, estado de los océanos, cambio climático y funciones ecosistemas (Objetivos 1.5 y 1.7 de la Consultoría)	36
6.3.1. Variables, indicadores y su relación con servicios ecosistémicos monitoreados en Chile de acuerdo a quienes desarrollan programas de monitoreo existentes	36
6.3.2. Relación entre los programas de monitoreo y cambio climático de acuerdo a quienes desarrollan los programas de monitoreo existentes	39
6.3.3. Descripción de las iniciativas de monitoreo de biodiversidad marina y estado de los océanos existentes en el mundo y sus marcos regulatorios en el contexto ecosistémico	39
6.3.4. Indicadores, estándares y protocolos existentes sobre la toma y calidad de datos de los sistemas de monitoreo de biodiversidad marina existentes en el mundo	43
6.3.5. Indicadores de alerta temprana y de umbral de cambio utilizados en el mundo	46
6.3.6. Estándares y protocolos existentes sobre la toma y calidad de datos en los programas de monitoreo existentes en Chile	47
7. Propuesta de variables a considerar e indicadores de la Red de Monitoreo de la Biodiversidad Marina e Integridad del Océano en Chile (Objetivo 1.7 de la Consultoría)	49
8. Identificación de actores potenciales usuarios y/o proveedores de datos para el sistema de monitoreo de la biodiversidad marina y cambio climático (Objetivo 1.6 de la Consultoría)	52
8.1. Sobre la necesidad de conformar Consorcios Público-Privados entre el SNB y Universidades y Centros de Investigación.	52
8.2. Identificación de potenciales proveedores de datos	54
8.3. Oportunidades de generación de nuevas bases de datos	60
9. Normas y protocolos de colaboración e intercambio de datos existentes en implementación o propuestos entre organizaciones públicas, académicas o privadas (Objetivo 1.8 de la Consultoría)	64
10. Referencias	67
11. Anexos	73

Listado de Cuadros:

- Cuadro 1. Reparticiones Públicas incluidas en la encuesta.
- Cuadro 2. Listado de universidades e instituciones de investigación incluidos en la encuesta.
- Cuadro 3. Bases de datos cuya información se encuentra en papel y no en algún formato digital
- Cuadro 4. Bases de datos de características especiales.
- Cuadro 5. Índices e indicadores calculados por quienes generan series de tiempo a partir de sus bases de datos.
- Cuadro 6. Listado de Servicios Ecosistémicos que de acuerdo a los que se relacionan las series de tiempo climáticas/hidrográficas, de biodiversidad, y pesquerías, de acuerdo a los entrevistados. Solamente se han editado las respuestas para mejor comprensión, pero no se ha re-clasificado o alterado las respuestas.
- Cuadro 7. Características generales que deben reunir los indicadores del estado del ecosistema o integridad del océano generados en una red de monitoreo
- Cuadro 8. Lista de indicadores propuestos
- Cuadro 9. Bases de datos a considerar como parte de la RMBM-IO resultantes de primer análisis preliminar de la información basado en el tipo general de datos recolectados
- Cuadro 10. Bases de datos a considerar como parte de la RMBM-IO resultantes del segundo análisis preliminar de la información, basado en la diversidad de taxa de los principales grupos de organismos marinos y/o en que son las únicas en considerar un taxa en particular.
- Cuadro 11. Bases de datos a considerar como parte de la RMBM-IO resultantes del tercer análisis preliminar de la información, basado en la riqueza de especies consideradas en el monitoreo, su intensidad de muestreo espacial o ubicación biogeográfica.

Listado de Anexos

- Anexo 1.** Estructura general y preguntas de la Encuesta. Ejemplos del Software Lime Survey, etc.
 - Cuadro 1.1. Preguntas de la encuesta (listado)
 - Cuadro 1.2. Clasificación de los principales ambientes y hábitats marinos en donde se realiza el monitoreo
 - Cuadro 1.3. Listado de variables ambientales (climáticas, hidrográficas) por las que se consultó en la encuesta, incluyendo aquellas mencionadas por los encuestados.
 - Cuadro 1.4. Taxa de Mamíferos, Aves y Reptiles marinos por los que se consultó en la encuesta
 - Cuadro 1.5. Taxa de “peces” por los que se consultó en la encuesta
 - Cuadro 1.6. Taxa de Invertebrados marinos por los que se consultó en la encuesta
 - Cuadro 1.7. Taxa de Macro- y Microalgas por las que se consultó en la encuesta

- Anexo 2.** Identificación de las personas responsables de las Bases de Datos y el número (código) de base de datos asignado en los análisis

- Anexo 3.** Distribución geográfica de los sitios de muestreo en las distintas ecorregiones.

- Anexo 4.** Esfuerzo laboral y equipamiento para generar bases de datos

1. Resumen

El objetivo del presente trabajo encargado por el Ministerio de Medio Ambiente (MMA) del Gobierno de Chile, a través del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), es elaborar un diagnóstico que permita apoyar el establecimiento de una Red de Monitoreo de la Biodiversidad Marina en el contexto de Cambio Climático en Chile. Esta red de monitoreo deberá estar albergada en el futuro Servicio Nacional de Biodiversidad del MMA y deberá proveer la información primaria necesaria para evaluar el estado de salud del océano y su biodiversidad, así como las tendencias y respuestas frente a distintas estrategias de gestión, impactos humanos y cambio climático global. Para definir los objetivos generales y alcances que debe tener una red de monitoreo de biodiversidad marina en Chile, se realizó un análisis de los documentos que guían los planes de conservación de la biodiversidad en ambientes marinos en Chile, especialmente la Estrategia Nacional de Biodiversidad Marina e Islas Oceánicas (en revisión) y los resultados del Diagnóstico sobre Tomadores de Decisiones y Necesidades de Información para la Toma de Decisiones. Junto a ello, se analizaron, y se presentan en forma resumida, las principales iniciativas de monitoreo de la biodiversidad e integridad del océano a nivel mundial. Para determinar cuál es el tipo de datos, su extensión temporal, y la cobertura espacial y taxonómica de los programas de monitoreo de la biodiversidad existentes en el país, ya sea generados por reparticiones públicas, privados, ONG's o universidades y centros de investigación, se diseñó una extensa encuesta que se aplicó mediante entrevista a actores seleccionados de estas organizaciones. Con la información de los programas a nivel mundial y las necesidades de tomadores de decisiones en Chile, contratados con la información disponible en el país, se hace un análisis de los indicadores utilizados en el mundo y una propuesta de los indicadores de biodiversidad y salud del océano que pueden formar parte de la red de monitoreo en Chile. Finalmente se hace una propuesta de la estructura que debería tener esta red, incluyendo además un análisis preliminar de sus potenciales componentes específicos. Se concluye este estudio con propuestas generales de cómo implementar la red y su funcionamiento, y un análisis de oportunidades específicas existentes en el país que permitirían expandir la red de monitoreo con los esfuerzos que ya dedica el Estado a la gestión ambiental.

2. Introducción y Objetivos de la Consultoría

El presente estudio encargado por el Ministerio de Medio Ambiente del Gobierno de Chile a través del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), se enmarca en el proyecto de establecimiento de una Red de Monitoreo de Biodiversidad en ambientes marinos, terrestres y acuáticos, con el propósito de apoyar la capacidad de mantenimiento y recuperación de los ecosistemas, especies y los servicios ecosistémicos que éstos prestan, y que a la vez permitan a la sociedad adaptarse al cambio climático” (CTCN TDR_Sistemas Marinos, 2015). Dada la importancia de contar con información de biodiversidad y cambio climático que permita evaluar en forma el “estado”, “salud” o “integridad” de los ecosistemas y sus servicios, así como sus tendencias en el tiempo para de esa manera anticipar grandes cambios en los ecosistemas, muchos países del mundo han establecido programas de monitoreo de biodiversidad en sus territorios. En algunos casos, estos programa de monitoreo y desarrollo de indicadores forman parte de programas transnacionales de monitoreo. Se espera además que la información obtenida por estas redes de monitoreo permitan evaluar el efecto de las políticas de mitigación y de manejo de la biodiversidad (ej. creación de áreas protegidas) y con ello apoyar el desarrollo sustentable y la capacidad de adaptación de los países y sus industrias al cambio climático.

En el caso de Chile, las redes de monitoreo deberán estar albergadas y coordinadas en el nuevo Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas del Ministerio de Medio Ambiente (SAP_MMA). Otros organismos del Estado y reparticiones públicas, privados y academia (universidades y centros de investigación) pueden participar en su generación y mantención. En el caso ambientes marinos, la Red de Monitoreo de Biodiversidad Marina (RMBM) debe naturalmente formar parte de la Estrategia Nacional de Conservación de la Biodiversidad Marina Costera e Islas Oceánicas (ENCBMC_IO) que se encuentra actualmente en revisión. Sin embargo, en su versión al 23 de Abril 2015, la ENCBMC_IO considera las Áreas Protegidas como uno de sus elementos centrales, pero no considera la creación o existencia de una red de monitoreo en uno de sus ejes, focos de atención, o como una de las 6 metas propuestas para el futuro plan de acción de la ENCBMC_IO (Guijón 2015). Este es un aspecto que debe enmendarse ya que sin una RMBM, que incluya tanto Áreas Protegidas como zonas abiertas e intervenidas, no será posible evaluar las estrategias y planes de gestión de la biodiversidad y servicios ecosistémicos propuestos en la propia ENCBMC_IO.

La primera etapa en la creación de una RMBM en el contexto de cambio climático en Chile, es realizar un diagnóstico de los esfuerzos de monitoreo ya existentes en el país que se realizan tanto por parte de reparticiones de gobierno, ONG's, privados o academia, y que permita caracterizar la cobertura espacial, la variedad y la duración de los registros de datos climáticos, biológicos y ecosistémicos en los distintos ambientes marinos. Además, es necesario conocer cuáles indicadores son actualmente usados y cuáles son los indicadores que los tomadores de decisión necesitan para su gestión.

Para poder diseñar una red de monitoreo de largo plazo es necesario en primer lugar identificar los esfuerzos de monitoreo que implican la generación de *series de tiempo usando un mismo protocolo validado* por la comunidad científica o por protocolos internacionales, y separarlos de aquellos esfuerzos puntuales en el tiempo que se realizan para describir la diversidad biológica, tales como expediciones científicas, colecciones de referencia de biodiversidad (ej. Red Biodiversidad Chile, (<http://www.redbiodiversidad.cl/>), o aquellos estudios científicos no sostenidos en el tiempo o que bien no han mantenido los mismos protocolos en la obtención de la información a través del tiempo. Este último punto es importante por cuanto existen muchos estudios científicos de largo plazo que desarrollan trabajos en un mismo sitio o región, pero que no constituyen programas de monitoreo. En segundo lugar, para evaluar la factibilidad de usar estos esfuerzos y la información generada en la conformación de una RMBM, es necesario identificar la propiedad de estos registros (institución de gobierno, académicos, individuos, etc.), la eventual disponibilidad de ellos para una red nacional, la cualidad y calidad de los datos generados y de sus protocolos, el costo en personal, equipamiento, infraestructura y especialmente el “expertise” que significa mantener el monitoreo.

Esta consultoría busca entonces como objetivo central elaborar un “*Diagnóstico sobre la disponibilidad de información y análisis de vacíos para el diseño de una **red de monitoreo de la biodiversidad marina** (ecosistemas, especies y servicios ecosistémicos) a diferentes escalas (Nacional, Regional, Local) en un contexto de cambio climático, tanto dentro como fuera de las áreas protegidas*” (CTCN TDR_Sistemas Marinos, 2015). Desde este diagnóstico se busca apoyar el diseño del sistema y la eliminación de los obstáculos técnicos para su implementación. El trabajo considera además la propuesta de normas y protocolos para el monitoreo, el intercambio de información y gestión de datos; y una propuesta de los arreglos institucionales formales, así como los requisitos para la implementación de la red.

Para realizar este diagnóstico se diseñó e implementó una encuesta que permitió levantar la información de las iniciativas de monitoreo de biodiversidad (sensu lato) y de variables climáticas e hidrográficas en el país. Como se detalla más adelante, la encuesta fue aplicada mediante entrevista telefónica o en persona a un grupo preseleccionado de actores en instituciones del Estado, privados, ONG's y academia. En el corto de periodo de tiempo de la Consultoría se obtuvieron 49 encuestas cuyo análisis permite concretar o dar sustento a los ocho objetivos específicos de esta consultoría:

- 1.1. Caracterizar las necesidades de información de tomadores de decisiones
- 1.2. Descripción de las iniciativas de monitoreo de biodiversidad marina existentes
- 1.3. Describir y analizar las necesidades de información disponible y accesible con los estudios existentes sobre los efectos potenciales del cambio climático en la biodiversidad marina existentes
- 1.4. Analizar las brechas a escala nacional, regional y local entre las necesidades y la disponibilidad de información del monitoreo de la biodiversidad marina existentes en el contexto de cambio climático
- 1.5. Describir estándares y protocolos existentes sobre la toma y calidad de datos de los sistemas de monitoreo de biodiversidad marina existentes
- 1.6. Calificar potenciales usuarios y/o proveedores de datos para el sistema de monitoreo de la biodiversidad marina existentes en el contexto de cambio climático
- 1.7. Seleccionar indicadores de monitoreo de la biodiversidad marina, incluyendo la alerta temprana, existentes relacionados a cambio climático propuestos o en implementación a nivel del país
- 1.8. Describir normas y protocolos de colaboración e intercambio de datos existentes en implementación o propuestos entre organizaciones públicas, académicas o privadas

A continuación se detalla el método seguido para levantar la información sobre iniciativas de monitoreo existentes, los principales resultados de esta encuesta, y el análisis de la información para proponer potenciales configuraciones de la red. En relación al objetivo específico (1.1.) que dice relación con las necesidades de información de parte de tomadores de decisiones, nuestro análisis se basa primariamente en la consultoría "Diagnóstico sobre tomadores de decisiones y necesidades de información para la toma de decisiones en apoyo al diseño de la red de monitoreo de la biodiversidad" (Simonetti-Grez, Cuevas, Simonetti y Asociación Kauyeken, en adelante Simonetti-Grez et al. 2015), la que consideró una encuesta específica para Tomadores de Decisión en distintas

reparticiones de gobierno, con el objetivo de evaluar las necesidades de información para la gestión.

Aunque las 49 encuestas realizadas cubren una buena parte de todas las iniciativas de monitoreo existentes en el país, sin lugar a dudas existen algunas iniciativas que no están representadas en estas encuestas, ya sea por desconocimiento del grupo de consultores, falta de registros de esta información en publicaciones o informes públicos, o porque no se logró que las personas a cargo de esas bases de datos respondieran a nuestra solicitud de encuesta en el periodo definido. Así, una vez identificada la estructura y los vacíos de información en una RMBM, la que proponemos se denomine Red de Monitoreo de Biodiversidad Marina e Integridad del Océano, se debe considerar un esfuerzo adicional para levantar información sobre bases de datos particularmente relevantes para la red y que no forman parte de esta muestra.

3. Objetivos de la Red de Monitoreo de Biodiversidad Marina e Integridad del Océano (RMBM-IO)

¿Cuáles deben ser los principales objetivos de una red de monitoreo de este tipo y qué preguntas centrales debe ser capaz de responder? Es importante considerar que ninguna red de monitoreo, independiente de su diseño y cobertura, será capaz de proveer toda la información necesaria para calcular la gran diversidad de indicadores utilizados para la evaluación y para la toma de decisiones en el ámbito marino. Además, como se discute más adelante, no existe un listado de indicadores que hayan sido propuestos, validados de alguna manera y aceptados en la Política Nacional de Áreas Protegidas o en la Estrategia Nacional de Conservación de la Biodiversidad Marina Costera (en revisión), que pudieran ayudar a diseñar una RMBM. Al mismo tiempo, todos los tomadores de decisión encuestados manifiestan la ausencia de indicadores a escala regional o nacional como un impedimento para su gestión y la necesidad de contar con información de biodiversidad en series de largo plazo. Como indica la Consultoría sobre Tomadores de Decisiones: “a juicio de los entrevistados, la información disponible para construir indicadores no solo es escasa, sino además presenta sesgos y vacíos (tanto en escala espacial como temporal) que hacen compleja su utilización en el proceso de toma de decisión de gestión”. Además, la mayoría de los tomadores de decisión manifiesta la necesidad de contar con información acerca de distintas funciones o servicios ecosistémicos, en especial aquellos que tienen que ver con provisión de alimentos, regulación de aguas, control biológico, regulación de clima y recreación, entre otros. La red de monitoreo debe entonces suplir al menos en parte estas necesidades en el ámbito marino.

A nivel mundial, la necesidad de proteger los hábitats y la biodiversidad marina está articulada en numerosos protocolos y políticas a nivel nacional, regional e internacional (ej. la Convención para la Diversidad Biológica, CBD, <http://www.cbd.int>). En términos generales, el objetivo principal de estos protocolos es mantener un “buen estado ambiental”, la “salud del ecosistema” o la “integridad del ecosistema”. La integridad del ecosistema es un concepto que aspira a capturar nuestro sentido de naturaleza, su funcionalidad y auto-regulación (o su resiliencia). Por lo tanto, depende de la percepción humana de la naturaleza, que en la sociedad a nivel mundial es muy amplia y diversa (Lee et al., 2005; Burkhard et al., 2011; Schallenberg et al., 2011; de Juan and Hewitt, 2014). En resumen, el concepto de integridad tiene en cuenta la estructura, función y procesos de los ecosistemas, e integra estas propiedades con los usos humanos de la naturaleza. A menudo, esta integración se facilita mediante la adopción del término “servicios del ecosistema” (Granek et al., 2010). En las últimas décadas, la conservación de los ecosistemas marinos ha recibido un impulso adicional con la aceptación generalizada de la necesidad de adoptar una aproximación ecosistémica al manejo de

las actividades humanas (Ecosystem Based Management, EBM, Browman and Stergiou, 2004). El objetivo principal del EBM es mantener los ecosistemas en un estado saludable, productivo y resiliente, proveyendo los bienes y servicios que los humanos desean y necesitan (Rosenberg et al., 2005). En concordancia con la amplia utilización de la aproximación ecosistémica en el manejo de la biodiversidad en el mundo, todos los tomadores de decisiones en las reparticiones de gobierno de Chile manifiestan la importancia de contar con una red que permita evaluar servicios ecosistémicos.

Una red de monitoreo no puede responder todas las preguntas relevantes que se formulan tanto desde las ciencias, como desde los tomadores de decisión en relación a las problemáticas interconectadas de biodiversidad, función ecosistémica, cambio climático e impactos humanos locales y globales. No obstante, la red de monitoreo debe proveer respuestas a algunas de esas preguntas. Por ejemplo, a nivel local una red de monitoreo de biodiversidad marina debería poder responder si han ocurrido o no extinciones locales de especies, si ha habido cambios importantes en la diversidad local, o bien en la estructura de la biodiversidad. También debería poder responder si hay o no expansiones (o disminuciones) en la abundancia y distribución regional de especies exóticas, en la frecuencia de algas nocivas, o en la disponibilidad y destrucción de hábitat de tipo biogénico, en el estado de las pesquerías, etc. Por otra parte, los tomadores de decisiones en el ámbito marino manifiestan la necesidad de monitoreo en función de responder preguntas como ¿Cuáles son las amenazas actuales y sus tendencias en las áreas marinas protegidas y de las zonas de importancia para las aves marinas migratorias? ¿Cuáles son los impactos de residuos mineros en la biodiversidad?, ¿Cuál es el impacto en las poblaciones de especies de las pérdidas por descarte o capturas incidentales?, ¿Cómo afecta la contaminación de sedimentos y la resiliencia de estos contaminantes, sobre la comunidad bentónica? o ¿Cuál es el nivel de contaminantes en los organismos (bioacumulación)? (Simonetti-Grez et al., 2015).

Las características de la red deben entonces representar el mejor compromiso entre:

1. Satisfacer las necesidades de información de los tomadores de decisión y también de la 'ciudadanía preocupada', que permita informar y evaluar las políticas y estrategias de manejo de la biodiversidad a escala regional y nacional
2. Responder un amplio espectro de preguntas científicas y aplicadas de escala local, regional y nacional relacionadas con la biodiversidad marina y las funciones del ecosistema
3. Aprovechar la información e infraestructura humana y física ya existente en el país para construir una red de amplia cobertura espacial, de alta calidad y relevancia de la información que genera, resiliente a cambios en sus componentes y participantes, y que además sea viable económicamente en el largo plazo.

Con estas restricciones, el diseño de la red de monitoreo en ambientes marinos debe considerar los siguientes elementos centrales:

- Proveer información primaria, de alta calidad y repetitividad, de variables climáticas-hidrológicas y de biodiversidad (definida en sentido amplio), con la que se puedan calcular “indicadores” simples y compuestos que permitan cuantificar cambios y tendencias en la biodiversidad, así como en el estado, salud o integridad de los principales ecosistemas marinos, y sus cambios frente a cambio climático a distintas escalas espaciales y tanto en áreas protegidas como áreas abiertas a explotación.
- Asegurar que la información de la red pueda referirse a las fuentes primarias y que permita la identificación de la escala espacial y temporal de los datos, para poder integrar estas variables e índices a las escalas requeridas.
- Proveer información local de primera fuente tanto en Áreas Protegidas como en áreas expuestas a impactos humanos directos, que informe la toma de decisiones puntuales por parte de autoridades locales o regionales en sectores del territorio marino.
- Proveer información que permita realizar seguimiento de políticas y estrategias de manejo de la biodiversidad y servicios ecosistémicos en el mediano y largo plazo
- Proveer información de variables usando protocolos validados que permitan comparaciones directas con las observaciones obtenidas por redes de monitoreo de biodiversidad similares en otras partes del mundo.
- Disponer toda la información primaria (bases de datos) en tiempo cuasi-real (escala de meses) en formato digital disponible para todos usuarios en una sola plataforma en línea que sea coordinada y administrada por un ente público ministerial como el Servicio Nacional de Biodiversidad, el que concentre y coordine la información provista desde otros ministerios.
- Establecer los mecanismos de respaldo económico y administrativo que permitan asegurar la sostenibilidad de las series de tiempo en el largo plazo y la resiliencia de la red frente a eventuales alteraciones en algunos de sus componentes. Dada la pertenencia de la mayoría de las bases de datos de biodiversidad marina (ver resultados). Esto implica el establecer convenios inter-ministeriales y público-privados que contemplen compromisos e incentivos.

- Aprovechar al máximo las iniciativas de monitoreo de la biodiversidad y de variables climáticas e hidrográficas ya existentes en país, tanto en organismos públicos, como en iniciativas privadas y académicas. Esto permitirá: A) Contar con una red de monitoreo con series de tiempo muy anteriores a su eventual establecimiento formal en el país. En algunos casos, la red podría generar, por ejemplo, algunos indicadores de cambio climático desde el momento mismo de su creación. B) Aprovechar el “expertise” taxonómico, biológico, ecológico y metodológico ya instalado en el país, ya que de otra manera podría tardar una década o más el entrenar el personal para la generación de en una red de monitoreo *di novo*. C) Aprovechar, a través de convenios específicos, la infraestructura física, tecnológica e instrumental ya instalada en distintos ministerios, organismos del Estado, ONG’s, Privados (empresas que realizan regularmente monitoreos) y Academia (universidades y centros de investigación).

Estos elementos y condicionantes deben guiar las propuestas de diseño de una Red de Monitoreo de Biodiversidad Marina. Puesto que la red debe proveer información básica sobre la biodiversidad biológica, especialmente a nivel de especies, pero además proveer la información que permita estimar indicadores de servicios ecosistémicos y cambio climático, un nombre más apropiado para esta red es **Red de Monitoreo de Biodiversidad Marina e Integridad del Océano**.

4. Desarrollo de Encuesta Selectiva para Levantar Información sobre iniciativas de Monitoreo en Chile

Para identificar las iniciativas de monitoreo existentes en el país y completar la información solicitada en la Cuadro del Anexo 1 “DESCRIPCIÓN SISTEMA MONITOREO BIODIVERSIDAD MARINA” de esta consultoría, se diseñó una encuesta específica dirigida a las personas que levantan la información primaria que conforma las series de tiempo en instituciones de gobierno, ONG’s, privados, universidades y centros de investigación. La encuesta consideró 33 preguntas cerradas (con opciones fijas) y 11 preguntas abiertas (libre respuesta), divididas en seis secciones. Las dos primeras destinadas a: 1) Identificación del encuestado y su vínculo contractual y 2) características generales de las bases de datos generadas en términos de sus fuentes de financiamiento, mandantes, número de personas involucradas, formato de almacenamiento, etc. Se incluyeron además tres secciones destinadas a levantar la “meta-data” de las series de tiempo de: 3) datos climáticos e hidrográficos, 4) datos de biodiversidad de los principales grupos de organismos marinos en los principales hábitats, 5) datos de pesquerías. Finalmente, una última sección, con preguntas en formato de respuesta libre, destinada a 6) recoger información sobre la importancia de estas bases de datos para los diferentes aspectos de cambio climático y para evaluar servicios ecosistémicos. Detalles de la encuesta se encuentran en el Anexo 1.

Para facilitar la aplicación, la tabulación y el análisis de la información obtenida, la encuesta fue implementada para ser respondida en línea usando el software (freeware) Lime Survey (Anexo 1). Sin embargo, dado lo acotado del tiempo y la necesidad de realizar un control de la información que permitiera separar estudios científicos de biodiversidad marina que no constituyen monitoreo, de aquellas iniciativas propiamente de monitoreo, se optó por la aplicación de la encuesta vía entrevista telefónica o en persona. Para estos efectos, se procedió de la siguiente manera:

1. Identificación las reparticiones públicas del estado que tienen competencias en el ámbito marino al interior de distintas reparticiones del estado y organización de derecho privado como el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP). Se identificaron así 10 reparticiones que tienen alguna relación con actividades y gestión en ambientes marinos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Reparticiones públicas incluidas en la encuesta.

Ministerio	Departamento
DIRECTEMAR	Departamento de Preservación del Medio Ambiente Acuático Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA)
Ministerio de Medio Ambiente	Departamento Áreas Protegidas Departamento de Biodiversidad
Ministerio Economía	Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA) Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA)
Instituto de Fomento Pesquero (IFOP)	Monitoreo de Mareas Rojas Unidad Recursos Migratorios Departamento de Evaluación de Pesquerías Departamento de Medio Ambiente

2. Identificadas las reparticiones del Estado, se procedió a identificar y contactar a las personas a quienes entrevistar. Para ello, el Ministerio del Medio Ambiente, a través de la Directora de Recursos Naturales, Sra. Alejandra Figueroa, solicitó que cada organismo identificara a las personas que tenían responsabilidades directas en la obtención o manejo de bases de datos relacionadas a temáticas de biodiversidad y que podrían ser entrevistadas. Siguiendo este intercambio inicial de correos, el coordinador de esta Consultoría, Dr. Sergio Navarrete, envió un correo personalizado a cada persona explicando los alcances de la Consultoría y el tipo de información que se les solicitaría, y solicitando que coordinaran una entrevista en persona o telefónica en día y horario de su conveniencia con las personas a cargo de aplicar la encuesta.

3. En el caso de personas en entidades privadas, ONG's e investigadores asociados a Universidades y centros de investigación, el equipo de trabajo elaboró una lista preliminar relativamente exhaustiva de todas las personas que podrían contar con bases de datos climáticos y biológicos. Para ello se hicieron consultas preliminares con investigadores en distintas instituciones. A cada uno de las personas a entrevistar, el Dr. Navarrete envió un correo personalizado como el descrito anteriormente. Al momento de realizar la entrevista, se consultó a los encuestados por otras personas/instituciones que podrían tener bases de datos de las características que interesan para la red de monitoreo. Esto permitió que la lista de personas a entrevistar creciera en forma selectiva.

4. El proceso de aplicación de la encuesta a través de entrevista se extendió entre el **31 de marzo al 24 de Abril** de Abril. En esta etapa de esta consultoría no se envió la encuesta en forma masiva a través de listas de correos electrónicos, pero es posible hacerlo en una segunda etapa si se desea hacer este proceso más participativo. Para hacerlo más masivo, se deben tomar algunos resguardos adicionales que permitan asegurar que los encuestados entiendan que se trata de programas de “monitoreo” sostenidos en el tiempo y con los mismos protocolos.

5. En caso de que un investigador realice monitoreo de características muy distintas y que generan bases de datos y series de tiempo distintas (ej. muestreos en continente y en Isla de Pascua), se aplicó la encuesta más de una vez a ese investigador. De esta manera, pueden haber personas que manejan más de una base de datos de monitoreo. Cada base de datos puede contener múltiple sitios y múltiples tipos de datos.

Para determinar la cobertura de los programas de monitoreo en términos de los principales ambientes hábitats marinos se realizó una clasificación muy gruesa en tres ambientes o “realms” y tres hábitats (Anexo 1, Cuadro 1.2). Durante la encuesta se consultó a todos los entrevistados dónde estaban ubicados los sitios de monitoreo (nombre del sitio y región política). Estos sitios se posicionaron luego en un mapa georreferenciado para poder evaluar la cobertura espacial por ecorregiones de Chile.

Para obtener información específica de las variables ambientales, climáticas e hidrográficas, monitoreadas en las bases de datos, se realizó un listado preliminar que fue luego enriquecido por las propias respuestas de los encuestados (Anexo 1, Cuadro 1.3). Para obtener información comparativamente detallada respecto de los taxa de organismos marinos considerados en el monitoreo, se consultó por el número aproximado de especies (o taxa distintos) incluidas en el monitoreo de ese grupo. Pero además se prepararon para la encuesta listados de los principales taxa de Mamíferos, Aves, Reptiles, Peces (Condrictios y Osteictios), Invertebrados, Macro-algas y Micro-algas (ver Anexo 1, Cuadros 1.4 - 1.7). La resolución de los taxa fue variable a través de los grupos de organismos marinos.

5. Efectividad y Estadísticas Generales de la Encuesta

En total se contactaron 72 personas, de las cuales 25 no respondieron los correos ni las llamadas telefónicas. Solamente 1 investigador optó por responder la encuesta en forma online (sin entrevista). De las 49 encuestas realizadas, se identificaron 48 bases de datos distintas que cumplen, en mayor o menor medida, con los requerimientos necesarios para ser considerados series de tiempo de programas de monitoreo. Los encuestados pertenecen a 6 reparticiones públicas del Estado (Cuadro 1) definidas antes de este estudio, 13 Instituciones de educación superior y centros de investigación (Cuadro 2) y 1 privado, que resultaron del listado inicial y de la aplicación de la encuesta.

Cuadro 2. Listado de universidades e instituciones de investigación incluidos en la encuesta.

Universidad o Centro de Investigación	Abreviación
Pontificia Universidad Católica	PUC
Universidad de Concepción	UDEC
Universidad Católica del Norte	UCN
Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas	CEAZA
Universidad Austral de Chile	UACH
Centro de Investigación y Desarrollo de Recursos de Ambientes Costeros	IMAR
Universidad de Los Lagos	ULAGOS
Universidad Andrés Bello	UAB
Universidad de Valparaíso	UV
Universidad de Magallanes	UMAG
Universidad de Antofagasta	UAF
Universidad de Playa Ancha	UPLA

En los resultados que se presentan a continuación se identifica la base de datos con un número o código que representa solamente el orden en que se ingresaron al sistema. Para identificar a la persona responsable de esa base de datos debe referirse al Anexo 2, en donde se presenta el listado de las personas responsables y sus afiliaciones.

Es importante indicar que nuestra encuesta no incluyó el Programa de Observación del Ambiente Litoral (POAL) de la Dirección General de Territorio Marítimo de la Armada de Chile. Este programa de alcance nacional (42 puntos de observación en bahías y sitios cercanos puertos del país) está bien documentado en las páginas web de la institución (<http://www.directemar.cl/programa-observacion-ambiente-litoral.html>) y dirigido muy específicamente al monitoreo de los niveles de contaminación por desechos domésticos,

industriales e hidrocarburos de petróleo y COPS's. Es importante notar que este programa no considera datos de biodiversidad y solamente se evalúan niveles de contaminación en tejidos de especies litorales particulares. En nuestro análisis para el diseño de la red de monitoreo, incluimos la red de observación POAL dada su importancia para generar indicadores de contaminación. Tampoco consideramos en las encuestas al Servicio Hidrográfico y Oceanográfico (SHOA) de la Armada de Chile, quienes no tienen objetivos relacionados a gestión de la biodiversidad y no levantan información biológica. Sin embargo, el SHOA genera, mantiene y analiza bases de datos hidrográficas y climáticas (ej. nivel del mar, mareas, temperatura superficial del mar, vientos, radiación, etc.), las que obtiene a través de una red de mareógrafos en puertos patrón, estaciones meteorológicas en faros y otros puntos de la costa, y mediciones puntuales de corrientes, olas y otras variables en varios puntos de la costa e Isla de Pascua. El organismo realiza predicciones de mareas, propagación de tsunamis y otras variables importantes para modelos climáticos, las que están disponibles en sus páginas web (<http://www.shoa.cl/index.htm>). Además, el SHOA mantiene el Centro Nacional de Datos Hidrográficos y Oceanográficos de Chile (CENDHOC), en donde se almacenan los datos recolectados por el organismo y por iniciativas de investigación puntuales. La metadata de parte de la información está disponible en las páginas web institucionales (http://www.shoa.cl/n_cendhoc/inicio.php) y desde allí es posible solicitar bases de datos.

Más adelante identificamos también algunas bases de datos de investigadores de centros de investigación y de universidades que pueden ser de mucho interés en el diseño de la red, pero que no están incluidas en las entrevistas debido a que las personas no respondieron nuestras solicitudes.

6. Resultados de la Encuesta

6.1. Descripción de las iniciativas de monitoreo de biodiversidad marina existentes y las necesidades de información disponible y accesible (Objetivos 1.2 y 1.3 de la Consultoría)

En la muestra capturada por la encuesta, la mayoría (ca. 80%) de las bases de datos de monitoreo de clima, pesquerías y biodiversidad marina (i.e. series de tiempo de duración variable), son generadas por investigadores que se encuentran en Universidades y centros de investigación (Fig. 1). Solamente el 18.4% (9 bases de datos) son generadas por el personal de reparticiones públicas del Estado quienes generan o encargan directamente a consultores u ONG's observaciones periódicas. La mayoría de las bases de datos generadas por estas reparticiones de gobierno corresponde a datos de pesquerías generados y mantenidos por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP). Estas bases de datos están aquí agregadas en las subsecciones de IFOP (que es el formato en que se entregaron en la encuesta), pero pueden desagregarse en pesquerías especie-específicas e incidental. Cabe destacar aquí también la base de datos del Programa de Vigilancia para *Alexandrium catenella* que mantiene el Servicio Nacional de Pesca (Sernapesca) del Ministerio de Economía en varios puntos del país (ver detalles Base de Datos 1).

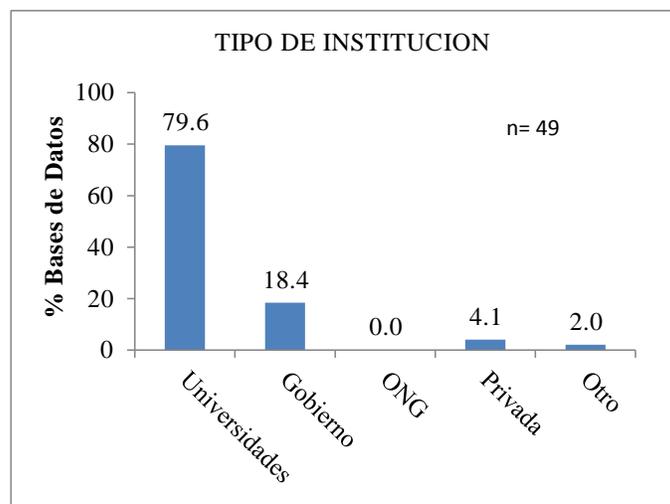


Fig. 1.

En términos de dónde se encuentran las bases de datos generadas, un indicador de la potencial disponibilidad de éstas, la enorme mayoría (> 77%) “pertenece” a investigadores en instituciones de investigación, seguido por bases de datos públicas (38.8%) y aquellas mantenidas en reparticiones de gobierno (Fig. 2). Las bases de datos públicas están por definición ya disponibles para ser utilizadas en una red de monitoreo.

La supuesta “pertenencia” de las bases de datos de los investigadores al interior de instituciones de investigación es un tema que se analiza más adelante.

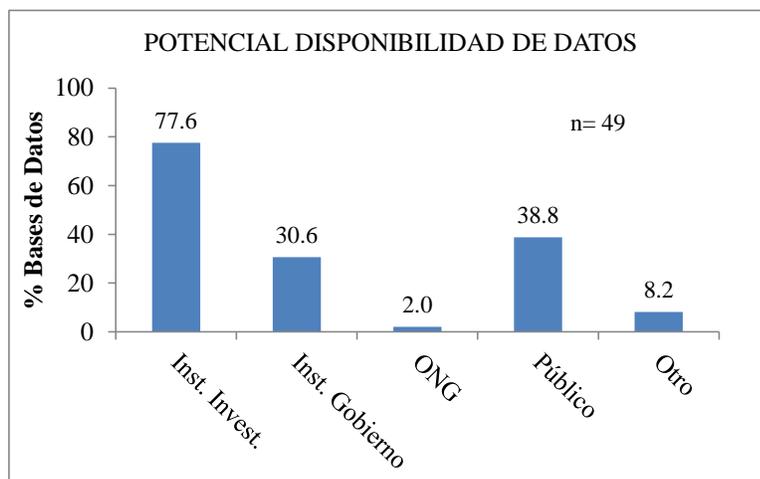


Fig. 2.

Sobre un 73% del monitoreo incluye datos ambientales climatológicos e hidrográficos y casi un 96% a datos de tipo biológico relacionados a biodiversidad. Solamente un 16% incluye datos pesqueros, en su mayoría desembarques, pero también algunos de “pesca de investigación” (Fig. 3). El hecho que los valores sobrepasen el 100% es porque muchos programas de monitoreo contemplan tanto datos ambientales como de biodiversidad, generalmente, pero no siempre, en los mismos sitios de estudio. Esta es una característica muy importante al momento de diseñar una red de monitoreo.

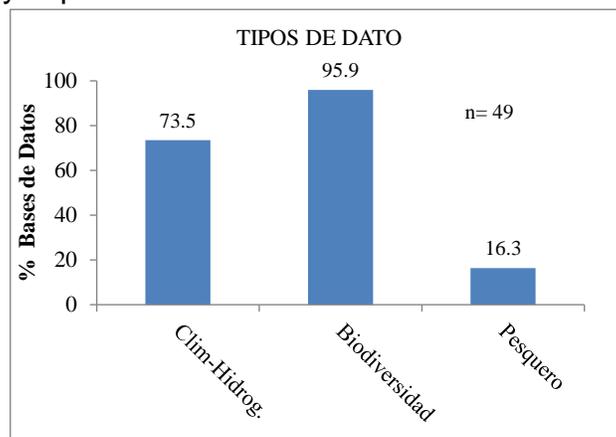


Fig. 3.

Es alentador que una fracción importante (>56%) de las bases de datos tenga alcance regional (varios sitios en una región) o al menos local (varios sitios en una localidad restringida) (Fig. 4). Esto significa que una red de monitoreo puede lograr una buena cobertura espacial y representatividad de ecoregiones a través de incorporar un número

reducido de bases de datos. Los resultados también muestran que hay un 9% de las bases de datos que tienen cobertura nacional, pero debe tenerse presente que la mayoría de éstas corresponde a datos de desembarques pesqueros. Aunque los programas de monitoreo puntuales (a escala de un sitio) pueden ser de menor interés para la conformación de una red, antes de desecharlos debe evaluarse la ubicación geográfica, la duración y el tipo de información que se genera en esos programas de monitoreo puntuales.

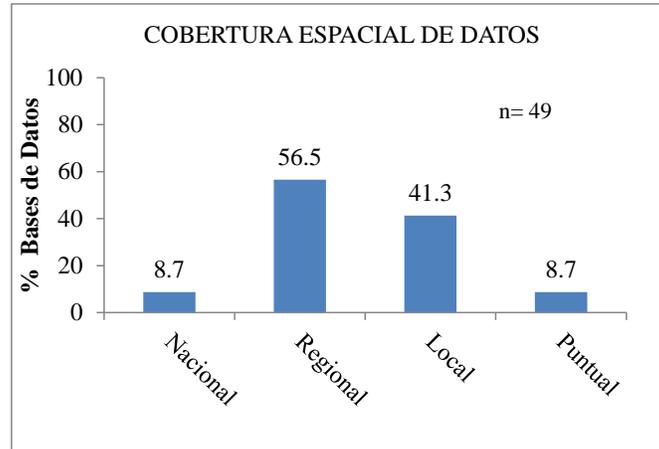


Fig. 4

También es alentador que la mayoría (casi 90%) de las bases de datos se encuentran en formato digital y la mayor parte de ellas en el software Excel (Fig. 5), lo que implica una inversión comparativamente menor en traspasar esas bases de datos a un sistema de información en línea.

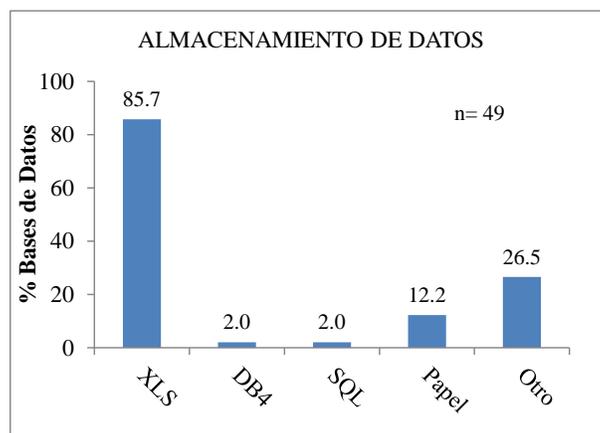


Fig. 5.

Un 12% de las bases de datos se encuentran en papel, lo que importa un esfuerzo mayor en hacerlas disponibles para una red de monitoreo. Las bases de datos que están

almacenadas en papel se presentan en la Cuadro 3. Debe por ello evaluarse la contribución de estos programas de monitoreo particulares para la red.

Cuadro 3. Bases de datos cuya información se encuentra en papel y no en algún formato digital

# base de dato	Grupos	Años
8	Pesquerías bentónicas, pelágicas y de aguas profundas. Aves, Mamíferos, Condrictios y Peces	<5, 10-20, >20
38	Macroalgas e invertebrados	<5, 10-20
22	Invertebrados	<5
16	Microalgas e invertebrados	<5
46	Macroalgas e invertebrados	<5

Por otra parte, el enorme valor de contar con estas bases de datos para la eventual conformación de la red de monitoreo queda demostrado por la larga duración de muchas de las bases de datos de variables ambientales (Fig. 6). Por ejemplo, existen entre 5 y 8 bases de datos de temperatura superficial del mar (SST), clorofila, oxígeno y viento que tienen entre 10 y 20 años de monitoreo. Es muy importante notar que, al contrario de programas de monitoreo destinados solamente a variables ambientales (SHOA) o calidad de agua (POAL), la mayoría de estas series de tiempo hidrográficas están acompañadas de datos de biodiversidad en los mismos sitios y las mismas escalas.

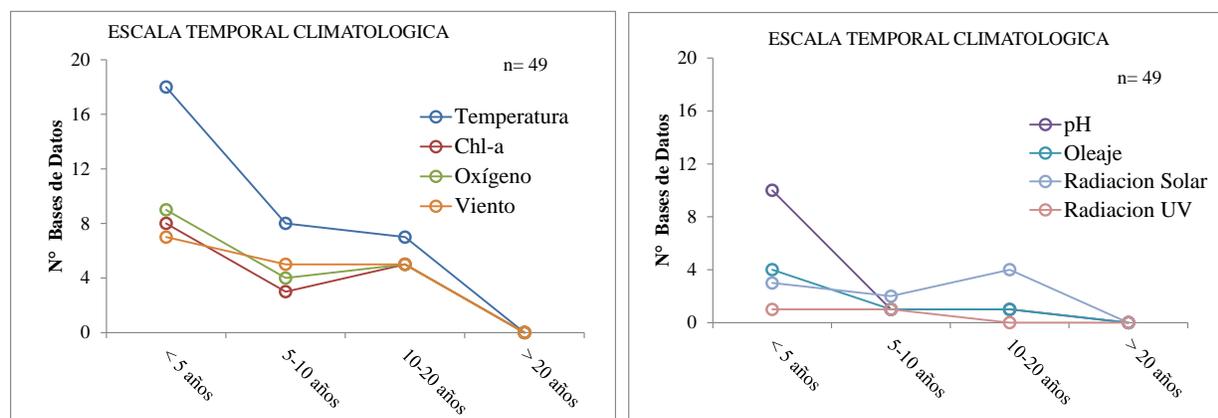


Fig. 6.

**Diagnóstico del monitoreo de la biodiversidad de Chile en el contexto del Cambio Climático:
Sistemas Marinos**

Otras variables climático-hidrográficas, tales como pH, radiación UV y radiación solar, se han monitoreado por menos tiempo en el país (Fig. 6), pero resulta crítico considerarlas por su gran relevancia para cuantificar cambio climático y para interpretar posibles cambios en la biodiversidad.

La escala temporal de las bases de datos de biodiversidad varía entre un taxa y otro. No existe monitoreo de mamíferos marinos de más de 5-10 años de duración, mientras que existen varios monitores de algas de entre 10 -20 años e incluso algunos de más de 20 años de duración (Fig. 7).

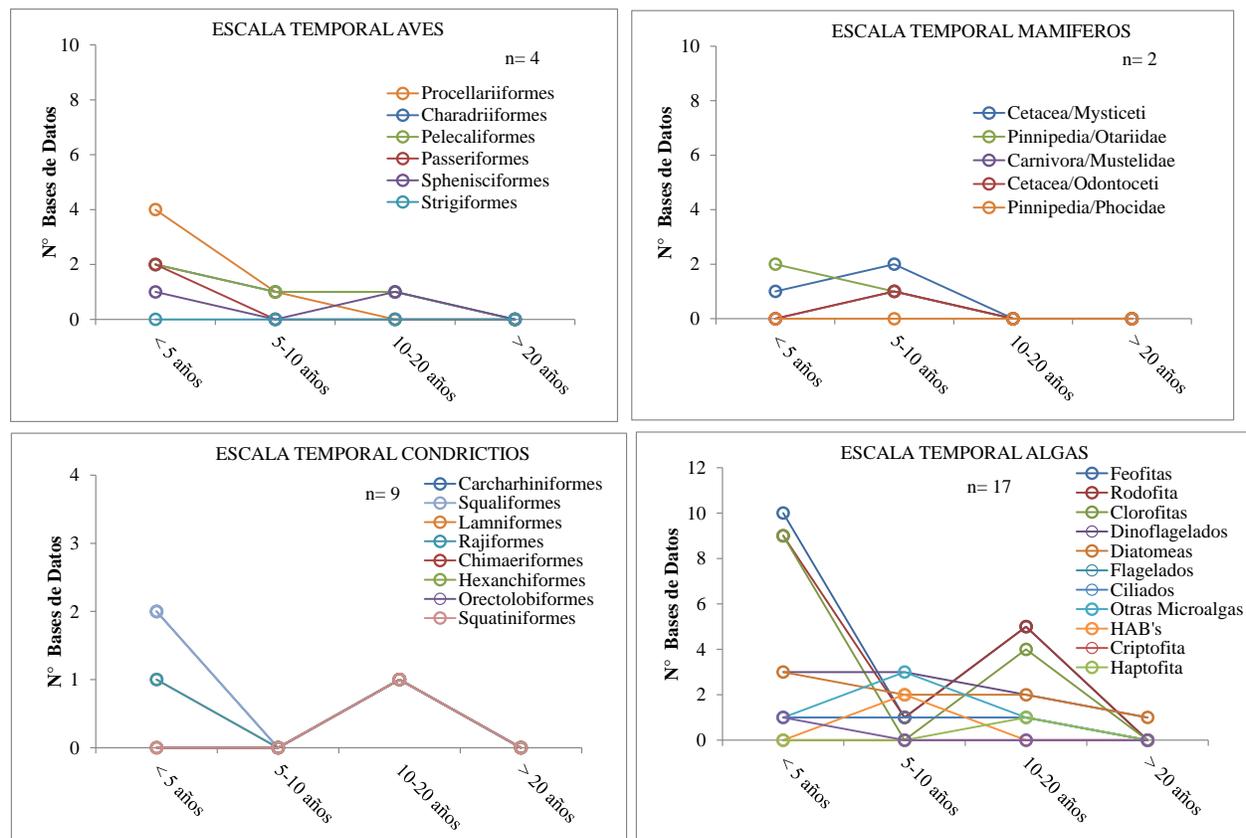


Fig. 7.

Es sorprendente que a pesar de su gran importancia en los ecosistemas costeros y en muchas pesquerías artesanales e industriales del país, existen muy pocos programas de monitoreo de peces (peces y Condrictios) y en general estos son de muy corta duración, i.e. menos de 5 años (Fig. 8). En forma excepcional algunos taxa específicos de peces han sido monitoreados por más de 10 años. Aquí nos referimos a bases de datos que evalúan la presencia (riqueza, diversidad) y/o cuantifican la abundancia de especies de peces en terreno y no a los datos de pesquerías que en general se basan en

desembarques. Pero es importante notar que estos datos de pesquerías consideran solamente especies pelágicas y demersales y no las especies costeras que forman parte de la pesquería artesanal y para las cuales tampoco existen datos centralizados de capturas.

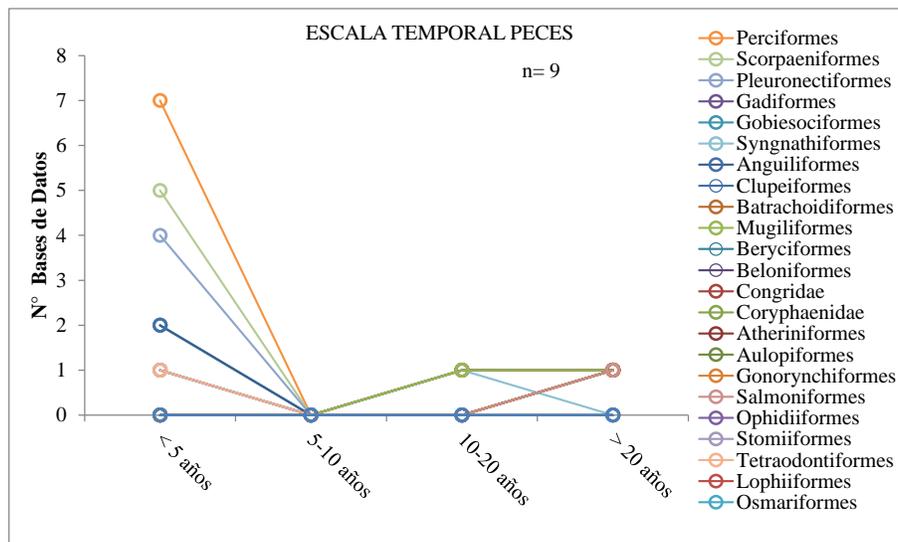


Fig. 8.

En el caso de invertebrados marinos, aunque la mayoría de las iniciativas de monitoreo son de menos de 5 años de duración, existe un número importante de taxa que han sido monitoreados por 10-20 años continuados y algunos pocos por más de 20 años (Fig. 9).

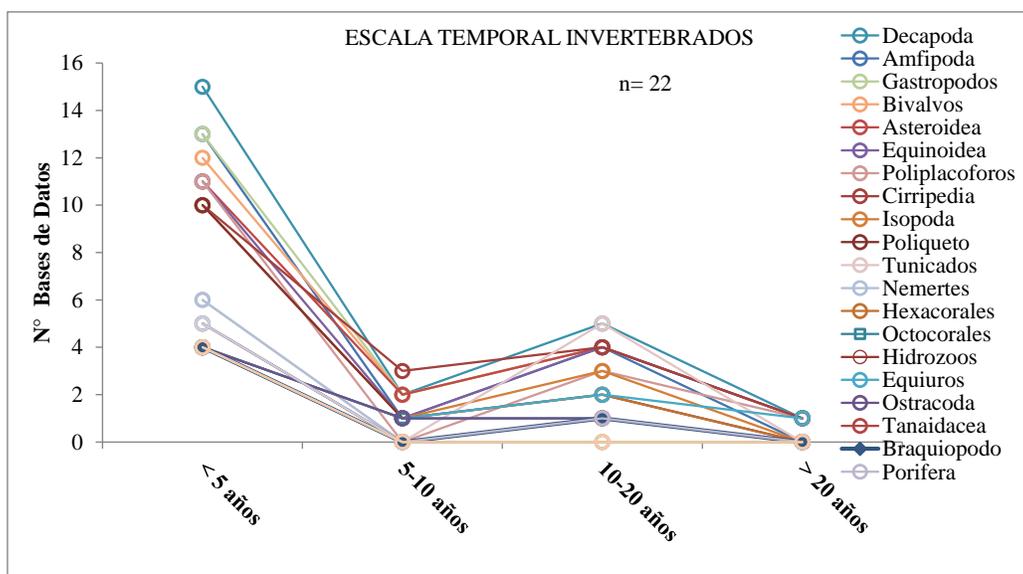


Fig. 9.

Las personas que recolectan la información de las series de tiempo, de las 48 bases de datos, son primariamente investigadores (39), que en su mayoría tienen estudios de

posgrado (Fig. 10). También participan en estas actividades un número importante de estudiantes y tesisistas, quienes están bajo la tutela de los investigadores al interior de universidades y centros de investigación (Fig. 10). Esto significa que aproximadamente el 70% del personal involucrado en la recolección de datos de diversidad tiene estudios universitarios avanzados y supone por ello un nivel de “expertise” de moderado a alto. Un número no menor de “técnicos” (36) también participa de la recolección de la información, especialmente en datos ambientales. No es posible con la información disponible determinar el grado de especialización y formación de este personal técnico, ni tampoco su nivel de independencia en la toma de los datos.

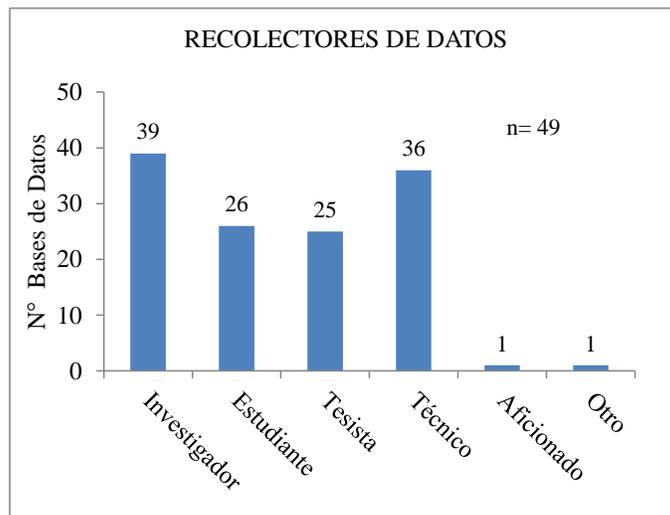


Fig. 10.

Como es esperable dado el origen de las bases de datos en la Academia y Centros de Investigación, la difusión de los datos generados en estos programas de monitoreo se realiza primariamente a través de revistas científicas, conferencias y congresos de la especialidad (Fig. 11). Otra fracción importante se comunica a través de Informes específicos y en páginas web (Fig. 11).

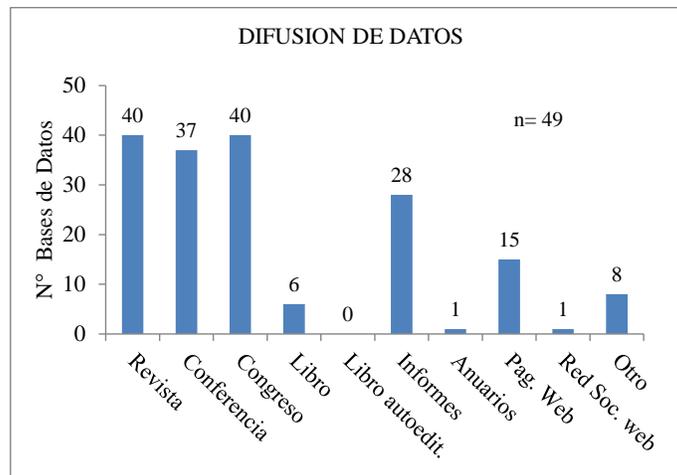


Fig. 11.

Hay dos aspectos importantes que destacar de este resultado, uno positivo y uno que revela potenciales dificultades en la utilización de estas bases de datos en una red de monitoreo de carácter público. En primer lugar, la publicación de los datos generados de estos programas de monitoreo en revistas científicas y su presentación en congresos científicos implica que la calidad de los datos debe pasar el escrutinio del proceso científico de revisión de pares. En otras palabras, los protocolos de muestreo utilizados en la mayoría de las bases de datos, aunque pueden presentar debilidades, han sido validados por la comunidad científica. Además, pueden ser sujetos a mayor escrutinio en cualquier momento, a través de revisar esas publicaciones y solicitar información detallada a los autores. La entrega del detalle de los protocolos de muestreo usados para la obtención de datos es una obligación ética de los autores de todo trabajo científico y que exigen explícitamente la mayoría de las revistas internacionales.

En segundo lugar, el hecho de que los datos de programas de monitoreo generen publicaciones científicas para quienes son los responsables de esas bases de datos, probablemente dificultará el acceso público a las series de tiempo, más allá de las ya publicadas. El tema de la propiedad y defensa de los datos generados por los investigadores con fondos públicos ha provocado muchos debates en foros internacionales. Existe algún grado de consenso, especialmente a nivel de investigadores de países desarrollados y de editores de revistas científicas internacionales, que los datos generados con proyectos de investigación financiados por el Estado y para beneficio del avance científico, deben estar disponible para toda la comunidad científica. Sin embargo, también hay un alto nivel de consenso en que se deben establecer políticas claras para, por un lado hacer los datos accesibles y públicos a toda la comunidad, pero otro lado también resguardar la propiedad intelectual y los derechos de publicación primaria de quienes generan estos datos. Este es un tema que se discute más adelante como parte de las estrategias de diseño de la red de monitoreo.

Otro elemento preocupante para la eventual resiliencia de una red de monitoreo que incorpore estas bases de datos es que la mayoría de éstas (73%) son generadas con financiamiento provenientes de Proyectos Públicos concursables y sólo el 16% por “mandato permanente” y con fondos públicos de carácter permanente (Fig. 12A, B). Esto significa que la continuidad de las series de tiempo se ve en riesgo cada 3 años cuando los investigadores deben renovar proyectos y buscar formas de mantener esas observaciones. En los principales sistemas de financiamiento de las ciencias en Chile, i.e. Conicyt, Iniciativa Científica Milenio, no existen programas destinados a la mantención de programas de monitoreo de largo plazo, como sí existen en la National Science Foundation de USA. Al incorporar estas series de tiempo a la red de monitoreo debe entonces buscar maneras de asegurar un financiamiento basal para su continuidad.

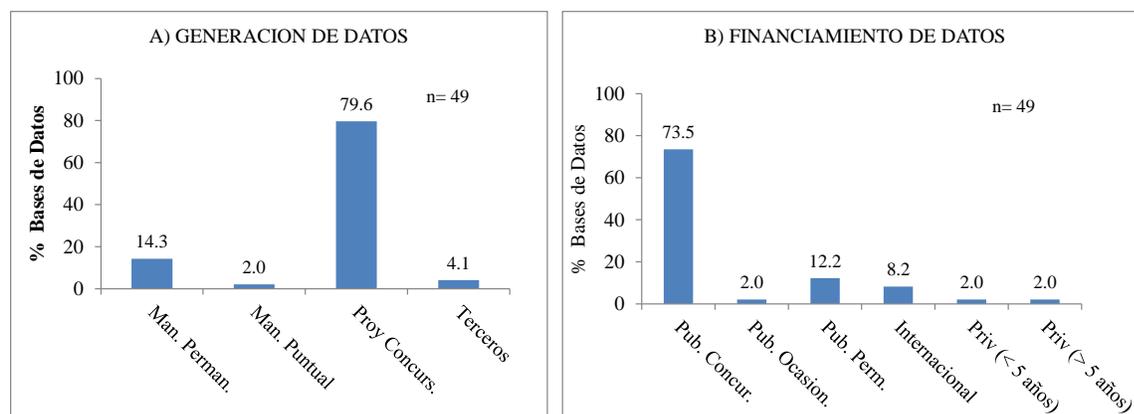


Fig. 12.

6.2. Brechas de necesidad de información a escala nacional, regional y la disponibilidad de información (Objetivos 1.1 y 1.4 de la Consultoría).

Cerca del 90% de los tomadores de decisiones entrevistados en reparticiones públicas del Estado, incluyendo aquellas relacionadas a la administración del ambiente marino, manifiestan la necesidad de contar con información de biodiversidad a nivel específico y ecosistémico (consultoría “Diagnóstico sobre tomadores de decisiones y necesidades de información para la toma de decisiones en apoyo al diseño de la red de monitoreo de la biodiversidad”, Simonetti-Grez, Cuevas, Simonetti y Asociación Kauyeken, 2015). Muchos menos indican que información a nivel de diversidad genética es necesaria para su gestión. Además, alrededor del 80 % de estos tomadores de decisión indican que es importante para su gestión el contar con datos de “composición” de la biodiversidad (número de especies) y alrededor del 65% indica que es importante contar además con

información de estructura (ej. abundancias) y funcionamiento de la biodiversidad. No es claro qué se entiende por “funcionamiento de la biodiversidad” por cuanto una característica sobresaliente de esa encuesta es la falta de preguntas específicas respecto a la biodiversidad y su gestión. Muy importantemente, existe una diversidad muy grande, entre los tomadores de decisiones, respecto de la cuál es la escala más relevante de la información que necesitan para su gestión. La mayoría de los tomadores de decisión encuestados manifestaron la necesidad de contar con información de biodiversidad a escala regional, y en menor grado es de interés también la escala nacional y la escala local (Simonetti-Grez et al., 2015). La escala local no fue considerada como muy relevante por los tomadores de decisión en el Ministerio del Medio Ambiente (MMA), probablemente por su interés en evaluaciones y políticas de alcance nacional o al menos regional. Tomadores de decisión en otras reparticiones de gobierno asignan mayor importancia a la información local de sitios. Tal vez esta percepción de la escala de integración a la cual se requiere la información y los indicadores para la toma de decisión, explica porque la mayoría de los tomadores de decisión del MMA recomiendan la escala regional como la más adecuada para levantar la información en una red de monitoreo. Esta es una paradoja ya que si bien algunos indicadores ecosistémicos y climáticos se pueden cuantificar a escala regional, la evaluación de diversidad, especialmente a nivel de especie que es la más relevante para ellos, es por definición de carácter local (sitios). Existe entonces algo de confusión entre escala de integración adecuada para la gestión y toma de decisiones y la escala a la cual una red levanta la información primaria.

De este análisis grueso de las necesidades de información de tomadores de decisiones, se desprende que es esencial que una red de monitoreo considere a ‘especie’ como uno de los objetos centrales de los programas de monitoreo, que debería además incluir información de estructura y abundancias, y que debe cubrir un amplio rango espacial para proveer información de escala regional y nacional. Por ello, se debe analizar la cobertura taxonómica de las bases de datos existentes, además de la cobertura espacial taxón-específica. En términos generales existe coincidencia entre la escala espacial que manifiestan los tomadores de decisión como más relevantes (Fig. 6 en Simonetti et al., 2015), y la escala espacial de las bases de datos existentes (Fig. 4). La mayor diferencia ocurre en la escala nacional, que es considerada importante por alrededor del 60% de los encuestados, y la baja representación (<9%) de bases de datos de escala nacional en los programas de monitoreo existentes. Sin embargo, el diseño de la Red de Monitoreo debe contemplar la integración de bases de datos coherentes, con los mismos protocolos, para ampliar la cobertura nacional.

Puesto que una de las variables primordiales de una red de biodiversidad es la diversidad de especies local, unos de los aspectos a considerar al seleccionar bases para la red de datos es el número de especies que forman parte de un monitoreo. En el monitoreo disponibles el número de especies promedio de cada base de datos sigue más o menos bien el número de especies conocidas en Chile para estos grandes grupos organismos marinos, i.e. el monitoreo de invertebrados incluyen el mayor número de especies o taxa distintos , seguidos de los de macro- y micro-algas (Fig. 13). El monitoreo de mamíferos marinos son los que incluyen el menor número de especies, posiblemente porque esos estudios tienden a estar enfocados en seguimientos de individuos en el tiempo. Sorprende el comparativamente bajo número de especies de peces que son incorporadas en el monitoreo (fig. 13). Aparte de estos grupos, el único monitoreo de procariontes marinos incluido en las encuestas incluye alrededor de 200 taxa distintos, 'identificados' usando meta-genómica.

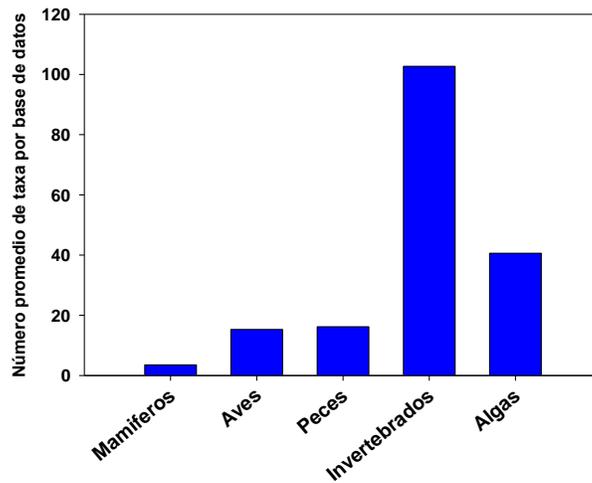


Fig. 13.

Como es esperable, existe un gran diferencia en términos del número de bases de datos que realizan monitoreo de los distintos taxa de invertebrados (Fig. 14). Los grupos más frecuentemente representados en el monitoreo (en 15 o más bases de datos) son crustáceos decápodos, moluscos gastrópodos moluscos bivalvos, crustáceos cirripedios y anfípodos, y equinodermos asteroídeos y equinoideos (Fig. 15). Por otra parte, 12 phyla distintos de invertebrados son considerados en solamente una o a lo más dos bases de datos, mientras que otros 9 phyla de invertebrados marinos no son considerados en ninguna base de datos.

Como se indica antes, llama la atención el bajo número de programas de monitoreo de peces costeros en Chile, incluyendo teleósteos y condricios. De éstos, el grupo de los perciformes, que es el orden más especioso en el mundo, es el más frecuentemente monitoreado, mientras que especies pertenecientes a 18 órdenes distintos aparecen en una o a lo más dos bases de datos (Fig. 16). Por último, hay 4 órdenes de peces que no son considerados en ninguna base de datos, a pesar de que especies de estos grupos están presentes en Chile. Es posible que una búsqueda más exhaustiva encuentre otros programas de observación y monitoreo, pero es difícil que cambie mucho este patrón general.

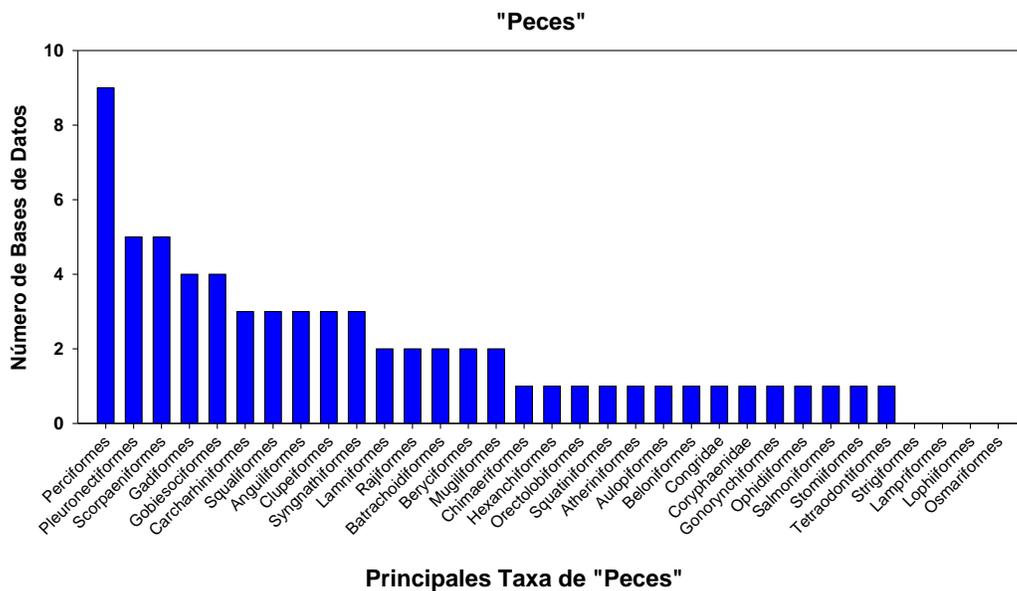


Fig. 16

La cobertura espacial de las iniciativas de monitoreo consideradas en la muestra de la encuesta cubren todas las regiones políticas del país (excluyendo la región Metropolitana y considerando separadamente el territorio insular), además del archipiélago de Juan Fernández e Isla de Pascua (Fig. 17). Pero el número de bases de datos independientes por región varía mucho de una región a otra. Los mayores números de bases de datos se encuentran en la II, IV, V, VIII, X y XI, todas ellas con al menos 9 bases de datos de biodiversidad distintas.

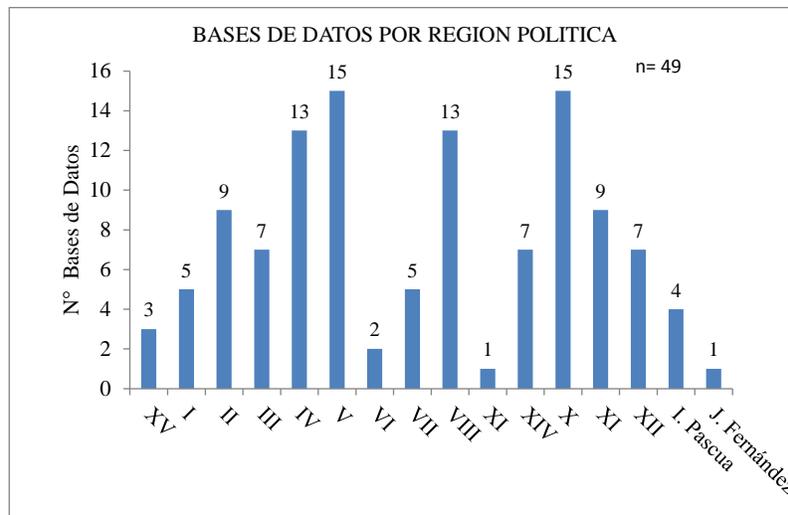


Fig. 17.

El patrón en términos de número de sitios distintos que son muestreados dentro de cada región política (considerando Isla de Pascua, Sala y Gómez y Juan Fernández como sitios separados) es similar al de número de bases de datos, con la mayor intensidad espacial en las Regiones IV, V, VIII, X, XI y XII (Fig. 18).

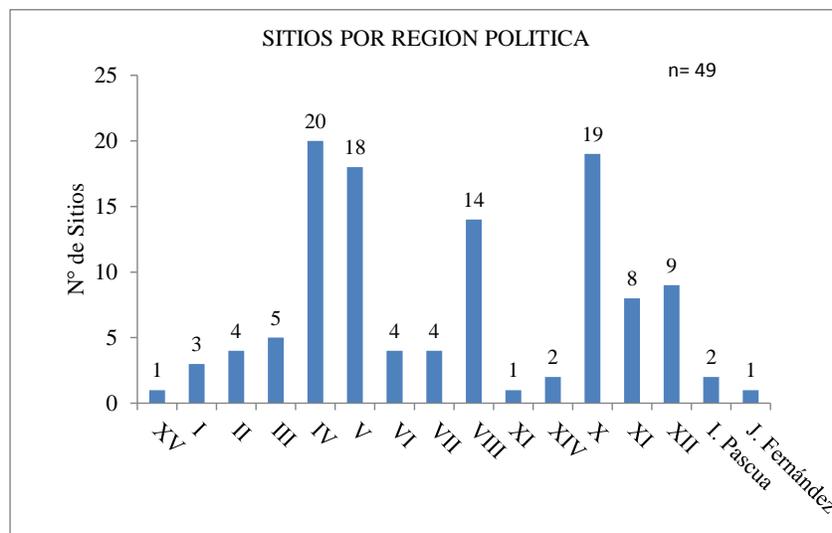


Fig. 18.

Esta distribución espacial de las iniciativas de monitoreo de la biodiversidad sugiere que existen bases para plantear una red que incluya todas, o al menos la mayoría de las regiones políticas del país, que es una de las necesidades planteadas por los tomadores de decisiones como una manera de facilitar su gestión.

Para determinar la cobertura de las bases de datos en términos de las principales ecorregiones de Chile, se usó la clasificación de ecorregiones del mundo de Spalding et al. (2009), quienes revisan la información biogeográfica existente en el país en todos los ambientes marinos hasta las 200 millas de la costa. Sin embargo, puesto que una red de monitoreo de biodiversidad en el contexto de cambio climáticos debe además tener buena cobertura espacial a través de gradientes de latitud, la ecorregión Araucana y la extensa región de Canales y Fiordos de Spalding et al. (2009) fueron subdivididas en tres subregiones siguiendo la clasificación de Lancellotti & Vásquez (1999). Así, se identificaron 7 ecorregiones continentales una ecorregión de Isla de Pascua y una ecorregión de Juan Fernández. En la figura 19 se presenta el número de bases de datos identificadas en nuestra muestra por ecorregión del país. Las ecorregiones con mayor número de bases de datos son las Araucana A (norte), la de Chile central y la Humboldtiana, en ese orden (Fig. 19). A pesar de haberse desarrollado un número importante de estudios en el archipiélago Juan Fernández, nuestra muestra identificó solamente una base de datos que cumple con las características de ser un monitoreo (pesquería de langosta). Similarmente en la ecorregión del Cabo de Hornos (sensu Lancellottu & Vásquez 1999), solamente identificamos 2 bases de datos, mientras que en Isla de Pascua 4 se detectaron iniciativas de monitoreo (Fig. 19).

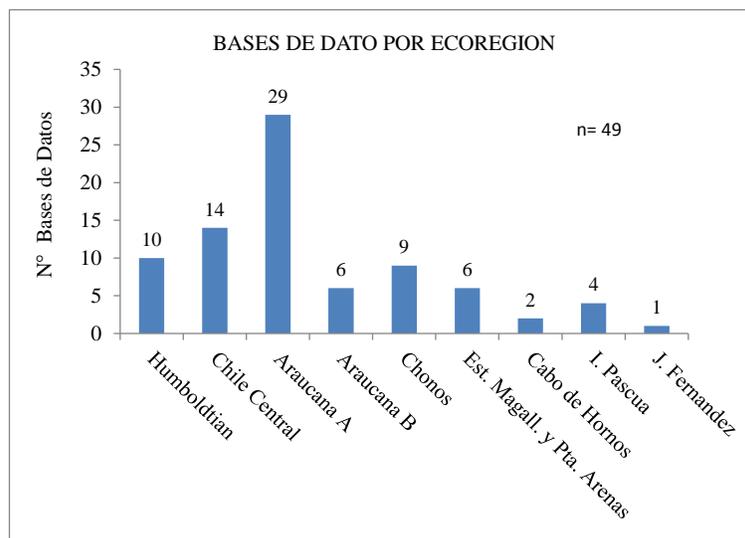
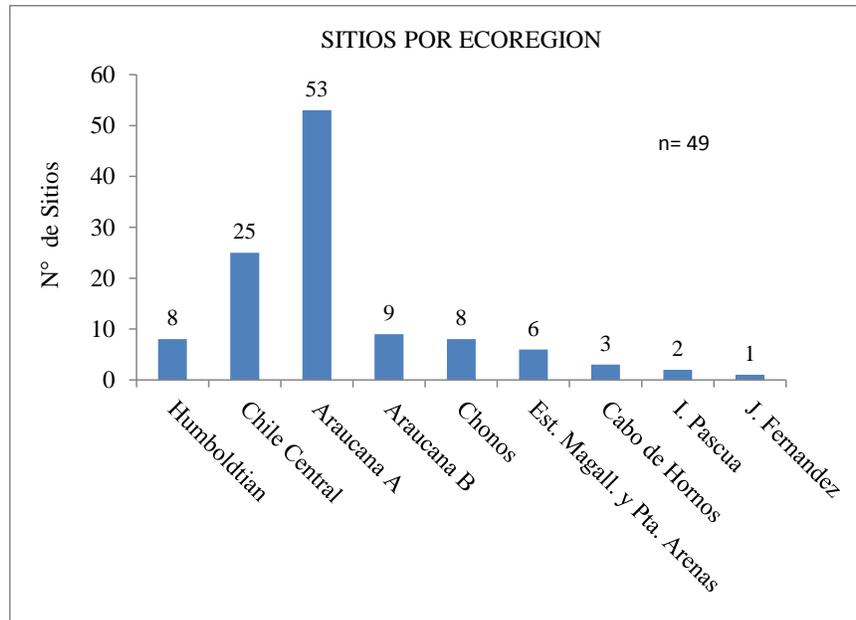


Fig. 19.

En términos del número de sitios por ecorregión las diferencias en cobertura espacial fueron más marcadas (Fig. 20). Solamente 1 sitio en Juan Fernández, 2 en Isla de Pascua y 3 en Cabo de Hornos (Ver Anexo con la posición geográfica de los sitios de muestreo en cada ecorregión).



Es importante destacar algunas iniciativas de monitoreo que a pese a su corta duración (< 5 años) y/o su baja cobertura espacial (1-2 sitios), pueden considerarse como importantes en la conformación de una red porque proveen datos relativamente únicos (Cuadro 4). Por ejemplo, la base de datos #29 contiene entre 5-10 años de información de indicadores reproductivos de 7 especies de invertebrados y peces costeros de interés comercial en múltiples sitios de Chile centro-norte. Esta información se relaciona tanto con la posibilidad de detectar cambios funcionales de la biodiversidad, como muy directamente con la idea de evaluar el estado de estas pesquerías (para las cuales no existen otras bases de datos). La base datos #30 corresponde a un monitoreo de todavía menos de 5 años de duración y en un solo sitio de Bahía Mejillones en donde se cuantifica la abundancia de medusas (cnidarios escifozoos). Dado que las medusas han sido reiteradamente asociadas a cambio climático de largo plazo así como a anomalías climático-oceanográficas (ENSO), puede ser de interés recoger esta información en una red de monitoreo.

Cuadro 4. Bases de datos de características especiales.

# base de dato	Sitos	Grupos(no.sp)	Años
29	Las Cruces, El Quisco, Quintay, Laguna Verde, Montemar, Maintencillo, Algarrobo, Zapallar, Cachagua, El Sauce, Temblador	Peces óseos (2) Invertebrados(7) Indicadores reproductivos de especies comerciales	5-10
30	Bahía de mejillones	Cnidarios-Escifozoos (1)	<5
31	Bahía de mejillones	Invertebrados (39)	<5
35	Playas de la IV región y columna de agua	Algas a la deriva e invertebrados asociados	10-20
39	Archipiélago de las guaitecas y ecoregión chiloense	tasas de vocalizaciones ballena azul	5-10

6.3. Descripción de indicadores de monitoreo de la biodiversidad marina, estado de los océanos, cambio climático y funciones ecosistemas (Objetivos 1.5 y 1.7 de la Consultoría)

6.3.1. Variables, indicadores y su relación con servicios ecosistémicos monitoreados en Chile de acuerdo a quienes desarrollan programas de monitoreo

Existe una gran variedad de indicadores de biodiversidad que quienes generan las bases de datos calculan a partir de la información que generan (Cuadro 5). La mayoría de éstos indicadores corresponde a mediciones directas de variables físicas o biológicas, o bien se calculan índices de diversidad simples, como riqueza de especies o Shannon's, etc. A pesar de la importancia central que le asignan los tomadores de decisiones a contar con indicadores del estado, salud o integridad del océano, o de alguna de las funciones ecosistémicas consideradas como esenciales (ej. provisión de alimento), muy pocos de quienes generan las bases de datos de nuestra muestra proveen este tipo de información (Cuadro 5). Esto incluye también a las bases de datos generadas por las reparticiones públicas del estado.

Cuadro 5. Índices e indicadores calculados por quienes generan series de tiempo a partir de sus bases de datos.

Indicador	#base de dato
Índice de condición del kelp (alga parda)	25
Condición aeróbico o anaeróbico	1
Nivel de FAN	1
Biomasa, índice de condición, razón C/N, estructura de tamaño, Tamaño de la comunidad.	12
Índices AMBI (azti marine biological index)	22
Índices de biodiversidad, dominancia, Pielou, Shannon, Riqueza	15
Indicadores de calidad del agua	21
Éxito reproductivo Aves	20
Topografía	16
Granulometría, Perfil de la playa	46
Biodiversidad	28
Índice G (dominancia de diatomeas y flagelados)	4
Estimadores de abundancia relativa (alerta temprana) para presencia de toxinas en mariscos	4
Índice gonadosomático	29
Oxigenación de la columna de agua y el contenido de materia orgánica en el sedimento	31
Biomasa en C/vol	33,40,45
Clorofila fraccionada, variación anual e interanual	33
Condición ambiental de las áreas, nivel de producción	6
Riqueza	35,36,42
Nutrientes	38
Tasas de vocalizaciones	39
Flujo de Carbono como exportación	40
Biodiversidad alfa y beta	45

Sin embargo, aunque no hay indicadores de consenso a través de las bases de datos, quienes desarrollan programas de monitoreo en Chile señalan que sus observaciones tienen relación con una amplia gama de servicios ecosistémicos (Cuadro 6). En este listado no se ha realizado ningún juicio con respecto a si estos representan o no verdaderos servicios ecosistémicos y en algunos casos los entrevistado pueden referirse al mismo servicio ecosistémico con distinto nombre (ej. pesquerías y provisión de alimento). Se presentan todas las respuestas de los encuestados.

Cuadro 6. Listado de Servicios Ecosistémicos que de acuerdo a los que se relacionan las series de tiempo climáticas/hidrográficas, de biodiversidad, y pesquerías, de acuerdo a los entrevistados. Solamente se han editado las respuestas para mejor comprensión, pero no se ha re-clasificado o alterado las respuestas.

Servicio Ecosistémico	#base de dato
Biodiversidad	11, 12, 22
Sustentabilidad de pesquerías	11,47
Provisión y condición del hábitat	23,24,25,31
Número de especies para consumo humano o de importancia económica	23,24,19,26
Pesquería y producción de alimento	1,27,33, 7
INFAS, divisas del lugar de cultivos	1
Productividad y resiliencia de un sistema, la que depende de la estructura comunitaria del ecosistema. Indicador del cambio climático.	12
Estructura funcional	13
Captación de semillas de mitílidos (bancos naturales), apuntando a sitios afectados por ríos	14
Bienes y servicios de las algas, heredables, culturales, patrimonio, ecológicos, secuestradores de CO2, valor escénico	15,34
Servicio ecosistémico de pesca	2
Productividad primaria	21
Transporte de nutrientes	20
Turismo	20,46
Degradación de materia orgánica	16
Resguardo del borde costero	46
Cultural	17
Sitios para la conservación e información pre-tsunami	25
Reciclaje y remineralización de la materia	47
Producción de propágulos	29
Repoblamiento	29
Tramas tróficas	27
Refugio y alimentación para peces	35

Independientemente de cuán bien las variables medidas en los programas de monitoreo capturan o no los cambios en la provisión de servicios ecosistémicos, resulta claro que los programas de monitoreo existentes pueden proveer las bases para estimar el estado de varios servicios ecosistémicos.

6.3.2. Relación entre los programas de monitoreo y cambio climático de acuerdo a quienes desarrollan los programas de monitoreo existentes en Chile

La gran mayoría (89.6%) de los encuestados manifestó que sus series de tiempo permiten o permitirán cuantificar cambio climático en el océano, o sus impactos sobre la biodiversidad. Específicamente, la mayoría piensa que su programa de monitoreo contribuye primariamente al diagnóstico de cambio climático y secundariamente al diagnóstico y adaptación (Fig. 21). Muy pocos consideran que sus datos pueden contribuir primariamente a adaptación y a mitigación del cambio climático.

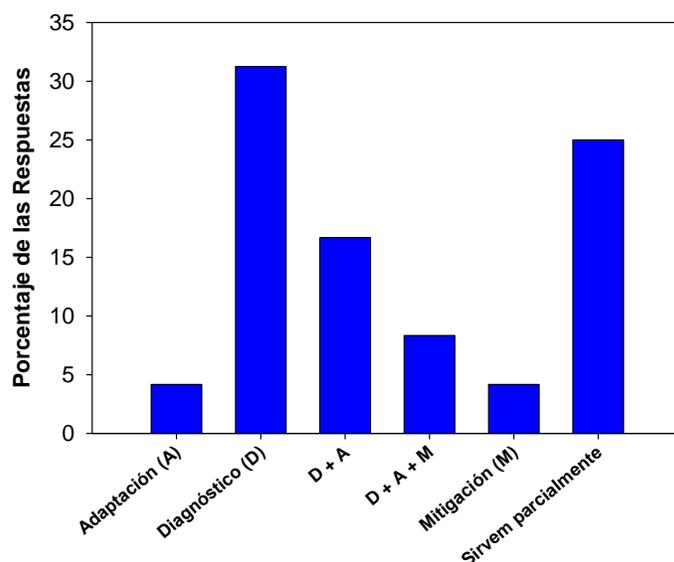


Fig. 21.

6.3.3. Descripción de las iniciativas de monitoreo de biodiversidad marina y estado de los océanos existentes en el mundo y sus marcos regulatorios en el contexto ecosistémico

Para poder seleccionar el tipo de indicadores que debería sustentar una red de monitoreo de biodiversidad marina e integridad del océano en el contexto de cambio climático, es necesario analizar cuáles son los indicadores y tipos de experiencias existentes.

Las principales naciones y/o regiones que han adoptado marcos legales para la implementación de un manejo ecosistémico son la Comunidad Europea, Estados Unidos, Australia y Canadá (Foster et al., 2005; Borja et al., 2008; Böhnke-Henrich et al., 2013). Todos estos marcos legales tienen como objetivo final “asegurar la provisión de servicios ecosistémicos a las generaciones futuras”, y necesariamente implican evaluar el estado de conservación de los ecosistemas sometidos a múltiples usos humanos. Aunque Chile

no ha adoptado este marco en la Estrategia Nacional de Biodiversidad Marina Costera (en revisión), la Ley de Pesca de 2013 sí lo ha adoptado. Pero en todo caso, aunque en la Estrategia de Conservación de la Biodiversidad Marina y Costera y de la Islas Oceánicas (en revisión) los ecosistemas y servicios ecosistémicos no cuentan con una estrategia propia, sí representan uno de los ejes transversales que debe considerarse a través de todas las líneas y metas (Guijón 2015). Además, considerando las necesidades de información de los tomadores de decisión y de quienes generan y mantienen programas de monitoreo, parece deseable el que la red de monitoreo considere en su diseño esta tendencia mundial.

Australia ha sido pionera en el planteamiento de objetivos para alcanzar un desarrollo sostenible, con la elaboración del “National Strategy for Sustainable development” en el año 1992, promoviendo desde el año 1997 el manejo de múltiples usos en el ámbito marino (Sainsbury et al., 1997), y lanzando en el año 1998 el “Australia’s Oceans Policy” (AOP) que establece el marco legal para una gestión basada en el ecosistema. Fue una de las primeras leyes que reconoció que la salud e integridad de los ecosistemas marinos son fundamentales para el desarrollo sostenible de la sociedad (Commonwealth of Australia, 1998; Vince, 2006; Tsamenyi and Kenchington, 2012). Como resultado, se incrementó significativamente el conocimiento sobre los componentes biofísicos de las regiones marítimas de Australia. El AOP tiene 5 objetivos principales, que se resumen en:

- 1) proteger el mar jurisdiccional de Australia (enmarcado en United Nations Convention on the Law of the Sea, UNCLOS),
- 2) *comprender y proteger la biodiversidad marina del país,*
- 3) promover el desarrollo sostenible,
- 4) tener en cuenta las necesidades de las comunidades locales,
- 5) mejorar la experiencia de Australia en el manejo de los océanos, la ciencia, tecnología e ingeniería marinas (Tsamenyi and Kenchington, 2012).

A su vez, el AOP describe 7 acciones principales para alcanzar estos objetivos (Tsamenyi and Kenchington, 2012), que se resumen en:

- 1) ***planificación integrada del océano***
- 2) ***manejar los usos humanos e impactos***
- 3) ***afrentar la contaminación marina***
- 4) promover el turismo marino y la participación de las comunidades
- 5) ***incrementar el conocimiento científico del mar***
- 6) proteger los intereses nacionales y
- 7) ***evaluar la efectividad de las medidas adoptadas.***

Al menos cinco de estas acciones (resaltadas) dicen relación directa con el establecimiento de programas de monitoreo. Para implementar estas medidas se han establecido planes de manejo regionales, adaptados a las necesidades de conservación de cada región. Estos planes regionales, como mínimo, incluyen el establecimiento de

Áreas Marinas Protegidas, **sistemas de monitoreo** y la prevención de posibles conflictos entre grupos de usuarios por desplazamiento de sus actividades.

Canadá posee una vasta experiencia en el manejo integrado de recursos y en el año 1997 se implementó oficialmente el manejo integrado de costas y océanos bajo el marco legal del “Oceans Act” (<http://laws-lois.justice.gc.ca/eng/acts/O-2.4/>) (Bastien-Daigle et al., 2008). La estrategia específica “Oceans and Management Strategy” se impulsó en el año 2002 (Chircop and Hildenbrand, 2006; Ricketts and Harrison, 2007) y en el año 2005 se inició el “Oceans Action Plan” (OAP), suponiendo un gran paso para la implementación del “Oceans Act”, y cuyo principal objetivo es el desarrollo sostenible del mar canadiense. El OAP incorpora cuatro pilares principales (Ricketts and Hildebrand, 2011), de los cuales 3 dicen relación con la aproximación ecosistémica y desarrollo de científico:

- 1) **liderazgo internacional y seguridad**
- 2) **salud de los océanos**
- 3) **ciencia y tecnología marina**
- 4) **manejo integrado de los océanos y desarrollo sostenible**

Específicamente, en el ámbito de las ciencias marinas, la **ley establece la necesidad de obtener datos con la finalidad de comprender el funcionamiento de los ecosistemas marinos y sus recursos** (realizando campañas oceanográficas, campañas pesqueras para evaluar las poblaciones de especies explotadas, y potenciando la ciencia básica en la oceanografía y ecología marina). El marco de acción también tiene un componente importante de participación de la sociedad (Kearney et al., 2007). Canadá es pionera en la planificación espacial integrada de costas (Ricketts and Harrison, 2007), con múltiples objetivos relacionados a manejo espacial integrado e incorporación de las comunidades en el proceso de toma de decisiones para disminuir conflicto (Foster et al., 2005):

En Europa, la Directiva Marco de Estrategia Marina (MSFD, 2008) impuso a todos los países miembros de la CE la *obligación de evaluar el estado de los ecosistemas marinos* con la finalidad de alcanzar el “buen estado ambiental” (Good Environmental Status) y el “mantenimiento de la biodiversidad en el 2020” (http://ec.europa.eu/environment/marine/good-environmental-status/index_en.htm). Los países miembros de la CE deben coordinar la implementación del MSFD a través de planes de acción regionales (Regional Sea Conventions), siendo éste el punto débil de la Directiva, con una implementación más avanzada en unas regiones que en otras. En el año 2013 se propuso una Directiva de Planificación Marina Espacial (pMSPD, European Commission, 2013) como un marco de acción para facilitar la implementación del MSFD y evitar el manejo sectorizado de las aguas europeas (Meiner, 2010). Uno de los objetivos principales de esta Directiva es *fomentar la cooperación científica y generar bases de datos comunes* que permitan adquirir el conocimiento suficiente para avanzar en un manejo integrado a nivel regional (Meiner, 2010). Uno de los planes regionales en estado más avanzado de implementación es el “Baltic Sea Action Plan - HELCOM” (Backer et al., 2010; <http://www.helcom.fi/baltic-sea-action-plan>), específicamente

diseñado para el Mar Báltico. El plan incluye la identificación de *indicadores del estado del ecosistema* (incluyendo la protección de la biodiversidad), principalmente en relación a eutroficación y contaminación (los dos impactos más severos en la región).

En EEUU, en el año 2010 se estableció el “National Policy for the stewardship of our oceans, our coasts and the great lakes” como la primera ley que abarca la protección del mar y las costas en EEUU. Esta directiva enmarca a todas las agencias federales que están relacionadas con el ámbito marítimo y provee un marco legal *para asegurar la salud, resiliencia, seguridad y productividad de los ecosistemas marinos y costeros a largo plazo*. Paralelamente se creó el “National Ocean Council” para reforzar la fiscalización marítima (National Ocean Council 2013; Torres et al., 2015). En el año 2013, tras una consulta con diversos grupos de usuarios, se publicó el Plan de Acción (<https://www.whitehouse.gov/administration/eop/oceans/policy>) para llevar el marco teórico a la práctica y alcanzar, entre otros objetivos, la “salud de los océanos”. El Plan de Acción describe las medidas que el estado federal adoptará para mejorar la salud de los océanos, las costas y los grandes lagos, destacando su importancia para mantener el bienestar y economía de la sociedad. Este Plan *incluye directrices específicas para el desarrollo de bases de datos* que contengan información socio-económica para avanzar en la toma de decisiones, sin embargo no indica explícitamente la necesidad de evaluar los servicios del ecosistema. El reto actual consiste en coordinar los diferentes estados federales para alcanzar los objetivos establecidos (Börger et al., 2014).

A nivel internacional existen otras iniciativas que, a pesar de fundarse en las bases de una aproximación ecosistémica al manejo, su implementación no se ha alcanzado de forma integrada, o aún no ha alcanzado un proceso de implementación. Por ejemplo, en los países en vías de desarrollo las zonas costeras dependen enormemente de los recursos naturales, en consecuencia, son altamente vulnerables a los cambios en los ecosistemas. La falta de recursos económicos conlleva a que pocos países en vías de desarrollo hayan implementado planes de acción. Destaca la excepción de Indonesia, donde gran parte de la población depende directa o indirectamente del mar, y el gobierno tomó la iniciativa para la creación de un marco legal de protección de pesquerías y conservación marina, “Indonesian National Policy Framework” (White et al 2005; Wever et al 2012; Ferrol-Schulte et al., 2015). El objetivo de este marco legal es regular las actividades que amenazan la conservación marina, controlar su implementación, el monitoreo y la evaluación (Ferrol-Schulte et al., 2015). Este marco legal también incluye la necesidad de mejorar la educación y favorecer la herencia cultural, potenciando la participación de las comunidades locales en los planes de manejo (Tallis et al., 2010). Sin embargo, el mayor problema al que se ha enfrentado esta iniciativa *ha sido la fiscalización*.

De este breve análisis de las principales iniciativas a nivel mundial resulta claro que el manejo sustentable y la conservación de la biodiversidad marina se considera íntimamente relacionado al desarrollo económico de estos países, y que una aproximación ecosistémica que permita evaluar el estado o salud de los océanos es la estrategia más ampliamente aceptada. Como parte fundamental de esta estrategia, muchos de estos documentos y leyes establecen explícitamente la necesidad de

establecer redes y programas de monitoreo de la biodiversidad. De allí la necesidad de que también la ENCBMC-IO de Chile (en revisión) establezca explícitamente la creación y mantención de esta red de monitoreo como parte de sus metas y ejes transversales. También se debe destacar que en la mayoría de las grandes metas y/o acciones definidas por los países desarrollados para lograr la conservación y uso sustentable, figura el desarrollo y promoción del **conocimiento científico**. Sin embargo, a pesar de que la ENCBM-IO de Chile (en revisión) hace muy buen uso del conocimiento científico ya existente en Chile, la estrategia no hace mención explícita a la promoción, coordinación, desarrollo, etc. del conocimiento científico relacionado a la biodiversidad. Tampoco se encuentra referencia explícita en la Estrategia de Biodiversidad (en revisión). Dado el reconocimiento mundial de la importancia de avanzar el conocimiento científico para lograr las metas AICHI de Biodiversidad, los documentos que guían el plan nacional de biodiversidad deberían enmendarse para resaltar su importancia.

6.3.4. Indicadores, estándares y protocolos existentes sobre la toma y calidad de datos de los sistemas de monitoreo de biodiversidad marina existentes en el mundo

Los diferentes marcos legales para el desarrollo sostenible y la conservación de los océanos, conllevan a la necesidad de definir un conjunto de indicadores para evaluar el “estado” de los ecosistemas marinos y poder actuar para alcanzar los objetivos planteados. Los protocolos adoptados por cada país o región dependen en última instancia de sus características socio-ecológicas y de las amenazas existentes en el medio ambiente marino (Borja et al., 2008; Johnson et al., 2013). En la última década, un elevado número de publicaciones científicas se han centrado en discutir la importancia de los indicadores para evaluar el estado de los ecosistemas, originando una enorme variedad de propuestas de indicadores (Rice 2003; Diaz et al., 2004; Borja et al., 2008; Van Hoey et al., 2010, Halpern et al., 2012). Sin embargo, trabajos centrados en evaluar múltiples componentes del ecosistema de forma integrada (incluyendo los componentes biofísicos, la sociedad y la economía) han sido más limitados. La principal razón reside en la dificultad de simplificar la complejidad de los ecosistemas en un solo indicador. Además, en el contexto internacional, uno de los mayores problemas consiste en alcanzar un consenso al definir que es lo que se está midiendo. La “integridad ecológica” (en sentido amplio) se refiere a la importancia de preservar atributos o aspectos “importantes” del ecosistema, pero la difusa definición de este concepto dificulta su implementación (Borja et al. 2008, Nunneri et al. 2007).

En Australia, el “Australia’s Oceans Policy” tiene líneas de acción para el establecimiento de un conjunto de indicadores que permitan evaluar la salud de los ecosistemas marinos y la implementación de un manejo adaptativo que sea flexible según los patrones de cambio revelados por este conjunto de indicadores (National Oceans Office, 2004). Seis áreas son el objetivo principal de este plan (Foster et al., 2005):

- 1) las características físicas y biológicas importantes para la región
- 2) los usos humanos en la región

- 3) los impactos que pueden afectar al sistema natural
- 4) los valores culturales y de la comunidad en la región
- 5) los usos y valores indígenas
- 6) los acuerdos institucionales para la gestión.

El primer plan regional fue implementado en el año 2004, el “South East Regional Marine Plan” (Vince, 2006), centrado en estas seis líneas principales. Los planes regionales incluyen el desarrollo de indicadores de sostenibilidad y la definición de los requerimientos de monitoreo de estos indicadores (Tsamenyi and Kenchington, 2012). Hasta el momento, la información geofísica ha sido la principal fuente de información utilizada para caracterizar hábitats en la región e informar a los gestores de la diversidad de hábitats/ecosistemas que deben estar representados en la red de AMP.

El gobierno canadiense impulsó la iniciativa “Canadian National Environmental Indicator Series (CNEIS)”, publicando un informe llamado Señales Ambientales (Environmental Signals Canada, 2003). Se incluyen hasta **45 indicadores**, incluyendo (ver Ellis et al., 2010):

- 1) diversidad
- 2) presencia de especies en riesgo
- 3) captura total de especies por pesca
- 4) producción de energía limpia y
- 5) presencia de sustancias químicas en el agua

Los indicadores planteados se dividen en dos grandes grupos: 1) indicadores generales del estado del océano y 2) indicadores para evaluar el progreso hacia la sustentabilidad y resiliencia de los océanos y costas (Kerney et al., 2007; Ellis et al., 2010). Adicionalmente, el “Canadian Healthy Ecosystem Network” (<http://chone.marinebiodiversity.ca>) es un **consorcio entre academia y gobierno para desarrollar una red de monitoreo en aguas nacionales** (Ricketts and Harrison, 2007; Snelgrove et al., 2012) y poder compilar el conocimiento existente sobre la biodiversidad de costas y océanos del país. La **estrategia se adapta a cada región e incluye inventarios de biodiversidad**, desarrollo de nuevas técnicas de obtención de información (p. ej. captura de imágenes submarinas), conectividad poblacional, distribución de organismos clave, dinámica de las poblaciones explotadas, y la adopción de modelos ecosistémicos para evaluar cambios potenciales en diversos escenarios futuros (Snelgrove et al., 2012).

En el contexto de la Directiva Marco Europea (MSFD), la implementación del programa de monitoreo es responsabilidad de cada país, pero existe un equipo técnico asesor que realiza recomendaciones. Para la evaluación del estado de los ecosistemas (GES) se han **definido 11 descriptores** (http://ec.europa.eu/environment/marine/good-environmental-status/index_en.htm):

- 1) diversidad biológica
- 2) especies no indígenas

- 3) poblaciones de especies comerciales (abundancias)
- 4) estructura de las cadenas tróficas
- 5) eutrofización
- 6) integridad de comunidades bentónicas
- 7) alteración en las condiciones hidrográficas
- 8) contaminantes en agua y sedimentos
- 9) contaminantes en alimentos para el consumo humano
- 10) basura marina
- 11) introducción de energía incluida el ruido submarino.

El reto al que se enfrentan los países de la CE es alcanzar un consenso para lograr un monitoreo a nivel regional del estado y tendencia de estos indicadores (Rice et al., 2012). Recientemente, se ha impulsado el manejo integrado espacial (ICZM) como una solución para operacionalizar el MSFD. Sin embargo, esta iniciativa aún no está completamente operativa y para analizar los bloques de información propuestos como importantes, se necesita crear bases de datos espaciales y generar grupos de indicadores a nivel regional. Las acciones futuras que se han propuesto, entre otros objetivos, se centran en consolidar un protocolo de monitoreo que genere bases de datos de libre acceso y en recopilar información socio-económica que se pueda combinar con los datos biofísicos (Meiner, 2010; Ekebom, 2013).

En Estados Unidos el “National Policy Implementation Plan” abarca diversos frentes, principalmente centrados en asegurar 1) la sustentabilidad de la economía marina y 2) la resiliencia de los océanos evaluando los efectos del cambio climático, acidificación y pérdida de hábitats costeros. Estas acciones se basan en una planificación regional, para adaptarse a las necesidades económicas, culturales y ecológicas de cada región. Los Estados tienen el compromiso de haber implementado sus planes de manejo en el 2016. La implementación piloto se realizó en el año 2009 en el “California Current Large Marine Ecosystem”. Actualmente hay otras iniciativas formalizadas en el Golfo de México, Alaska, las Islas Pacíficas y la plataforma continental del noreste. El éxito de estas iniciativas ha consistido en la adopción de un protocolo estandarizado que permite una coherencia a nivel nacional, pero también una flexibilidad regional (Samhuri et al., 2013). Las iniciativas incluyen la *selección de indicadores realizada en talleres con grupos de usuarios*. Como base, se seleccionaron **9 indicadores que capturan el estado y los procesos clave de los componentes ecológicos y sociales** (Levin et al., 2009), incluidos (<http://www.nefsc.noaa.gov/publications/crd/crd1207/crd1207.pdf>):

- 1) temperatura y salinidad superficiales,
- 2) estratificación
- 3) abundancia de fitoplancton
- 4) volumen de zooplancton
- 5) biomasa de peces
- 6) razón entre biomasa de peces pelágicos y demersales,
- 7) talla media de especies comerciales,
- 8) desembarco de invertebrados y de peces
- 9) nivel trófico medio de las capturas.

Además, se están desarrollando modelos ecosistémicos de predicción de patrones de cambio en los indicadores frente a diversos escenarios futuros de pesquerías, clima y energía (<http://www.noaa.gov/iea/>). Por otra parte, el organismo nacional de investigación marina (NOAA) tiene como hoja de ruta implementar de forma generalizada un manejo integrado, siguiendo un proceso mediante al cual se establecen objetivos de manejo (centrados en EBM, se definen indicadores, se analiza el estatus de los ecosistemas marinos, las tendencias y los riesgos, y se evalúan alternativas potenciales de escenarios de manejo futuros (Levin et al., 2009; Samhuri et al., 2013).

En resumen, no existe un consenso a nivel mundial con respecto a cuáles deben ser las variables e indicadores a utilizar en los programas de monitoreo y de evaluación del estado de los océanos. Pero hay un conjunto de variables “primarias” que son medidas localmente y que se repiten a través de las distintas propuestas, y un conjunto de variables más agregadas o indicadores que se comparten entre las distintas iniciativas. La inclusión de uso u otros en los distintos programas depende, obviamente, no solamente de su valor científico o validado como indicador de “largo plazo” o “indicador temprano”, sino que también de la disponibilidad de la información en las distintas regiones del océano. Según diversas publicaciones (UNESCO, 2003; Díaz et al., 2004; Reza and Abdullah, 2010; Rice et al., 2012), los requerimientos básicos para indicadores del estado o integridad de los ecosistemas, y que se recogen aquí como las propiedades deseables de los indicadores propuestos en la siguiente sección, son los siguientes (Cuadro 7):

Cuadro 7. Características generales que deben reunir los indicadores del estado del ecosistema o integridad del océano generados en una red de monitoreo

- Fácilmte medibles
- Sensibles a la/las fuentes de impacto existentes
- Respuesta predecible al impacto
- Detector temprano del cambio de manera que se pueda actuar para evitar o minimizar este cambio
- Funcional a lo largo de los gradientes de impacto principales
- Que no responda de forma errática en escenarios de muestreo realistas
- Relacionado con los objetivos de manejo principales
- Justificable científicamente

6.3.5. Indicadores de alerta temprana y de umbral de cambio utilizados en el mundo

Mención especial merecen los indicadores de “alerta temprana”. Una de las características deseables de los indicadores resumidos en la Cuadro 7, es la de ser “Detectores tempranos del cambio de manera que se pueda actuar para evitar o minimizar este cambio”. Nuestra capacidad para detectar cambios abruptos o marcados ha mejorado significativamente en las últimas décadas (e.g. Shcheffer et al., 2001, 2011, Barnosky et al., 2012). Con la mayor disponibilidad de bases de datos de largo plazo también ha mejorado mucho la capacidad para detectar cambios graduales de largo

plazo (ej. Chávez et al., 2011, Garcia-reyes & argier 2010). Sin embargo, la detección de señales tempranas de cambio es aún muy limitada. La importancia de las señales tempranas reside en la detección de un cambio potencial en el ecosistema antes de que este sistema sobrepase un umbral de cambio, a menudo a un estado alterno y degradado (Scheffer et al., 2009; Carpenter et al., 2011). Actualmente, aunque se ha propuesto varias aproximaciones teóricas (ej. Andresen et al., 2009, Biggs et al., 2009, Brock et al., 2010, Kéfi et al., 2013), el único modo seguro y “confiable” de detectar un umbral es traspasarlo (Lindgren et al., 2012), por lo tanto, la identificación de estas señales tempranas es esencial para el éxito a largo plazo de los diferentes marcos de actuación para la conservación de los ecosistemas marinos.

A pesar de la falta de conocimiento necesario para identificar señales tempranas de cambio asociadas a la mayoría de ecosistemas marinos, la existencia de largas series temporales, o datos que cubran un amplio gradiente de presión espacial, pueden permitir identificar patrones de cambio (p. Ej Diaz 2001; Thrush et al., 2012; Jacques 2015). La evaluación de estas series temporales es esencial para poder incrementar nuestro conocimiento sobre la dinámica de los ecosistemas marinos y costeros y poder identificar señales tempranas de cambio que eventualmente serán incorporadas a la red de monitoreo. Los planes de acción existentes, indirectamente incluyen series temporales largas (generalmente asociados a parámetros físicos, p. ej., concentraciones de oxígeno, o a las pesquerías, p. ej. biomasa desembarcada, tamaños de los individuos, estado trófico), cuyo análisis puede ayudarnos a identificar umbrales de cambio e incrementar nuestro conocimiento para la selección de señales tempranas que nos avisen antes de alcanzar estos umbrales de cambio (Cairns, 2004; McNeil and Matear, 2008; Côte and Darling, 2010).

6.3.6. Estándares y protocolos existentes sobre la toma y calidad de datos en los programas de monitoreo existentes en Chile

Como hemos presentado en la sección anterior, no existen en el mundo indicadores únicos y universalmente aceptados para la evaluación del estado de conservación de la biodiversidad, los servicios ecosistémicos que ésta brinda y la salud de océano. Por ende, no existen métodos únicos o universalmente aceptados para el levantamiento de la información primaria. Hay muchas recomendaciones con respecto al diseño de una red de monitoreo (ej. si debe tener estructura espacial anidada o no, cuál es la cobertura espacial y frecuencia de muestreo ideal para abordar ciertas problemáticas, etc.). También hay protocolos establecidos y continuamente revisados para la medición de algunas variables climáticas e hidrobiológicas (ej. medición de pH y alcalinidad del océano (ej. Riebesell et al., 2010), y estándares para la calibración de la instrumentación. La mayoría de estos estándares y protocolos aplican a la obtención variable físico-químicas y principalmente mediante sistemas automatizados, y no existen protocolos

universalmente aceptados para la obtención de datos de biodiversidad biológica. Como es de esperar, hay pocos datos de biodiversidad biológica en Chile que son automatizados (uso de alguna instrumentación) y menos aun los que usan información remota (ej. uso de imágenes MODIS para clorofila superficial) o telemetría (ej. imágenes de video, registro de vocalizaciones de ballenas) (Fig. 22). El uso de La instrumentación in situ o análisis de información remota se usa principalmente para la medición de variables ambientales climáticas y oceanográficas (Fig. 22). En estos casos, es posible verificar si los instrumentos de medición cumplen con los estándares de precisión y calibración recomendados.

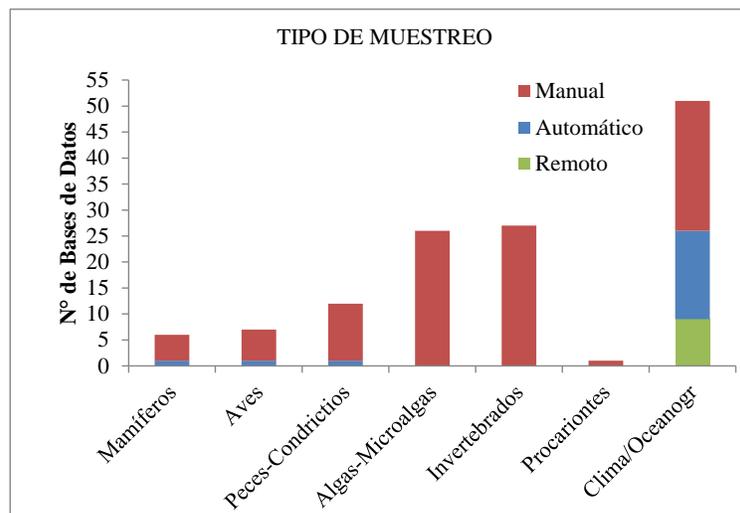


Fig.22.

Como se indica más arriba, tal vez la mejor garantía de aceptabilidad y repetibilidad de los métodos y protocolos utilizados en la generación de series de tiempo de biodiversidad es que una gran parte de los datos generados en universidades y centros de investigación forman parte de publicaciones científicas y por ello han pasado un escrutinio mínimo de aceptabilidad por la comunidad científica. En general, las bases de datos generadas en las universidades y centros de investigación están a cargo de investigadores activos que tienen preguntas científicas específicas y/o desean evaluar tendencias de largo plazo en los ecosistemas de estudio y, por ello, utilizan diseños de muestreo, tamaños muestrales y protocolos de análisis similares a los usados en otras partes del mundo.

7. Propuesta de variables a considerar e indicadores de la Red de Monitoreo de la Biodiversidad Marina e Integridad del Océano en Chile

El conjunto de indicadores propuestos para la red de monitoreo tiene como fuente de referencia los protocolos adoptados y consolidados en otras regiones, e incorpora el conocimiento existente en Chile. Este conjunto de indicadores deberá cubrir los cuatro puntos anteriores, de manera que debe informar de:

- 1) las fuentes de presión existentes y la capacidad de resiliencia del sistema,
- 2) el estado actual del sistema y de la tendencia de cambio.

Para establecer una relación entre usos humanos e integridad del ecosistema, los indicadores deberían medir el estrés del sistema (p. ej., rango de distribución de las especies, cantidad de oxígeno disuelto, presencia de contaminantes) y la condición del sistema (p. ej., talla media de especies comerciales, extensión de los bosques de macroalgas, conectividad entre poblaciones) (Comer and Faber-Langendoen 2013). Además, deben capturar aquellos atributos estructurales y funcionales del ecosistema que puedan estar amenazados por las presiones humanas existentes (p. ej.: a) existencia de puertos: presencia de especies invasoras, condiciones de eutroficación, blooms de algas; b) presencia de vertidos: contenido de oxígeno en sedimento y supra-bentos; c) impacto físico como dragado o arrastre: presencia de especies bio-ingenieras). Esta selección específica de indicadores se puede realizar mediante talleres de expertos.

Adicionalmente, con la finalidad de integrar todos los componentes del ecosistema (ecológicos y socio-económicos), los indicadores deben estar relacionados con la provisión de servicios (MEA, 2005; <http://millenniumassessment.org/en/Reports.html>):

- Servicios de provisión: en relación a la extracción de recursos marinos (p. ej. CPUE y talla media de la captura).
- Servicios de regulación: en relación a la regulación de procesos del ecosistema (p. ej. protección de las costas por medio de hábitats costeros naturales, reclutamiento y conectividad poblacional, reciclaje de nutrientes).
- Servicios de soporte: en relación a funciones principales del ecosistema, (p. ej. producción primaria, reciclaje de nutrientes, provisión de hábitats).
- Servicios culturales: en relación al valor de los ecosistemas para la sociedad (p. ej. espacios de recreación, presencia de comunidades indígenas, valor educativo de un lugar).

La red de monitoreo debe iniciarse con series de datos disponibles, complementada con conocimiento de expertos, y debe ser flexible, de modo que permita incluir más datos a

medida que se incremente el conocimiento científico. Para evaluar el estado actual y la tendencia de cambio, los indicadores se deben contrastar con un estado de referencia, sin embargo, el estado de referencia de muchos ecosistemas será difícil de definir debido a la explotación de recursos costeros y marinos desde tiempos históricos, o a la falta de series temporales largas. Siempre que sea posible, se puede definir como referencia aquellas zonas con características ambientales similares (físicas y biológicas) pero con una presión humana histórica significativamente interior (p. ej. AMP y AMERB).

Cuadro 8. Lista de indicadores propuestos

Tema	Pregunta	Ejemplo indicadores
Integridad Ecológica	¿Cómo afectan los múltiples usos humanos el ecosistema?	Biodiversidad (riqueza de especies, diversidad)
		Especies clave (funcional), (depredadores, formadores de hábitat)
		Especies vulnerables
		Especies exóticas
		Tramas tróficas
		Estructura de tallas
		Presencia de químicos
		Euroficación y HAB's
Basura marina		
Servicios del Ecosistema	¿Cómo amenaza los usos humanos y CC la provisión de SE de Provisión?	Biomasa de peces
		Biomasa de macroalgas comerciales
		Desembarques
		CPUE
		Número de caletas de pescadores
		Diversidad de especies capturadas
		Tamaños de especies capturadas
		Biomasa exportada de pesquerías
		Biomasa exportada de acuicultura
	¿Cómo amenaza los usos humanos y CC la regulación de SE de Regulación?	Conectividad poblacional
		Reclutamiento efectivo
		Zonas de crianza
		Consumo de biomasa (estructura trófica)
		Porcentaje hábitat bajo protección

**Diagnóstico del monitoreo de la biodiversidad de Chile en el contexto del Cambio Climático:
Sistemas Marinos**

	¿Cómo amenaza los usos humanos y CC la regulación de SE de Soporte?	Disponibilidad (abundancia) hábitat biogénico
		Productividad primaria
		Concentración Nutrientes
		Estratificación
	¿Cómo amenaza los usos humanos y CC la regulación de SE de Culturales?	Turismo
		Recreación
		Usos tradicionales
Cambio Climático	¿Cómo afecta el CC la diversidad y estructura de los ecosistemas?	Temperatura
		Estratificación
		Oxígeno disuelto
		pH, alcalinidad
		Oleaje
		Vientos predominantes
		Mortalidades masivas
		Abundancia especies migratorias
		Patrones de abundancia especies dominantes
		Límites geográficos de especies
Biodiversidad	¿Cómo afectan los usos humanos y la CC la diversidad marina?	Especies raras
		Diversidad infauna marina
		Endemismo
Presión Antrópica (huella humana)	¿Cuál es la intensidad espacial y temporal de la huella humana?	Actividad portuaria
		Número de caletas
		Indicadores de contaminación Química
		Centros (número) de acuicultura
		Antibióticos usados en industria salmonera
		Número y área de AMERB's

8. Identificar potenciales usuarios y/o proveedores de datos para el sistema de monitoreo de la biodiversidad marina y cambio climático (Objetivo 1.6 de la Consultoría)

8.1. Sobre la necesidad de conformar Consorcios Público-Privados entre el SNB y Universidades y Centros de Investigación.

Del análisis presentado anteriormente se concluye que en el ambiente marino:

1. No existen reparticiones del estado que generen o mantengan bases de datos primarias de biodiversidad de especies
2. Las bases de datos biológicas mantenidas por reparticiones de derecho privado consideradas parte del estado, corresponden a datos de desembarques pesqueros, o pesca de investigación de un subconjunto de especies generadas por IFOP. La mayoría de éstas corresponde a especies pelágicas, pero también algunas pesquerías bentónicas costeras (ej. pesquería de erizos en el sur de Chile) y pesquería incidental. Para proveer algunos indicadores de servicios ecosistémicos propuestos arriba, será fundamental incorporar y posiblemente expandir estas bases de datos en la RMBM –IO.
3. Al respecto y como se discute más abajo, resulta crítico poder generar bases de datos de monitoreo de la gran diversidad de pesquerías artesanales del país y que ni SUBPESCA ni Sernapesca generan datos que puedan ser incluidos en la red de monitoreo.
4. Otras bases de datos biológicas mantenidas por organismos del estado tienen una clara orientación hacia la prevención de la salud humana, como el Programa de Monitoreo de *Alexandrium catenella* de SRENAPESCA, o el de concentración de metales y tóxicos en tejidos de organismos marinos costeros del programa POAL de la DIRECTEMAR. Ambos programas serán importantes al momento de proveer indicadores de “salud de océano”.
5. Aparte del programa POAL, la DIRINMAR no realiza estudios o monitoreos de biodiversidad marina, excepto en los casos de contaminación aguda, como derrames de petróleo.
6. El Servicio Hidrográfico y Oceanográfico (SHOA) de la Armada de Chile provee una base de datos ambientales climáticos y oceanográficos que deben conectarse a una futura RMBM-IO, pero no realiza ningún monitoreo de biodiversidad marina.

Por lo anterior, y considerando:

1. Que la toma de datos de biodiversidad supone un grado de expertise no menor tanto en taxonomía como en diseño de muestreo (Fig. 10) y que por lo tanto,

generar estas capacidades en las reparticiones públicas importa una inversión de muy largo plazo para el Estado.

2. Que el número de profesionales tiempo parcial y tiempo completo involucrados en la generación de las bases de datos existentes fluctúa entre 2 y 12 dependiendo del grupo taxonómico (Anexo 4).
3. Que el Servicio de Nacional de Biodiversidad (actualmente en revisión para su creación), en donde deberá estar alojada la RMBM-IO, no está pensado como un gran instituto de investigación del estado, sino más bien como un ente
4. Que el grado de infraestructura y equipamiento para levantar las bases de datos existentes por parte de la academia y centros de investigación se considera, en su mayoría, como apropiado o al menos suficiente (Anexo 4)

Se concluye que la Red de Biodiversidad Marina e Integridad del Océano debe estar fundada en 1) colaboración inter-ministerial en donde el SNB del MMA actúa como ente concentrador y coordinador de la red, y 2) un consorcio público-privado entre el Servicio Nacional de Biodiversidad y los investigadores en Universidades y centros de Investigación. La figura 23 representa la estructura administrativa que puede tener la RMBM-IO. Es recomendable estudiar la estructura y realizar un seguimiento de la Canadian Healthy Ecosystem Network (<http://chone.marinebiodiversity.ca>) de Canadá, que es un es consorcio entre academia y gobierno para desarrollar una red de monitoreo en aguas nacionales.

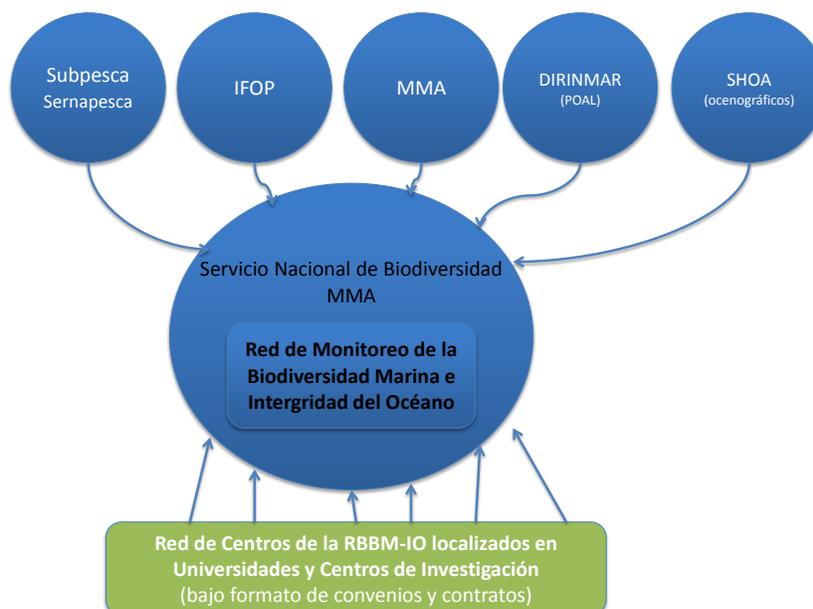


Fig . 23

8.2. Identificación de potenciales proveedores de datos

La estructura de la red bipartita entre las bases de datos disponibles y el tipo de dato obtenido (Fig. 24) deja muy claro el sesgo de las reparticiones del Estado por datos climáticos y oceanográficos y datos de pesquerías. Mientras que muy pocas bases de datos en universidades y centros de investigación consideran datos pesqueros.

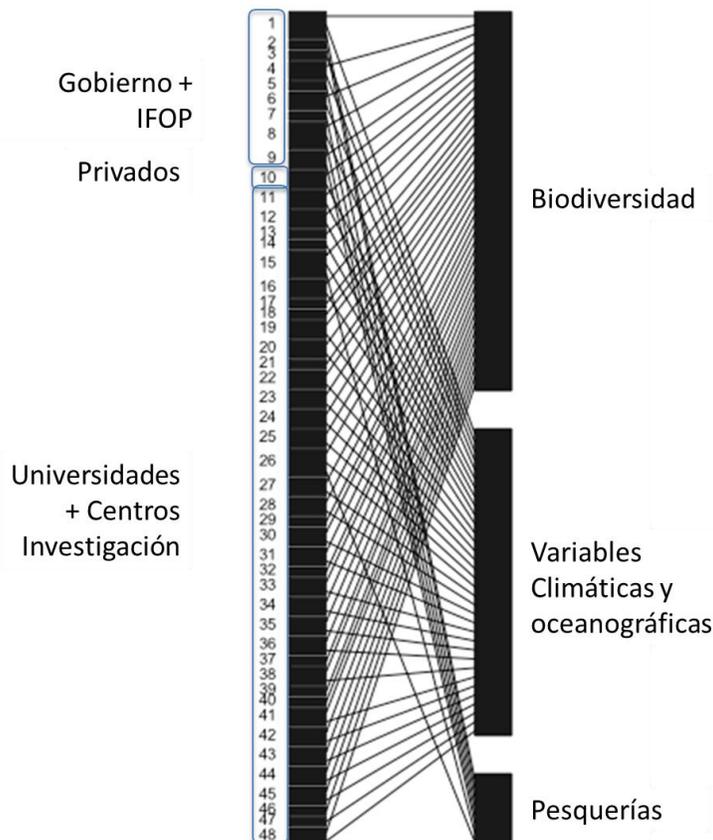


Fig.24.

Así, las bases de datos # 1-9, deben formar parte de la red ya que representan datos de pesquerías valiosos para realizar estimaciones de Provisión de Alimentos y son generadas por mandato. Es decir son financiadas con fondos del Estado de largo plazo. Se deben considerar aquí también las bases de datos #15 y #26, generadas por investigadores en Universidades. Por otra parte, la mayoría de las bases de datos en universidades y centros de investigación contienen tanto datos de biodiversidad como de variables ambientales en los mismos sitios, lo que es invaluable para entender impactos climáticos sobre la biodiversidad, pero esto no ayuda discriminar o priorizar entre ellas.

De este primer análisis preliminar se identifican en la Cuadro 9 las siguientes bases de datos como importantes de ser consideradas en la RMBM-IO.

Cuadro 9. Bases de datos a considerar como parte de la RMBM-IO resultantes de primer análisis preliminar de la información basado en el tipo general de datos recolectados.

Código Base de datos	Pertenencia	Tipo de dato	Principal Servicio Ecosistémico
2-9, 15, 26	IFOP, Universidades	Pesquerías	Provisión alimentos
1, 9 y 10	Sernapesca, Universidades	HAB's	Salud Océano Cambio climático
22, 6, 26, 28, 30, 31, 33, 38, 41, 43	Universidades	pH del océano	Cambio Climático
Red POAL	DIRINMAR	Contaminación	Salud Océano
Red datos SHOA	CENDHOC-SHOA	Clima- Oceanografía	Cambio Climático

Dadas las grandes consecuencias que puede tener la acidificación del océano sobre la vida en el mar, resulta imperioso el generar en Chile una red de monitoreo de pH y alcalinidad del océano, y recoger la información existente en las bases de datos indicadas en la Cuadro 9 y posiblemente otras (ej. Centro EULA U de Concepción) no incluidas en nuestra muestra.

Por sobre el análisis de cobertura espacial y taxonómica de las bases de las iniciativas de monitoreo que sigue a continuación, se debe resaltar que las Áreas Marinas Protegidas, bajo cualquiera de los estatus de protección existentes en el país, deben contar con programas de monitoreo y esta información debe naturalmente formar parte de la RMBM-IO. Es importante notar de las Áreas Costeras Marinas Protegidas d Múltiples Usos (AMCP) que deben presentar plan de manejo, la creación de áreas marinas protegidas en Chile no se ha asociado a programas de monitoreo o evaluación de sus efectividad como instrumentos de conservación de la biodiversidad o de manejo. Además, es nuestro entender que la única AMCP con programas de monitoreo y evaluación vigentes es la de la Estación Costera de Investigaciones Marinas de las Las Cruces.

Uno de los aspectos más importantes a considerar en una red de monitoreo de biodiversidad es la cobertura o diversidad de taxa que son incluidos en los programas de monitoreo, especialmente a nivel de especies. En la Figura 25 se muestra la cobertura de los grandes taxa de invertebrados que son considerados en las bases de datos existentes en nuestra muestra.

**Diagnóstico del monitoreo de la biodiversidad de Chile en el contexto del Cambio Climático:
Sistemas Marinos**

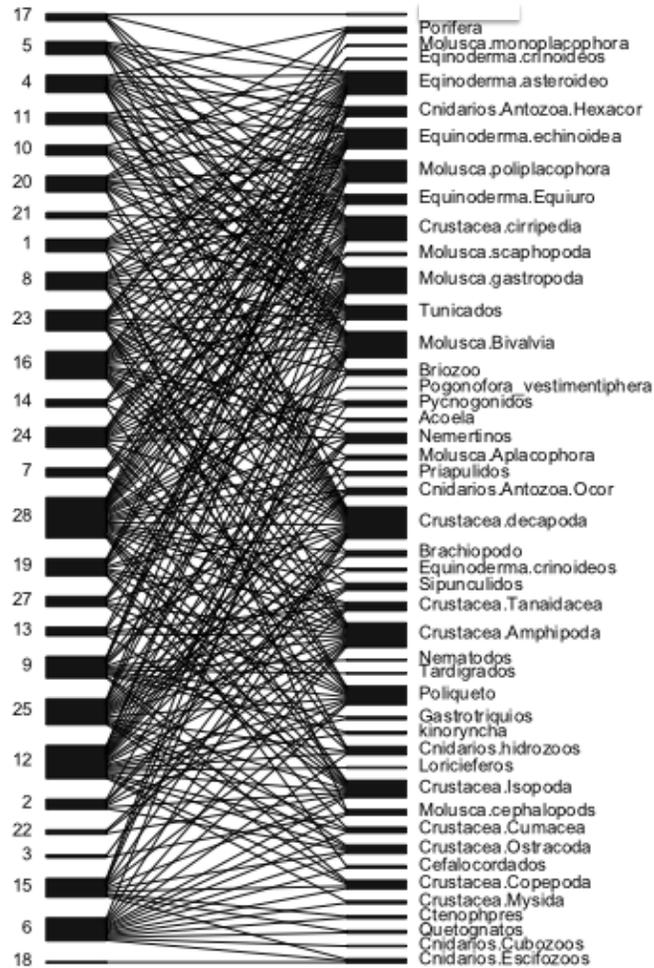


Fig. 25.

En esta y las otras figuras, el ancho del rectángulo que representa la base de datos (a la izquierda en la red bipartita) es proporcional a su grado, que en este caso es el número de taxa distintos que son monitoreados. Por otra parte, el ancho del rectángulo en el taxa (a la derecha de la red) es proporcional al número de bases de datos distintas que incluyen monitoreo de ese taxa. La figura muestra que existe bastante diferencia en la diversidad de taxa considerados en las bases de datos y que hay un número no menor de taxa que están considerados en solamente una base de datos. Similarmente, la Figura 26 muestra la diversidad de taxa de peces teleosteaos, condriictios y macro algas que son incluidas en los programas de monitoreo.

**Diagnóstico del monitoreo de la biodiversidad de Chile en el contexto del Cambio Climático:
Sistemas Marinos**

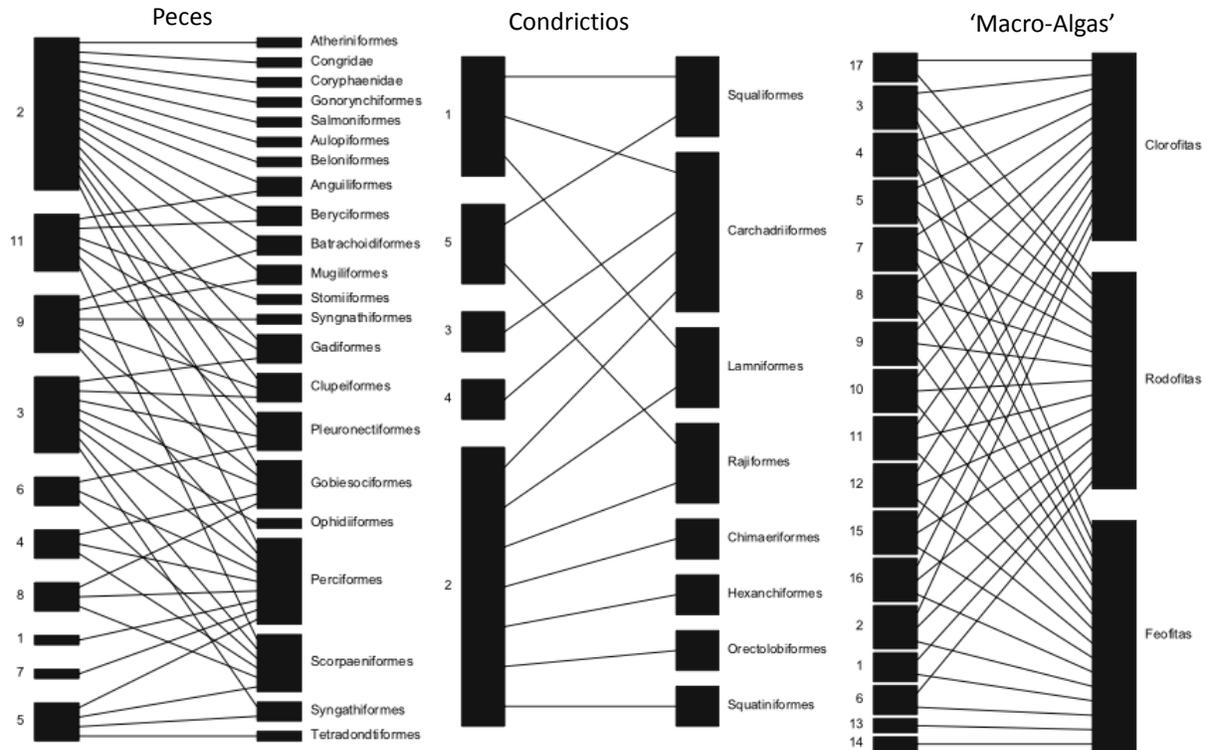


Fig. 26.

Este nivel de resolución no es útil para seleccionar bases de datos de macroalgas que sean particularmente importantes de incluir. Se debe entonces considerar ya sea la cobertura espacial o el número de especies de cada base de datos para priorizar entre las bases de datos de macroalgas. Algo similar ocurre en el caso de las 'microalgas' (Fig. 27), en donde la mayoría de las bases de datos incluyen entre 2 y 4 grandes taxa en el monitoreo. En este caso la red bipartita sí muestra claramente que las diatomeas y los dinoflagelados son los grupos más frecuentemente incluidos en las bases de datos.

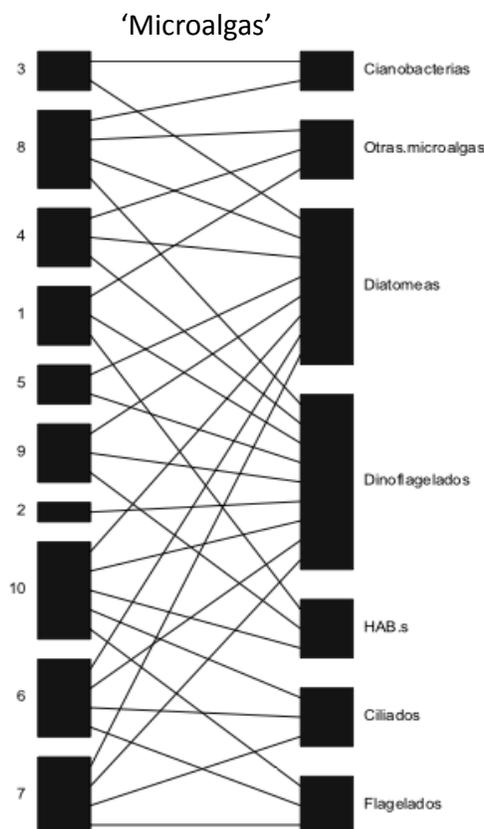


Fig. 27.

De este segundo análisis preliminar es entonces posible identificar como prioritarias las bases de datos que se presentan en la Cuadro 10.

Cuadro 10. Bases de datos a considerar como parte de la RMBM-IO resultantes del segundo análisis preliminar de la información, basado en la diversidad de taxa de los principales grupos de organismos marinos y/o en que son las únicas en considerar un taxa en particular.

Código Base de datos	Pertenencia	Razón	Principales Servicios Ecosistémicos
4, 23, 16, 24, 28, 25, 12, 6, 15	IFOP, Universidades	Diversidad taxa Invertebrados	Diversidad y abundancia de especies
12, 17, 24, 16, 27, 28, 9, 25,	Universidades	Taxa de invertebrados únicos	Diversidad (potenciales especies raras)
2, 3, 11, 9	Subpesca, Universidades	Diversidad taxa Osteictios	Diversidad y abundancia de especies, Provisión alimentos
2, 3, 5	SUBPESCA, MMA, IFOP	Taxa únicos de Osteictios	Diversidad, Provisión alimentos
1, 2, 5	Sernapesca, Subpesca, IFOP	Diversidad taxa de condriictios	Diversidad, provisión alimentos

En términos de cobertura espacial de la red de monitoreo, se debe considerar tanto la representación de las distintas ecoregiones del país, como la intensidad de sitios de muestreo. Desde el punto de vista de representatividad de ecoregiones (ver Fig. 19), la única base de datos de Juan Fernández, las dos bases de datos de Isla de Pascua y las tres de Chonos en la subdivisión de la ecoregión de Fiordos y Canales) deberían ser consideradas en la RMBM-IO. En términos del número de sitios que cubren y del número de especies que consideran, es posible identificar dos grupos de bases de datos (Fig. 28, Cuadro 11). Un grupo de 6 bases de datos con más de 10 sitios distintos en que se usa el mismo protocolo de muestreo, las que pueden considerar entre unas pocas a más de 100 especies, y otro grupo que incluye más 80 especies en los programas de monitoreo.

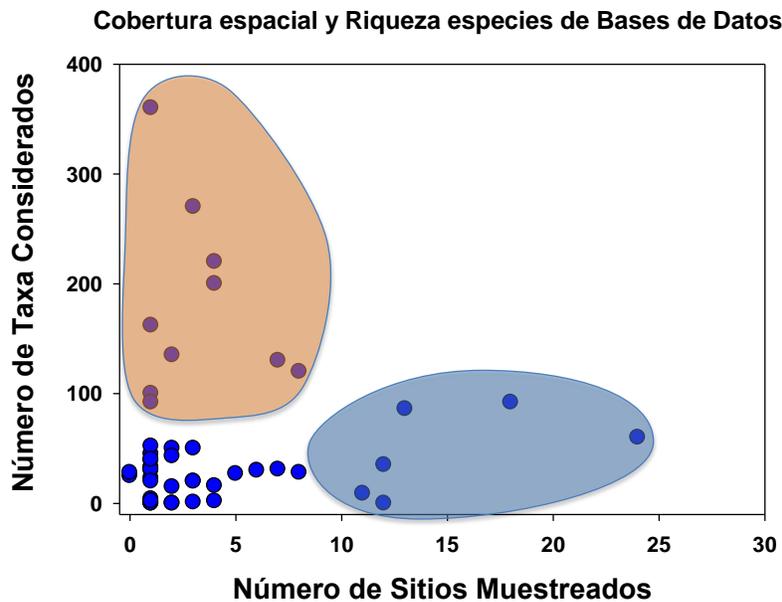


Fig. 28.

Cuadro 11. Bases de datos a considerar como parte de la RMBM-IO resultantes del tercer análisis preliminar de la información, basado en la riqueza de especies consideradas en los monitoreos, su intensidad de muestreo espacial o ubicación biogeográfica.

Código Base de datos	Pertenencia	Razón	Principales Servicios Ecosistémicos/Preguntas
2, 5, 11, 17, 29, 32	IFOP, Subpesca, Universidades	Más de 8 sitios de muestreo	Diversidad y abundancia, variación latitudinal y biogeográfica
4, 6, 11, 12, 13, 15, 17, 22 28, 38, 43, 43, 47	IFOP, Universidades	Más de 80 especies monitoreadas	Diversidad de especies
11	Universidades	Única en ecoregión Juan Fernández	Diversidad de especies, variación biogeográfica
10, 24, 20, 40	Universidades	Únicas en ecoregión Isla de Pascua	Diversidad de especies, variación biogeográfica

8.3. Oportunidades de generación de nuevas bases de datos

1) En Chile existen 30 áreas marinas protegidas bajo distintos estados de protección, de la cuales muy pocas cuentan con programas de monitoreo o algún sistema de evaluación tanto de la efectividad de la medida de protección, como del estado de conservación del área. La Estrategia Nacional de Conservación de la Biodiversidad Marina Costera e Islas Oceánicas (en revisión) muy correctamente plantea la necesidad de crear más de estas áreas en todas la ecoregiones del país. Sin embargo, no se pone suficiente énfasis en que éstas deben ir acompañadas de programa de monitoreo al interior y exterior del área de protección y que esta información debe formar parte de la red de monitoreo. Estos deberían ser las primeras 30 bases de datos de largo plazo de la RMBM-IO. Hasta el momento, ese esfuerzo de monitoreo no se ha realizado y se cuenta con datos esporádicos de algunas de las áreas marinas protegidas administradas por el estado de Chile.

2) Tanto del análisis de indicadores utilizados en programas mundiales de conservación de biodiversidad, como del análisis de las necesidades de información por parte de los tomadores de decisión en Chile, resulta claro que indicadores de biodiversidad relacionados a la provisión de alimento son de suma importancia en una red de monitoreo. Se debe notar que las bases de datos de pesquerías manejadas por IFOP, la Subsecretaría de Pesca, o algunos investigadores en universidades corresponden en su gran mayoría a pesquerías industriales y excepcionalmente a la pesquería del erizo en el sur de Chile. Pese a su enorme importancia en términos de provisión de alimentos, sus impactos directos sobre la biodiversidad costera y sobre

muchos otros servicios ecosistémicos directamente relacionados a biodiversidad, no existen en Chile programas de monitoreo de las pesquerías artesanales de fondo marino. Esta es una deficiencia extremadamente importante, tanto para los esfuerzos país en relación a la conservación de la biodiversidad, como para permitir el manejo sustentable de estos recursos.

Existen alrededor de 700 Áreas de Explotación y Manejo de Recursos Bentónicos (AMERB) solicitadas en Chile y alrededor de 200 operacionales, i.e. con planes de manejo aprobados. A pesar de la obvia conectividad entre AMERB's, cada plan de manejo se administra en forma independiente. El enorme esfuerzo y recursos del Estado y privados destinados a las evaluaciones de stock que solicita la SUBPESCA para proponer los planes de manejo en las AMERBS's no genera bases de datos comparables a lo largo del país (entre AMERB's) o series de tiempo confiables para una AMERB particular. Sin estándares claros de calidad (existe mucha variabilidad entre los consultores que realizan estas evaluaciones de stock), sin protocolos pre-determinados y repetibles en el tiempo (una misma caleta puede cambiar de consultor y de protocolos de muestreo de un año a otro), estos datos no pueden usarse como parte de una Red de Monitoreo de Biodiversidad e Integridad del Océano. Para poder hacer uso de esta información en la RMBM-IO, se debe cumplir lo siguiente:

a) Confección de las “guías de evaluación de líneas base de recursos bentónicos” que deben seguir todas las consultoras que realizan estas evaluaciones en el país. La preparación de estas guías, que además de los protocolos de muestreo deberán establecer el formato de los datos a entregar por las caletas de pescadores, deberá hacerse probablemente a través de licitación pública por parte de SUBPESCA.

b) Acreditación, frente a SUBPESCA, de todas las consultoras que realizan evaluaciones de líneas base para las AMERB's. En este momento sólo se requiere la inscripción de las consultoras en un registro. Se debe entonces establecer los requisitos mínimos para lograr esta acreditación, como el nivel de formación de los profesionales que realizan los muestreos, pero debe ser un proceso simple y no transformarse en una barrera. La Subpesca, en conjunto con el MMA, deben además ser más proactivas en promover la capacitación tanto del personal propio como del personal de las consultoras externas que prestan éstos y otros servicios relacionados a la Biodiversidad. Para ello, las alianzas entre el gobierno y las universidades y centros de investigación del país serán fundamentales.

c) Implementar un sistema de almacenamiento y procesamiento primario de estas bases de datos, la que deberá estar bajo el alero de SUBPESCA y MMA, como parte de Red de Monitoreo de Biodiversidad e Integridad del Océano.

3) En las últimas dos décadas la industria de la acuicultura en Chile ha crecido de manera muy acelerada. En este momento Chile se posiciona como el principal país exportador de especies marinas cultivadas en el mundo occidental. La mayor parte de esta industria, y particularmente toda la industria salmonera que da cuenta de más del 73% de toda la actividad de acuicultura, se desarrolla en la zona de los canales y fiordos, que es la ecoregión del país que por lejos contiene la mayor diversidad de especies (Valdovinos et al., 2003, Fernández et al. 2009). A pesar del demostrado impacto negativo de la industria salmonera en el medio ambiente (Buschmann et al., 2009), los programas de monitoreo de la industria son insuficientes, los estudios científicos groseramente pocos en comparación a la importancia de la industria, y las medidas de regulación ambiental impuestas por el Estado de Chile han sido exiguas, inadecuadas, anticuadas y excesivamente permisibles. El Estado de Chile debe imponer mejor regulación de esta industria, lo que necesariamente incluye nueva legislación, posiblemente nuevos organismos del Estado dedicados a esta industria (Buschmann et al, 2009) y, ciertamente, la exigencia de programas de monitoreo ambiental de primer nivel mundial debe estar disponibles en línea en tiempo cuasi-real. Estos programas de monitoreo de la industria salmonera deberían ser las bases de datos más completas y más actualizadas de toda la RMBM-IO y deberían incluir no solamente datos físico-químicos, sino que también evaluaciones periódicas de estructura trófica de los canales.

4) Hay otras iniciativas de reparticiones públicas del Estado que, aunque en una primera mirada podrían aportar datos muy valiosos a una red de monitoreo, en la práctica han sido mal diseñadas, no cuentan con la infraestructura necesaria para ser operacionales y, terminan más bien representando impedimentos al desarrollo de la investigación científica del país que aportando información y promoviendo el entendimiento científico de nuestra biodiversidad.

a) El programa probablemente mejor diseñado y financiado es aquel establecido por la ley que obliga a que cualquier investigación científica desarrollada en el mar territorial de Chile, debe contar con la autorización escrita del SHOA, y que al terminar el proyecto, deben enviarse un informe a este organismo y los datos en formato digital (CD) al centro CENDHOC. En general cuando se trata de datos físicos que son recolectados por instrumentos de fácil calibración (ej. temperatura) esto puede ser de alguna utilidad. Pero puesto que no existe un formato pre-establecido del tipo de datos a recolectar, ni protocolos que establezcan la manera de recolectar los datos, ni tampoco la entidad puede solicitar a los investigadores que generen además toda la metadata (descripción de los datos) en forma clara y útil (que es un trabajo adicional muy significativo), sólo una pequeña fracción de esta información termina siendo de utilidad para la entidad y una fracción aún menor es de utilidad para la comunidad científica. La inmensa mayoría no

es utilizada ni es utilizable de manera alguna. Ni en estudios científicos, ni en programas de monitoreo.

b) Una situación similar ocurre desde hace pocos años en la Subsecretaría de Pesca, pero sin una estructura clara ni de recepción ni de almacenamiento de los datos. Puesto que para poder realizar investigación científica sobre cualquier organismo marino, que importe recolectar uno ó más individuos, es necesario en Chile contar con un permiso de pesca de investigación emitido por la Subsecretaría de Pesca, el otorgamiento de esta autorización (decreto ley que debe ser publicado en el diario oficial) está sujeto desde hace unos años a la entrega de un informe a la Subsecretaria, y de los datos recolectados durante el proyecto en formato de planilla Excel. A primera vista, esta iniciativa parece interesante y en línea con la idea de generación de bases de datos y conocimiento científico útil para entender nuestra diversidad biológica. Pero en la práctica, es una pérdida de recursos económicos y tiempo tanto por parte de la repartición pública, como de parte de los investigadores en las universidades y centros de investigación. Las bases de datos biológicos, provenientes de distintos proyectos de investigación, con distintas preguntas, recolectadas por distintos investigadores y estudiantes, en distintos sitios y distintos años, usando distintos métodos, distintos niveles de expertise taxonómico, distinta nomenclatura, etc. etc., no son de ninguna utilidad para nadie, excepto como una manera de escrutinio del trabajo ya realizado, lo que ya existe en la comunidad científica. Estas bases de dato seguirán el mismo destino de los datos generados en el Sistema de Evaluación Ambiental (SEA).

Este desgaste de esfuerzos país puede ser transformado en una gran oportunidad si el nuevo Servicio Nacional de Biodiversidad del Ministerio del Medio Ambiente logra modificar estos procesos en acuerdo con estas reparticiones. Para ello, es necesario:

a) Que en base a los datos incluidos en la RMBM-IO, tanto existentes como aquellos deseables para la red (Cuadro 8), se determine qué tipos de datos, y de qué variables serán recogidas por la entidad.

b) Que se determine exactamente el formato en que los investigadores pueden contribuir a estas bases de datos, a través de llenar la metadata de sus observaciones usando alguno de los muchos programas en línea para describir datos.

c) Que las reparticiones públicas inviertan personal y recursos para cubrir los costos de preparar buenas descripciones de los datos, y de realizar la limpieza primaria de las observaciones en conjunto con los investigadores.

9. Normas y protocolos de colaboración e intercambio de datos existentes en implementación o propuestos entre organizaciones públicas, académicas o privadas (Objetivo 1.8 de la Consultoría)

Como hemos indicado, la RMBM-IO deberá estar conformada por distintas reparticiones públicas coordinadas por el SNB del MMA, y por universidades y centros de investigación, quienes deberán proveer datos de alta calidad y confiabilidad a la red. En Chile no existen protocolos generales de colaboración e intercambio de datos entre universidades o entre universidades y reparticiones de gobierno. Sin embargo existen algunos ejemplos de iniciativas puntuales de colaboración entre centros de investigación y reparticiones del Estado de las cuales se puede recoger mucha información y experiencia al momento de generar los protocolos de colaboración público-privados.

El Comité Oceanográfico Nacional (CONA), presidido por el Director de SHOA y con participación de varias universidades chilenas, fija, por ley, las políticas de investigación en ciencias del mar dentro de las 200 millas náuticas de Chile. Ciertamente que sin recursos suficientes para influenciar la investigación en ciencias del mar estas políticas tienen mínimo o nulo impacto en el desarrollo de la investigación científica básica y aplicada en el país. Pero además de fijar estas políticas y prioridades, el CONA planifica, coordina y financia actividades muy específicas de investigación conjunta entre SHOA e investigadores de las universidades y centros de investigación, tales como las expediciones CIMAR fiordos, CIMAR islas. Estas iniciativas público-privadas han generado una cantidad de información muy valiosa que es publicada en revistas locales y almacenada para uso público en el CENDHOC. Este programa tiene ya varios años y representa un modelo de trabajo conjunto exitoso entre una repartición de Gobierno y universidades.

Desde hace más de 20 años se han establecido en Chile cuatro localidades geográficas en donde se ha concentrado un gran esfuerzo de investigación interdisciplinaria en temas de ecología, ecosistemas, impacto humano, y socio-ecología y cambio climático. Estos sitios, tres terrestres (Fray Jorge, Senda Darwin, Omora) y uno marino (Area Marina Costera Protegida de Las Cruces), son parte de la red Internacional de Long-Term Ecological Sites (ILTER), cuyo fin es precisamente promover estudios científicos y generar información científica de alta calidad y de largo plazo, que pueda ser compartida entre los centros y la comunidad científica en general. Nuevos sitios de estudio de largo plazo se están agregando a esta red ILTER. La finalidad de la red ILTER es por lo tanto absolutamente congruente con los objetivos que persigue la RMBM-IO y por ello resulta obvio que los miembros de la red deben ser aliados naturales del SNB para proveer datos e alta calidad y de largo plazo. En el caso del ambiente marino, varias de las bases de datos de monitoreo de variables climáticas y de biodiversidad incluida en nuestra

encuesta pertenecen al LTER de Las Cruces y otros potenciales sitios de la red ILTER. Actualmente se están elaborando los estatutos de esta red ILTER (que hasta ahora ha actuado informalmente), los que definirán los requisitos para ser considerado un sitio de la red y as forma de intercambiar datos. Como todas las otras iniciativas de monitoreo de largo plazo generadas en universidades chilenas, la red ILTER no cuenta con financiamiento dedicado a la mantención de estos programas de monitoreo ni tampoco para hacer datos disponibles a la comunidad científica. Los investigadores interesados deben levantar y/o “desviar” fondos desde iniciativas de investigación concursables de corta duración (3-4 años) y que la mayoría explícitamente prohíbe el financiamiento de programas de monitoreo. Esto es una fragilidad muy importante que debe subsanarse para poder garantizar la mantención de las series de tiempo de largo plazo. Una vía posible es financiamiento basal por parte de Conicyt (inexistente actualmente), dedicado a programas de monitoreo de alta calidad y de importancia científico- pública, que sea posiblemente concursable y renovable contra la mantención y accesibilidad de las bases de datos.

Otro ejemplo puntual de colaboración inter-universitaria es la REDCLIMA (<http://www.ceazamet.cl/>) administrada por el Centro de Estudios Avanzados en Zonas Aridas, CEAZA, quienes elaboraron el software online para compartir metadata y los datos. Aunque siempre resulta más fácil para la comunidad científica el compartir datos climáticos/oceanográficos generados por instrumentación automatizada, como estaciones meteorológicas, esta red de datos inter-institucionales es un buen ejemplo de que una fracción de la comunidad científica del país considera importante el hacer datos disponibles a la comunidad.

La RMBM-IO deberá implementarse gradualmente. El SNB deberá establecer los protocolos de la redes de monitoreo de biodiversidad para almacenar, compartir y hacer disponible datos a la comunidad. Esto incluye la definición de las plataformas informáticas. En una primera etapa, las bases de datos generadas por reparticiones públicas deberían incorporarse a la RMBM-IO, incluyendo las bases de datos de IFOP, SERNAPESCA (HAB's), DIRINMAR (POAL) y SHOA (vientos, SST, oleaje). Aquí es importante determinar si la red reportará el dato primario obtenido por estas reparticiones (ej. desembarques), o el dato pre-procesado para usarlo como indicador de biodiversidad y servicio ecosistémico (ej. biomasa de stock, CPUE).

Al mismo tiempo, se deberán establecer los protocolos y convenios de colaboración público-privada que definirán la forma de colaboración y los compromisos con centros de investigación, que serían incorporados a la red en una segunda etapa. Se sugiere que este protocolo establezca el financiamiento basal contra el cual el centro de investigación se compromete a continuar con los monitoreo y hacer los datos disponibles

para la RMBM desde el momento del convenio. Y que separadamente establezca los mecanismos y plazos en los cuales los investigadores hagan disponibles a la red de monitoreo las series de tiempo históricas, si es que éstas aún o han sido publicadas en su totalidad. Es importante tener en cuenta: 1) que los investigadores han mantenido estos programas de monitoreo por interés científico propio y a través de proyectos concursables, y 2) que más y más las revistas y sociedades científicas internacionales solicitan hacer los datos públicos y de libre acceso una vez que se publican. De manera que un financiamiento basal de largo plazo, aunque no sea grande, podría ser atractivo para los investigadores, especialmente si se trata de las redes de colaboración ya establecidas, como la red de sitios ILTER o aquellas mantenidas por los centros regionales de investigación avanzada (ej. CEAZA, CIEP).

Por último, es importante resaltar la importancia que tendrá el SNB del Ministerio del Medio Ambiente para que los programas existentes efectivamente se consoliden y puedan ser resilientes a cambios en fuentes de financiamiento, pero también a cambios en el personal dedicado en las universidades y centros de investigación. Programas de capacitación conjuntos, gobierno-universidades (ej. diplomados de la especialidad) es una manera de brindar robustez a la RMBM-lo y al propio SNB. Pero el SNB también debe hacer un esfuerzo para que estos programas de monitoreo se extiendan espacialmente (para conformar una red real en el país), y se amplíen gradualmente incorporando nuevos indicadores que se consideren esenciales (Cuadro 8). Tanto el SNB como los participantes de la red, deberán ser flexibles para poder incorporar el nuevo conocimiento científico adquirido que identifique nuevos indicadores esenciales.

10. Referencias

Andersen T, Carstensen J, Hernandez-Garcia E, Duarte CM (2009) Ecological thresholds and regime shifts: approaches to identification. *Trends in Ecology & Evolution* 24:49-57

Biggs R, Carpenter SR, Brock WA (2009) Turning back from the brink: Detecting an impending regime shift in time to avert it. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106:826-831

Brock WA, Carpenter SR (2010) Interacting regime shifts in ecosystems: implication for early warnings. *Ecological Monographs* 80:353-367

Kefi S, Dakos V, Scheffer M, Van Nes EH, Rietkerk M (2013) Early warning signals also precede non-catastrophic transitions. *Oikos* 122:641-648

Backer, H., Leppänen, J. M., Brusendorff, A. C., Forsius, K., Stankiewicz, M., Mehtonen, J., et al. (2010). HELCOM Baltic Sea Action Plan—A regional programme of measures for the marine environment based on the Ecosystem Approach. *Marine Pollution Bulletin* 60(5): 642-649

Bastien-Daigle, S., Vanderlinden, J. P., & Chouinard, O. (2008). Learning the ropes: Lessons in integrated management of coastal resources in Canada's Maritime Provinces. *Ocean & Coastal Management* 51(2): 96-125

Borja, A., Bricker, S.B., Dauer, D.M., Demetriades, N.T., Ferreira, J.G., Forbes, A.T., Hutchings, P., Jia, X., Kenchington, R.A., Carlos Marques, J., Zhu, C. (2008). Overview of integrative tools and methods in assessing ecological integrity in estuarine and coastal systems worldwide. *Marine Pollution Bulletin* 56: 1519–1537

Borja, A., Ranasinghe, A., Weisberg, S.B. (2009). Assessing ecological integrity in marine waters, using multiple indices and ecosystem components: challenges for the future. *Marine Pollution Bulletin* 59: 1–4

Böhnke-Henrichs, A., Baulcomb, C., Koss, R., Hussain, S. S., & de Groot, R. S. (2013). Typology and indicators of ecosystem services for marine spatial planning and management. *Journal of Environmental Management* 130: 135-145

Börger, T., Beaumont, N. J., Pendleton, L., Boyle, K. J., Cooper, P., Fletcher, S., et al. (2014). Incorporating ecosystem services in marine planning: The role of valuation. *Marine Policy* 46: 161-170

Browman, H.I., Stergiou, K.I. (2004). Perspectives on ecosystem-based approaches to the management of marine resources. *Marine Ecology Progress Series* 274: 269–303

Burkhard, B., Opitz, S., Lenhart, H., Ahrendt, K., Garthe, S., Mendel, B., Windhorst, W. (2011). Ecosystem based modeling and indication of ecological integrity in the German North Sea—Case study offshore wind parks. *Ecological Indicators* 11: 168–174

Buschmann AH, Riquelme VA, Hernández-González MC, Varela D, Jiménez JE, Henríquez LA, Vergara PA, Guíñez R, Filún L (2006) A review of the impacts of salmonid farming on marine coastal ecosystems in the southeast Pacific. *ICES Journal of Marine Science* 63:1338-1345

Cairns Jr, J. (2004). Ecological tipping points: a major challenge for experimental sciences. *Asian Journal of Experimental Sciences* 18(1): 1-16

Carpenter, S.R., Cole, J.J., Pace, M.L., Batt, R., Brock, W.A., Cline, T., Coloso, J., Hodgson, J.R., Kitchell, J.F., Seekell, D., Smith, L., Weidel, B. (2011). Early warnings of regime shifts: a whole-ecosystem experiment. *Science* 332: 1079–1082

Chircop, A., & Hildebrand, L. (2006). Beyond the buzzwords: a perspective on integrated coastal and ocean management in Canada. *Towards principled oceans governance—Australian and Canadian approaches and challenges*, 19-71

Côté, I. M., & Darling, E. S. (2010). Rethinking ecosystem resilience in the face of climate change. *PLoS biology* 8(7): e1000438

de Juan, S., Hewitt, J.E., Thrush, S.F., Freeman, D. (2014). Standardizing the assessment of Functional Integrity in benthic ecosystems. *Journal of Sea Research* doi:10.1016/j.seares.2014.06.001

Diaz, R. J. (2001). Overview of hypoxia around the world. *Journal of Environmental Quality* 30(2): 275-281

Diaz, R.J., Solan, M., Valente, R.M. (2004). A review of approaches for classifying benthic habitats and evaluating habitat quality. *Journal of Environmental Management* 73: 165–181

Ekeboom, J. (2013). The long and winding road of the ecosystem approach into marine environmental policies. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 23(1): 1-6

Ellis, M., Gunton, T., & Rutherford, M. (2010). A methodology for evaluating environmental planning systems: A case study of Canada. *Journal of Environmental Management* 91(6): 1268-1277

Fernández M, Astorga A, Navarrete SA, Valdovinos C, Marquet PA (2009) Deconstructing latitudinal species richness patterns in the ocean: does larval development hold the clue? *Ecology Letters* 12:601-611

Ferrol-Schulte, D., Gorris, P., Baitoningsih, W., Adhuri, D. S., & Ferse, S. C. (2015). Coastal livelihood vulnerability to marine resource degradation: A review of the Indonesian national coastal and marine policy framework. *Marine Policy* 52: 163-171

Foster, E., Haward, M., & Coffen-Smout, S. (2005). Implementing integrated oceans management: Australia's south east regional marine plan (SERMP) and Canada's eastern Scotian shelf integrated management (ESSIM) initiative. *Marine Policy* 29(5): 391-405

Granek, E.F., Polasky, S., Kappel, C.V., Reed, D.J., Stoms, D.M., Koch, et al. (2010). Ecosystem services as a common language for coastal ecosystem-based management. *Conservation Biology* 24: 207–216

Harris, P. T. (2007). Applications of geophysical information to the design of a representative system of marine protected areas in southeastern Australia. *Mapping the Seafloor for Habitat Characterisation*, 47: 449-468

Heink, U., Kowarik, I. (2010). What are indicators? On the definition of indicators in ecology and environmental planning. *Ecological Indicators* 10: 584–593

Johnson, D., Benn, A., & Ferreira, A. (2013). Review of ecosystem-based indicators and indices on the state of the Regional Seas. In: Final report presented to the 15th Global Meeting of the Regional Seas and Action Plans, Montego Bay, Jamaica.

Kearney, J., Berkes, F., Charles, A., Pinkerton, E., & Wiber, M. (2007). The role of participatory governance and community-based management in integrated coastal and ocean management in Canada. *Coastal Management* 35(1): 79-104

Lancellotti DA, Vásquez JA (1999) Biogeographical patterns of benthic macroinvertebrates in southeastern Pacific littoral. *Journal of Biogeography* 26:1001-1006

Lee, W., McGlone, M., Wright, E. (2005). Biodiversity inventory and monitoring: a review of national and international systems and a proposed framework for future biodiversity monitoring by the Department of Conservation. Landcare Research Contract Report (No. LC0405/122). Wellington, New Zealand

Levin, P.S., Fogarty, M.J., Murawski, S.A., Fogarty, M.J. (2009). Integrated ecosystem assessments: developing the scientific basis for ecosystem-based management of the ocean. *PLoS Biology* 7: e14

Lindegren, M., Dakos, V., Gröger, J.P., Gårdmark, A., Kornilovs, G., Otto, S., Möllmann, C. (2012). Early detection of ecosystem regime shifts: a multiple method evaluation for management application. *PloS one* 7: e38410.

Martínez-Crego, B., Alcoverro, T., & Romero, J. (2010). Biotic indices for assessing the status of coastal waters: a review of strengths and weaknesses. *Journal of Environmental Monitoring*, 12(5): 1013-1028

McNeil, B. I., & Matear, R. J. (2008). Southern Ocean acidification: A tipping point at 450-ppm atmospheric CO₂. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105(48): 18860-18864

Meiner, A. (2010). Integrated maritime policy for the European Union—consolidating coastal and marine information to support maritime spatial planning. *Journal of Coastal Conservation* 14(1): 1-11.

Nunneri, C., Windhorst, W., Kerry Turner, R., Lenhart, H. (2007). Nutrient emission reduction scenarios in the North Sea: An abatement cost and ecosystem integrity analysis. *Ecological Indicators* 7: 776–792

Ojaveer, H., & Eero, M. (2011). Methodological challenges in assessing the environmental status of a marine ecosystem: case study of the Baltic Sea. *PloS one* 6(4): e19231

Reza, M., Abdullah, S.A., 2011. Regional Index of Ecological Integrity: A need for sustainable management of natural resources. *Ecological Indicators* 11: 220–229

Rice, J.C., Arvanitidis, C., Borja, A., Frid, C.L., Hiddink, J.G., Krause, et al. (2012). Indicators for Sea-floor Integrity under the European Marine Strategy Framework Directive. *Ecological Indicators* 12: 174–184

Ricketts, P., & Harrison, P. (2007). Coastal and ocean management in Canada: moving into the 21st century. *Coastal Management* 35(1): 5-22

Ricketts, P. J., & Hildebrand, L. (2011). Coastal and Ocean Management in Canada: Progress or Paralysis? *Coastal Management* 39(1): 4-19

Rosenberg, A. A. (2005). Regional Governance and Ecosystem-Based Management of Ocean and Coastal Resources: Can We Get There from Here. *Duke Env'tl. L. & Pol'y F.* 16: 179p

Russo, R. C. (2002). Development of marine water quality criteria for the USA. *Marine Pollution Bulletin* 45(1): 84-91

Sainsbury, K., Haward, M. G., Kriwoken, L. K., Tsamemnyi, M., & Ward, T. (1997). Multiple use management in the Australian marine environment: principles, definitions and elements. Contract Report for Environment Australia.

Samhuri, J. F., Haupt, A. J., Levin, P. S., Link, J. S., & Shuford, R. (2013). Lessons learned from developing integrated ecosystem assessments to inform marine ecosystem-based management in the USA. *ICES Journal of Marine Science* 71: 1205-1215

Schallenberg, M., Kelly, D., Clapcott, J., Death, R., Macneil, C., Young, R., et al. (2011). Approaches to assessing ecological integrity of New Zealand freshwater. Department of Conservation, Wellington, New Zealand, p. 40.

Scheffer, M., Bascompte, J., Brock, W.A., Brovkin, V., Carpenter, S.R., Dakos, V., et al. (2009). Early-warning signals for critical transitions. *Nature* 461: 53–59

Snelgrove, P. V., Archambault, P., Juniper, S. K., Lawton, P., Metaxas, A., Pepin, P., et al. (2012). Canadian Healthy Oceans Network (CHONe): An Academic–Government Partnership to Develop Scientific Guidelines for Conservation and Sustainable Usage of Marine Biodiversity. *Fisheries* 37(7): 296-304

Tallis, H., Levin, P.S., Ruckelshaus, M., Lester, S.E., McLeod, K.L., Fluharty, D.L., Halpern, B.S. (2010). The many faces of ecosystem-based management: Making the process work today in real places. *Marine Policy* 34: 340–348

Thrush, S. F., Hewitt, J. E., & Lohrer, A. M. (2012). Interaction networks in coastal soft-sediments highlight the potential for change in ecological resilience. *Ecological Applications* 22(4): 1213-1223

Jacques, P. J. (2015). Are world fisheries a global panarchy? *Marine Policy*: 53, 165-170

Torres, H., Muller-Karger, F., Keys, D., Thornton, H., Luther, M., & Alsharif, K. (2015). Whither the US National Ocean Policy Implementation Plan? *Marine Policy* 53: 198-212.

Tsamenyi, M., & Kenchington, R. (2012). Australian oceans policymaking. *Coastal Management* 40(2): 119-132

UNESCO, 2003. A reference guide on the use of indicators for an integrated coastal management. ICAM Dossier 1—IOC manuals and guides.

Valdovinos C, Navarrete SA, Marquet PA (2003) Mollusk species diversity in the Southeastern Pacific: why are there more species towards the pole? *Ecography* 26:139-144

Van Hoey, G., Borja, A., Birchenough, S., Buhl-Mortensen, L., Degraer, S., Fleischer, D., et al. (2010). The use of benthic indicators in Europe: from the Water Framework Directive to the Marine Strategy Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin* 60: 2187–2196

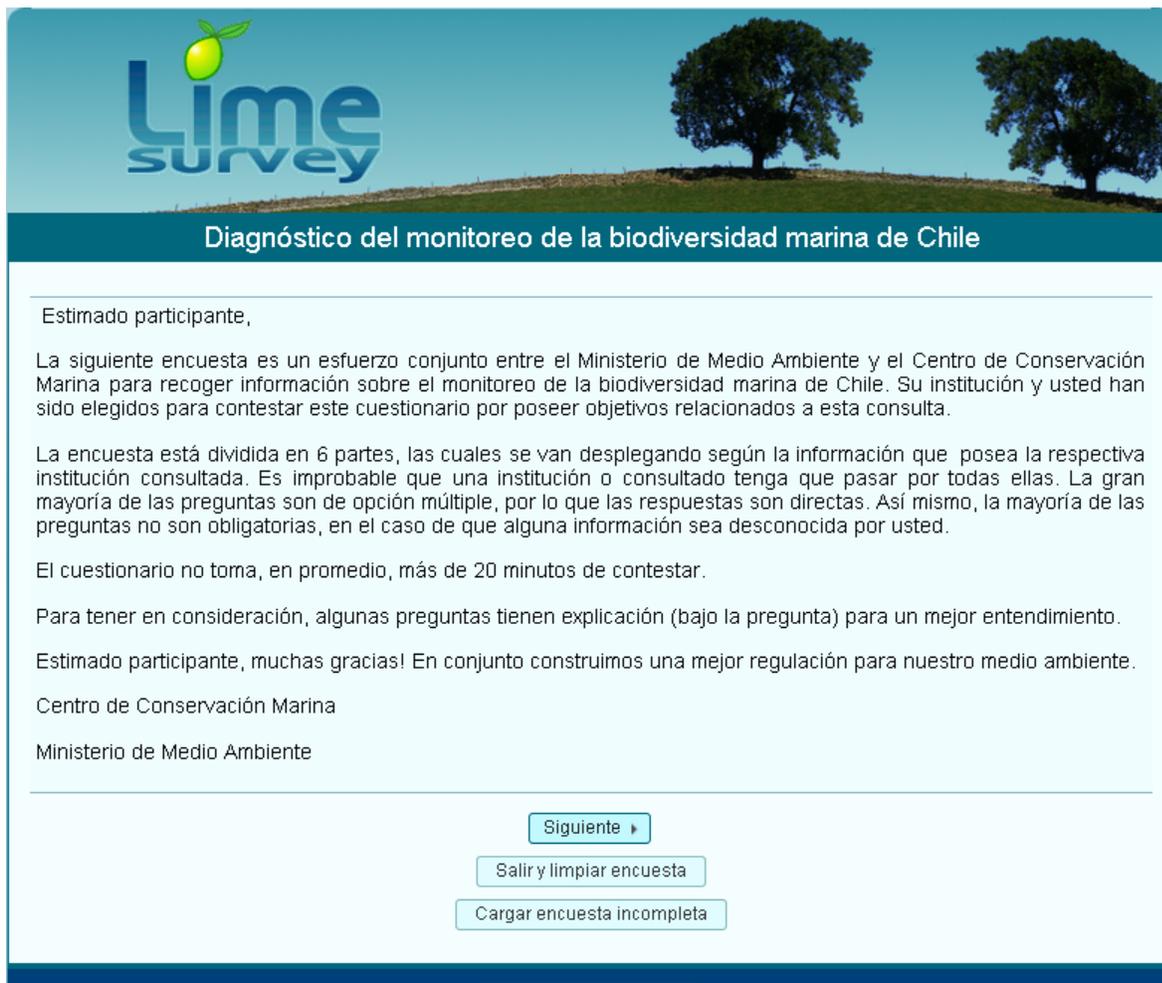
Vince, J. (2006). The south east regional marine plan: Implementing Australia's oceans policy. *Marine Policy* 30(4): 420-430

Wever, L., Glaser, M., Gorris, P., & Ferrol-Schulte, D. (2012). Decentralization and participation in integrated coastal management: Policy lessons from Brazil and Indonesia. *Ocean & Coastal Management* 66: 63-72

White, A. T., Christie, P., d'Agnes, H., Lowry, K., & Milne, N. (2005). Designing ICM projects for sustainability: lessons from the Philippines and Indonesia. *Ocean & Coastal Management* 48(3): 271-296

Anexo 1. Estructura general y preguntas de la Encuesta. Ejemplos del Software Lime Survey,

Figura 1.1. Ejemplo de la primera vista de la encuesta implementada en el Software Lime Survey.



Cuadro Anexo 1.1. Listado de las preguntas de la encuesta

I. Identificación del respondente y su vínculo contractual

1. Nombre
2. Profesión
3. Cargo
4. Institución
5. A qué tipo de Institución pertenece?
 - a) Instituto, laboratorio o centro relacionado a Universidades
 - b) Entidad de Gobierno
 - c) Empresa privada
 - d) Otro
6. Sus datos son generados: (Ranking)
 - a) Por proyectos concursables
 - b) Por estudios (encargados por terceros)
 - c) Por mandato – puntual
 - d) Por mandato – permanente
7. La obtención de datos es financiada por: (Ranking)
 - a) Fondos públicos – concursables
 - b) Fondos públicos – permanentes
 - c) Fondos públicos – ocasionales
 - d) Fondos internacionales
 - e) Privados (>5 años)
 - f) Privados (<5 años)

II. Características generales de la bases de datos

8. En su entidad se registran datos asociados
 - a) Datos Climáticos e Hidrográficos
 - b) Datos de Biodiversidad
 - c) Datos Pesqueros
9. La información que su institución recolecta es:
 - a) Primaria – propia
 - b) Primaria – licitada
 - c) Secundaria
 - d) Otro
10. Cuál es la disponibilidad actual de los datos?
 - a) Instituciones a fines – de investigación
 - b) Instituciones a fines – de gobierno
 - c) Instituciones a fines – ONG
 - d) Público

- e) Otro
11. Cuál(es) es (son) el (los) formato(s) en que usualmente se almacenan los datos?
- a) XLS
 - b) DB4
 - c) SQL
 - d) Papel
 - e) Otro
12. Quien(es) recolecta(n) la información en su entidad?
- a) Investigador
 - b) Estudiante
 - c) Tesista
 - d) Técnico
 - e) Aficionado
 - f) Otro
13. El equipamiento utilizado para el registro de información es
- a) Apropiado
 - b) Suficiente
 - c) Insuficiente
 - d) Inadecuado
14. Por favor, estime la cantidad de personas dedicadas actualmente a la colecta de datos en su entidad
- a) < a 10 personas
 - b) Entre 10 y 20 personas
 - c) > a 20 personas
15. La cobertura espacial mas usual de registro de datos de su entidad es:
- a) Nacional
 - b) Regional
 - c) Local
 - d) Puntual
16. La difusión de información y resultados originados en su entidad está dado por:
- a) Publicación científica – artículo
 - b) Publicación científica – Conferencia
 - c) Publicación científica – Congreso
 - d) Libro – Por editorial
 - e) Libro – Autoeditado
 - f) Informes
 - g) Anuarios
 - h) Web – Página
 - i) Web – Red social
 - j) Otro

III. Datos climáticos e hidrográficos

17. Cuál de estas variables es medida y cuánto tiempo lleva su institución registrando datos?

	<5	5 a 10	10 a 20	>20
Temperatura Superficial mar (SST)				
Clorofila				
Oxígeno disuelto				
pH				
Oleaje (altura ola)				
Dirección y Velocidad de viento				
Radiación Solar				
Radiación UV				
Otro:				

18. Cuál es la Escala Espacial en la cual se realiza su monitoreo?

- a) Puntual
- b) Local
- c) Regional
- d) Otros

19. Cuál es la Frecuencia de monitoreo?

- a) Diaria o menor
- b) Semanal
- c) Mensual
- d) Estacional
- e) Anual o mayor
- f) Otros

20. Los datos son registrados de manera

- a) Manual
- b) Automático
- c) Remoto

21. Podría indicar en qué sitio(s) esta(n) situado su(s) estudio(s)?

IV. Biodiversidad

22. Genera su entidad datos relativos a algunos de estos grupos de flora y fauna?

- a) Mamíferos
- b) Aves
- c) Peces
- d) Invertebrados

e) Micro y/o Macro algas

23. Podría indicar un número estimado de taxa estudiadas en su entidad

- a) Mamíferos
- b) Aves
- c) Peces
- d) Invertebrados
- e) Micro y/o Macro algas

24. Podría indicar contacto del investigador(a) a cargo de los datos?

25. Genera su entidad datos relativos a algunos de estos grupos de Mamíferos? y
¿Cuánto tiempo lleva su institución registrando datos?

Mamíferos	<5	5 a 10	10 a 20	>20
Cetáceos_Mysticeti				
Cetáceos_Odontoceti				
Pinipedos_Otaridos				
Pinipedos_Focidos				
Carnivora_Mustelidos				
Aves				
Charadriiformes				
Passeriformes				
Pelecaliformes				
Procellariiformes				
Sphenisciformes				
Strigiformes				
Invertebrados				
Acoela				
Poliquetos				
Brachiopodos				
Briozoos				
Quetognatos				
Cefalocordados				
Ctenophores				
Cnidarios_Hidrozoos				
Cnidarios_Escifozoos				
Cnidarios_Cubozoos				
Cnidarios_Antozoa_Octocor				
Cnidarios_Antozoa_Hexacor				
Crustacea_Cladoceros				
Crustacea_Cirripedia				

**Diagnóstico del monitoreo de la biodiversidad de Chile en el contexto del Cambio Climático:
Sistemas Marinos**

Crustacea_Copepoda				
Crustacea_Ostracoda				
Crustacea_Decapoda				
Crustacea_Isopoda				
Crustacea_Amphipoda				
Crustacea_Tanaidacea				
Crustacea_Mysida				
Crustacea_Lophogastrida				
Crustacea_Mictacea				
Crustacea_Tanaidacea				
Crustacea_Cumacea				
Equinoderma_asteroideos				
Equinoderma_crinoideos				
Equinoderma_echinoidea				
Equiueros				
Gnathostomulidos				
Gastrotriquios				
Entoprocta (Lophophorados)				
Kinoryncha				
Loricíferos				
Molusca_aplacophora				
Molusca_bivalvia				
Molusca_cephalopods				
Molusca_polyplacophores				
Molusca_gastropods				
Molusca_monoplacophora				
Molusca_scapelopoda				
Myzostomidos				
Nemertes				
Phoronidos				
Placozoos				
Porifera				
Priapulidos				
Pycnogonidos				
Sipunculidos				
Tunicados				
Pogonofora_vestimentiphera				
Peces				
Chordrichthyes				

**Diagnóstico del monitoreo de la biodiversidad de Chile en el contexto del Cambio Climático:
Sistemas Marinos**

Carcharhiniformes				
Chimaeriformes				
Hexanchiformes				
Lamniformes				
Oroctolobiformes				
Rajiformes				
Squaliformes				
Squatiniformes				
Osteichthyes				
Anguiliformes				
Atheriniformes				
Aulopiformes				
Batrachoidiformes				
Beloniformes				
Beryciformes				
Clupeiformes				
Congridae				
Coryphaenidae				
Gadiformes				
Gobiesociformes				
Gonorynchiformes				
Lampriformes				
Lophiiformes				
Mugiliformes				
Ophidiiformes				
Osmariformes				
Perciformes				
Pleuronectiformes				
Salmoniformes				
Scorpaeniformes				
Stomiiformes				
Syngnathiformes				
Tetraodontiformes				
Micro y Macroalgas				
Feofitas				
Rodofitas				
Clorofita				
Diatomeas				
Dinoflagelados				

**Diagnóstico del monitoreo de la biodiversidad de Chile en el contexto del Cambio Climático:
Sistemas Marinos**

Flagelados				
Ciliados				
Criptofitas				
Haptofitas				
Cianobacterias				
Otras Microalgas				
HAB's				

26. Qué tipo de registro utiliza?

- a) Presencia/Ausencia
- b) Abundancia
- c) Otros

27. Cuál es la Escala Espacial en la cual se realiza su monitoreo?

- a) Puntual
- b) Local
- c) Regional
- d) Otros

28. Cuál es la Frecuencia de monitoreo?

- a) Diaria o menor
- b) Semanal
- c) Mensual
- d) Estacional
- e) Anual o mayor
- f) Otros

29. Indique Hábitat correspondiente:

- a) Playa-arenoso
- b) Rocoso
- c) Sedimento
- d) Columna de agua
- e) Otros

30. Indique Dominio correspondiente

- a) Costera (0-30 m)
- b) Plataforma (30-300 m)
- c) Profundo (>300 m)
- d) Otros

31. Los datos son registrados de manera

- a) Manual
- b) Automático
- c) Remoto

32. Podría indicar en qué sitio(s) esta(n) situado su(s) estudio(s)?
- a) ¿Cómo considera el equipamiento utilizado para la toma de muestras?
 - d) Apropiado
 - e) Suficiente
 - f) Insuficiente
 - g) Inadecuado
33. Respecto al tiempo de los Profesionales dedicados a la actividad, indique:
- a) N° de personas:
 - b) Horas a la semana:
34. Utiliza su entidad (o usted) alguno de estos índices para evaluar biodiversidad?
- a) Riqueza especies/área
 - b) Riqueza especies/sitio
 - c) Riqueza y Abundancia
 - d) Índice Shannon, H
 - e) Índice Simpson, E
35. Su muestreo es de tipo:
- a) Destructivo
 - b) Censo/Grilla
36. Con los datos obtenidos, ¿Calcula usted algún tipo de Indicador? (Ej. Índice de condición, fragmentación del paisaje, etc)
37. Están incluidas, dentro de sus estudios, especies migratorias de alguno de estos grupos
- a) Mamíferos
 - b) Aves
 - c) Peces
 - d) Ninguna
38. Corresponden sus taxa a especies Invasoras o tienen Problemas de Conservación
- a) Especie Invasora:
 - b) Problemas de Conservación

V. Pesquerías

39. Genera su entidad datos relativos a alguno de estos grupos de pesquerías

Pesquerías	<5	5 a 10	10 a 20	>20
Bentónicas				
Demersales				
Pelágicas				

**Diagnóstico del monitoreo de la biodiversidad de Chile en el contexto del Cambio Climático:
Sistemas Marinos**

Aguas profundas				
Incidental				

40. Podría indicar en qué sitio(s) esta(n) situado su(s) estudio(s)?

41. Los datos son registrados de manera

- a) Manual
- b) Automático
- c) Remoto

VI. Servicios Ecosistémicos y Cambio Climático

42. Cree usted que parte de su investigación evalúa algún servicio ecosistémicos?

43. De los datos recolectados por su entidad, servirían estos para generar información relativa a cambio climático respecto de:

- a) Diagnostico
- b) Adaptación
- c) Mitigación
- d) Podrían servir, solo parcialmente

44. Ha recopilado datos que muestren cambio(s) en la biodiversidad en el largo plazo en la zona/grupo/especie?

Cuadro Anexo 1.2. Clasificación de los principales ambientes y hábitats marinos en donde se realizan los monitoreos

no base dato	Hábitat	Dominio
1	Columna de agua	Plataforma
2	Columna de agua	Plataforma
3	Rocoso	Costero
4	Columna de agua	Costero
5	Rocoso	Costero
6	Columna de agua	Costero
7	Columna de agua	Plataforma
8	Columna de agua y playas de arena	Costero y plataforma
9	Rocoso	Costero
10	Rocoso	Costero
11	Rocoso	Costero
12	Columna de agua	Plataforma
13	Rocoso	Costero
14	Columna de agua	Costero
15	Rocoso y fondos blandos	Costero

**Diagnóstico del monitoreo de la biodiversidad de Chile en el contexto del Cambio Climático:
Sistemas Marinos**

16	Arenoso	Costero
17	Rocoso	Costero
18	Rocoso	Costero
19	Columna de agua	Costero
20	Columna de agua y anidamiento en tierra	Plataforma
21	Columna de agua	Costero
22	Sedimento	Plataforma
23	Rocoso	Costero
24	Rocoso	Costero
25	Rocoso	Costero
26	Rocoso	Costero
26	Columna de agua	Costero y plataforma
27	Columna de agua	Costero
28	Rocoso	Costero
29	Rocoso	Costero
30	Columna de agua	Costero
31	Arenoso	Costero
32	Rocoso	Costero
33	Columna de agua	Plataforma
34	Rocoso	Costero
35	Columna de agua, playas rocosas y de arena	Costero y plataforma
36	Rocoso	Costero
37	Islotes	Costero
38	Rocoso	Costero
39	Columna de agua	Costero
40	Islotes	Costero
41	Columna de agua	Plataforma
42	Playa rocosas y de arena	Costero
43	Sedimento	Costero
44	Columna de agua	Canales y fiordos
45	Columna de agua	Plataforma
46	Playas rocosas y de arena	Costero
47	Sedimento y columna de agua	Plataforma y aguas profundas
48	Columna de agua	Costero

Cuadro Anexo 1.3. Listado de variables ambientales (climáticas, hidrográficas) por las que se consultó en la encuesta, incluyendo aquellas mencionadas por los respondentes.

Variables
Oxígeno disuelto
pH
Velocidad del viento
Temperatura
Clorofila
Oleaje
Radiación Solar
Radiación UV
Materia orgánica
Feopigmentos
Estructura del sedimento
Granulometría

Cuadro Anexo 1.4. Taxa de Mamíferos, Aves y Reptiles marinos por los que se consultó en la encuesta

Mamíferos
Cetáceos_Mysticeti
Cetáceos_Odontoceti
Pinipedos_Otaridos
Pinipedos_Focidos
Carnivora_Mustelidos

Aves
Charadriiformes
Passeriformes
Pelecaliformes
Procellariiformes
Sphenisciformes
Strigiformes

Reptiles
Tropiduridae

Cuadro Anexo 1.5. Taxa de “peces” por los que se consultó en la encuesta

Peces
Chrodrichthyes
Carcharhiniformes
Chimaeriformes
Hexanchiformes
Lamniformes
Oroctolobiformes
Rajiformes
Squaliformes
Squatiniformes
Osteichthyes
Anguiliformes
Atheriniformes
Aulopiformes
Batrachoidiformes
Beloniformes
Beryciformes
Clupeiformes
Congridae
Coryphaenidae
Gadiformes
Gobiesociformes
Gonorynchiformes
Lampriformes
Lophiiformes
Mugiliformes
Ophidiiformes
Osmariformes
Perciformes
Pleuronectiformes
Salmoniformes
Scorpaeniformes
Stomiiformes
Syngnathiformes
Tetraodontiformes

Cuadro Anexo 1.6. Taxa de Invertebrados marinos por los que se consultó en la encuesta

Invertebrados
Acoela
Poliquetos
Brachiopodos
Briozoos

**Diagnóstico del monitoreo de la biodiversidad de Chile en el contexto del Cambio Climático:
Sistemas Marinos**

Quetognatos
Cefalocordados
Ctenophores
Cnidarios_Hidrozoos
Cnidarios_Escifozoos
Cnidarios_Cubozoos
Cnidarios_Antozoa_Octocor
Cnidarios_Antozoa_Hexacor
Crustacea_Cladoceros
Crustacea_Cirripedia
Crustacea_Copepoda
Crustacea_Ostracoda
Crustacea_Decapoda
Crustacea_Isopoda
Crustacea_Amphipoda
Crustacea_Tanaidacea
Crustacea_Mysida
Crustacea_Lophogastrida
Crustacea_Mictacea
Crustacea_Tanaidacea
Crustacea_Cumacea
Equinoderma_asteroideos
Equinoderma_crinoideos
Equinoderma_echinoidea
Equiuros
Gnathostomulidos
Gastrotriquios
Entoprocta (Lophophorados)
Kinoryncha
Loricíferos
Molusca_aplacophora
Molusca_bivalvia
Molusca_cephalopods
Molusca_polyplacophores
Molusca_gastropods
Molusca_monoplacophora
Molusca_scaphopoda
Myzoztomidos
Nemertes
Phoronidos
Placozoos
Porifera
Priapulidos
Pycnogonidos
Sipunculidos
Tunicados

Pogonofora_vestimentiphera

Cuadro Anexo 1.7. Taxa de Macro- y Microalgas por las que se consultó en la encuesta

Micro y Macroalgas
Feofitas
Rodofitas
Clorofita
Diatomeas
Dinoflagelados
Flagelados
Ciliados
Criptofitas
Haptofitas
Cianobacterias
Otras Microalgas
HAB's

Anexo 2. Responsables de las bases de datos identificadas en las encuestas.

Encuestados	No. Base de Datos	Afiliación
Erika Silva	1	SERNAPESCA
Francisco Ponce	2	SUBPESCA
Beatriz Ramírez	3	Ministerio Medio Ambiente
Leonardo Guzmán	4	IFOP
Nancy Barahona	5	IFOP
Gastón Vidal	6	IFOP
Claudio Bernal	7	IFOP
Antonio Aranís	8	IFOP
Adolfo Vargas	9	Promar pacífico Ltda.
Evie Wieters	10	ECIM-PUC
Sergio Navarrete	11	ECIM-PUC
Rubén Escribano	12	UDEC
Moisés Aguilera	13	UCN-CEAZA
Carlos Molinet	14	UACH
Julio Vásquez	15	UCN
Matthew Lee	16	IMAR-ULAGOS
Bernardo Broitman	17	CEAZA
Erasmus Macaya	18	UDEC
Mauricio Landaeta	19	UV
Marcelo Flores	20	UAB
Italo Massoti	21	UV
Eulogio Soto	22	UV
Alejandro Pérez Matus	24	ECIM-PUC
Alejandro Pérez Matus	25	ECIM-PUC
Alejandro Pérez Matus	26	ECIM-PUC
Beatriz Yanicelli	26	UCN-CEAZA
Fabián Tapia	27	COPAS-UDEC
Carlos Ríos	28	UMAG
Miriam Fernández	29	ECIM-PUC
José Riascos	30	UAF
Aldo Pacheco	31	UAF
Marcelo Rivadeneira	32	CEAZA
Carmen morales	33	UDEC
Carlos Gaymer	34	UCN
Martin Thiel	35	UCN
Patricio Ojeda	36	PUC
Guillermo Luna	37	UCN
Alejandro Buschmann	38	IMAR-ULAGOS
Susannah Buchan	39	COPAS-UCN
Guillermo Luna	40	UCN
Humberto González	41	UACH
Roger Sepúlveda	42	UACH
Américo Montiel	43	UMAG
Leonardo Castro	44	UDEC
Verónica Molina	45	UPLA
Eduardo Jaramillo	46	UACH
Javier Sellanes	47	UCN
Diego Narváez ¹	48	UDEC-INTEMIT

¹. Base de datos pertenece a Asociación de Miticultores de Chile

ANEXO 3. ECOREGIONES Y LOCALIDADES DE MONITOREO DE BIODIVERSIDAD
MARINA EN CHILE

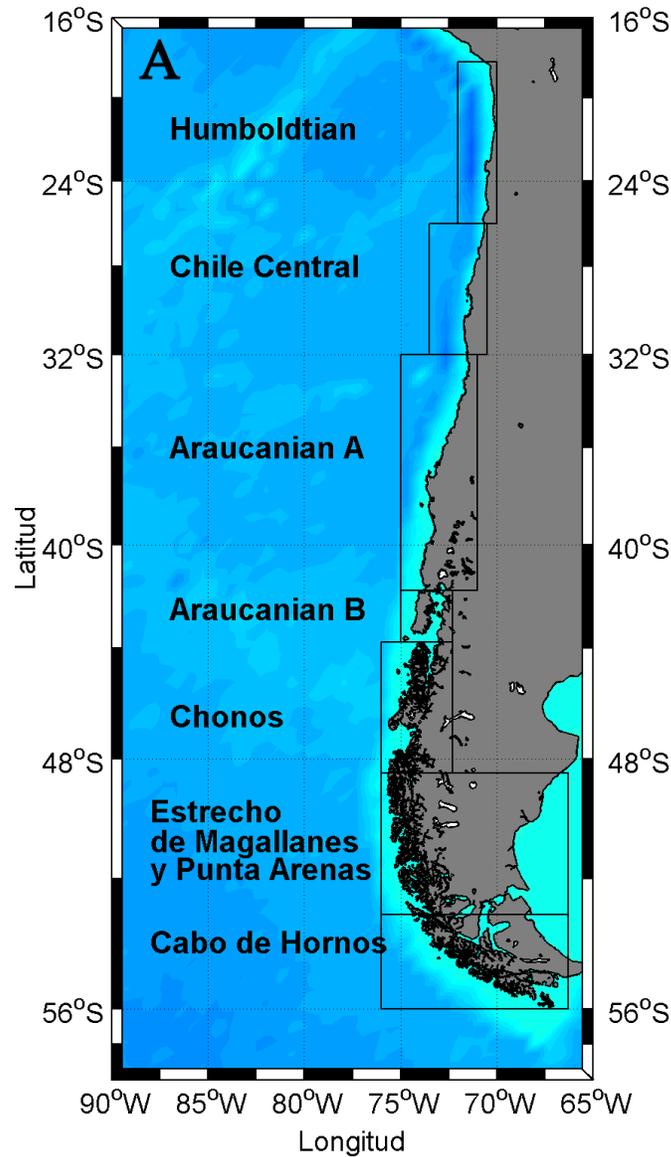


Figura 3.1. Distribución de 7 Ecoregiones (A) a lo largo de Chile. Las Ecoregiones de Isla de Pascua y Juan Fernandez no fueron incluidas en la figura.

**Diagnóstico del monitoreo de la biodiversidad de Chile en el contexto del Cambio Climático:
Sistemas Marinos**

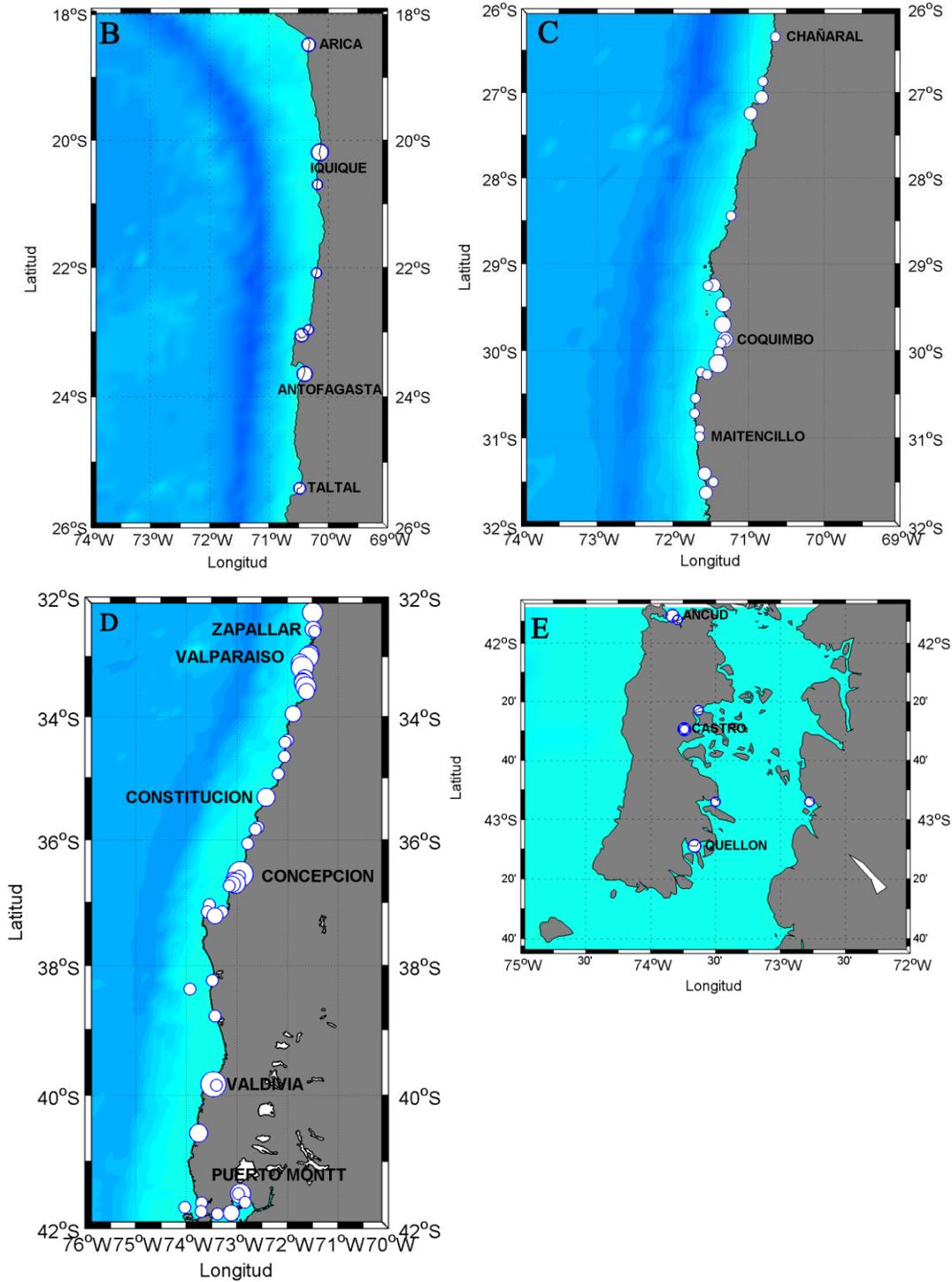


Figura 3.2. Ecoregiones Humboltian (B), Chile Central (C), Araucanian A (D) y Araucanian B (E) y las localidades de monitoreo de biodiversidad marina indicadas en círculos. El tamaño del círculo representa la intensidad de muestreo o número de bases de datos relacionadas en cada localidad.

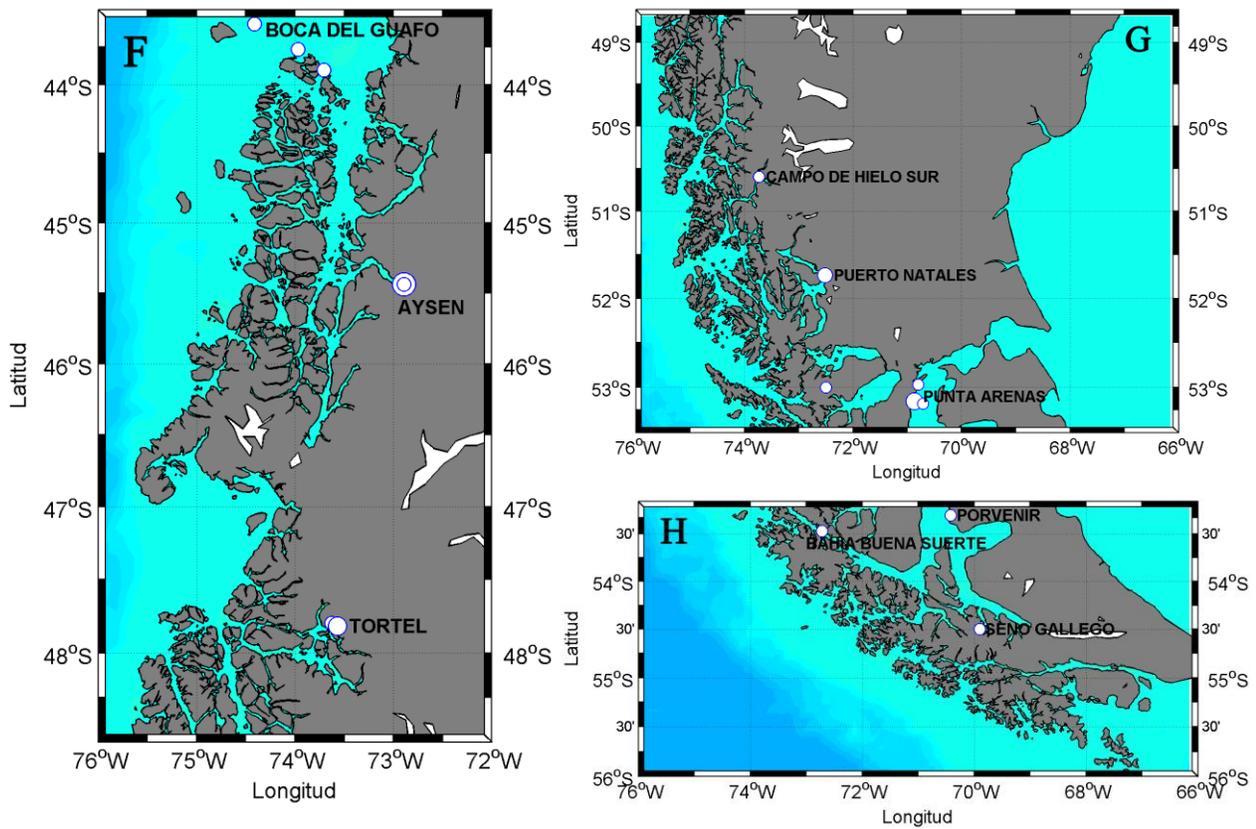


Figura 3.3. Ecoregiones Chonos (F), estrecho de Magallanes y Punta Arenas (G) y Cabo de Hornos (H) y las localidades de monitoreo de biodiversidad marina indicadas en círculos. El tamaño del círculo representa la intensidad de muestreo o número de bases de datos relacionadas en cada localidad.

Cuadro 3. Localidades de monitoreo de Biodiversidad Marina a lo largo de Chile.

Localidad	Latitud(°)	Longitud(°)	Región	Ecoregión
Arica	-18.48	-70.33	XV	Humboldtian
Iquique	-20.19	-70.14	I	Humboldtian
Chanavayita	-20.70	-70.18	I	Humboldtian
Tocopilla	-22.08	-70.20	I	Humboldtian
Punta Chacaya	-22.97	-70.33	II	Humboldtian
Mejillones	-23.05	-70.45	II	Humboldtian
Antofagasta	-23.65	-70.40	II	Humboldtian
Taltal	-25.40	-70.48	II	Humboldtian
Chañaral	-26.33	-70.65	III	Chile Central
Salas y Gomez	-26.47	-105.47	V	Isla de Pascua
Totalillo	-26.87	-70.82	III	Chile Central
Caldera	-27.05	-70.83	III	Chile Central
Isla de Pascua	-27.12	-109.37	V	Isla de Pascua
Isla Grande Atacama	-27.25	-70.97	III	Chile Central
Atacama	-28.44	-71.23	III	Chile Central
Punta de Choros	-29.25	-71.46	IV	Chile Central
Res. Nac. Pingüino de Humboldt	-29.25	-71.54	IV	Chile Central
Temblador	-29.47	-71.33	IV	Chile Central
El Arrayan	-29.70	-71.34	IV	Chile Central
Coquimbo	-29.87	-71.31	IV	Chile Central
La Serena	-29.87	-71.31	IV	Chile Central
Islote Pájaros	-29.92	-71.37	IV	Chile Central
El Panul	-30.02	-71.40	IV	Chile Central
Punta Lagunillas	-30.10	-71.38	IV	Chile Central
Guanaqueros	-30.15	-71.40	IV	Chile Central
Punta Lengua de Vaca	-30.24	-71.63	IV	Chile Central
Tongoy	-30.28	-71.55	IV	Chile Central
El Sauce	-30.55	-71.71	IV	Chile Central
Punta Limarí	-30.72	-71.71	IV	Chile Central
Mineral de Talca	-30.90	-71.65	IV	Chile Central
Maintencillo	-30.98	-71.65	IV	Chile Central
Puerto Oscuro	-31.40	-71.58	IV	Chile Central
Punta Pite	-31.50	-71.47	IV	Chile Central
Huentelauquen	-31.62	-71.57	IV	Chile Central
Los Molles	-32.26	-71.50	V	Araucana A

**Diagnóstico del monitoreo de la biodiversidad de Chile en el contexto del Cambio Climático:
Sistemas Marinos**

Zapallar	-32.55	-71.49	V	Araucana A
Cachagua	-32.58	-71.46	V	Araucana A
Concón	-32.91	-71.52	V	Araucana A
Montemar	-32.96	-71.55	V	Araucana A
Valparaíso	-33.00	-71.58	V	Araucana A
Laguna Verde	-33.07	-71.72	V	Araucana A
Curaumilla	-33.10	-71.74	V	Araucana A
Quintay	-33.18	-71.10	V	Araucana A
Algarrobo	-33.35	-71.66	V	Araucana A
El Quisco	-33.40	-71.70	V	Araucana A
El Tabo	-33.40	-71.70	V	Araucana A
Punta de Talca	-33.43	-71.68	V	Araucana A
Isla Negra	-33.44	-71.69	V	Araucana A
Las Cruces	-33.50	-71.63	V	Araucana A
Pelancura	-33.55	-71.63	V	Araucana A
San Antonio	-33.58	-71.62	V	Araucana A
Juan Fernández	-33.63	-78.87	V	J. Fernandez
Matanzas	-33.95	-71.88	VI	Araucana A
Pichilemu	-34.38	-72.00	VI	Araucana A
Punta Lobos	-34.42	-72.05	VI	Araucana A
Bucalemu	-34.65	-72.06	VI	Araucana A
Iloca	-34.93	-72.18	VII	Araucana A
Constitución	-35.32	-72.43	VII	Araucana A
Pelluhue	-35.80	-72.58	VII	Araucana A
Curanipe	-35.83	-72.63	VII	Araucana A
Buchupureo	-36.06	-72.79	VIII	Araucana A
Dichato	-36.55	-72.93	VIII	Araucana A
Tomé	-36.58	-72.95	VIII	Araucana A
Tumbes	-36.61	-73.09	VIII	Araucana A
Concepción	-36.70	-73.03	VIII	Araucana A
Talcahuano	-36.71	-73.09	VIII	Araucana A
San Vicente	-36.73	-73.15	VIII	Araucana A
Isla Santa maria	-37.03	-73.55	VIII	Araucana A
Golfo de Arauco	-37.15	-73.29	VIII	Araucana A
Punta Lavapie	-37.15	-73.58	VIII	Araucana A
Tubul	-37.22	-73.43	VIII	Araucana A
Lebu	-37.59	-76.66	VIII	Araucana A
Quidico	-38.23	-73.48	VIII	Araucana A
Isla Mocha	-38.37	-73.93	VIII	Araucana A
Puerto Saavedra	-38.78	-73.43	XI	Araucana A
Valdivia-Corral	-39.83	-73.47	XIV	Araucana A
Caleta El Piojo	-39.85	-73.40	XIV	Araucana A
Bahía Manza	-40.55	-73.77	X	Araucana A

**Diagnóstico del monitoreo de la biodiversidad de Chile en el contexto del Cambio Climático:
Sistemas Marinos**

Osorno	-40.58	-73.75	X	Araucana A
Colliguín	-41.48	-72.93	X	Araucana A
Puerto Montt	-41.48	-72.93	X	Araucana A
Canal Tenglo	-41.48	-72.97	X	Araucana A
Seno de Reloncaví	-41.61	-72.84	X	Araucana A
Mauñín	-41.62	-73.69	X	Araucana A
Chacao	-41.69	-74.03	X	Araucana A
Carelmapu	-41.75	-73.71	X	Araucana A
Calbuco	-41.77	-73.11	X	Araucana A
Colaco	-41.78	-73.38	X	Araucana A
Ancud	-41.84	-73.83	X	Araucana B
Pudeto	-41.87	-73.79	X	Araucana B
Dalcahue	-42.38	-73.63	X	Araucana B
Chiloé	-42.49	-73.74	X	Araucana B
Castro	-42.49	-73.74	X	Araucana B
Queilen	-42.90	-73.50	X	Araucana B
Chaitén	-42.90	-72.78	X	Araucana B
Quellón	-43.15	-73.66	X	Araucana B
Boca del Guafo	-43.56	-74.41	XI	Chonos
Isla de las Guaitecas	-43.74	-73.97	XI	Chonos
Melinka	-43.89	-73.71	XI	Chonos
Aysén	-45.44	-72.89	XI	Chonos
Balmaceda	-45.44	-72.89	XI	Chonos
Río Baker	-47.80	-73.63	XI	Chonos
Tortel	-47.82	-73.57	XI	Chonos
Campos de Hielo Sur	-50.60	-73.73	XII	Estrecho Magallanes y Punta Arenas
Puerto Natales	-51.73	-72.52	XII	Estrecho Magallanes y Punta Arenas
Bahía Laredo	-52.97	-70.80	XII	Estrecho Magallanes y Punta Arenas
Isla Riesco	-53.00	-72.50	XII	Estrecho Magallanes y Punta Arenas
Punta Arenas	-53.15	-70.87	XII	Estrecho Magallanes y Punta Arenas
Magallanes	-53.18	-70.71	XII	Estrecho Magallanes y Punta Arenas
Porvenir	-53.30	-70.42	XII	Cabo de Hornos
Bahía Buena Suerte	-53.47	-72.72	XII	Cabo de Hornos
Seno Gallegos	-54.50	-69.90	XII	Cabo de Hornos

Anexo 4. Perspectivas del esfuerzo y Equipamiento utilizado en los monitoreo

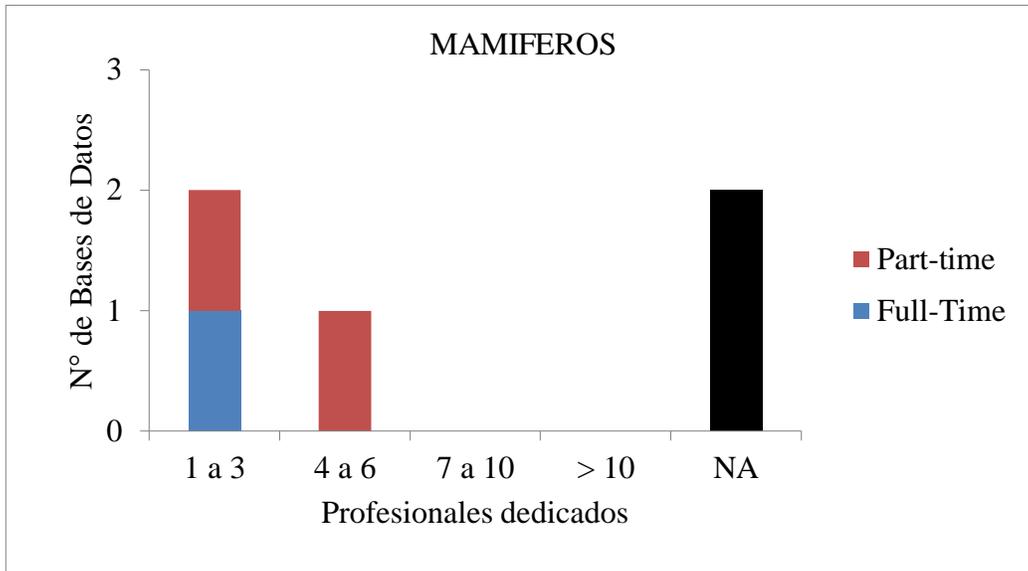


Figura 4.1. Número y tiempo de los profesionales dedicados a monitoreo de mamíferos marinos.

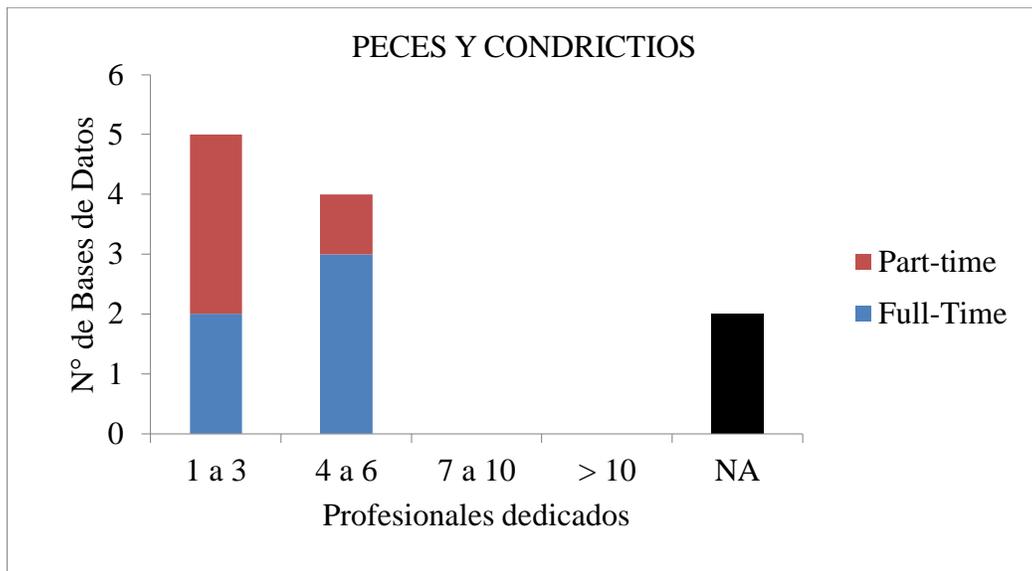


Figura 4.2. Número y tiempo de los profesionales dedicados a monitoreo de peces y condriictios.

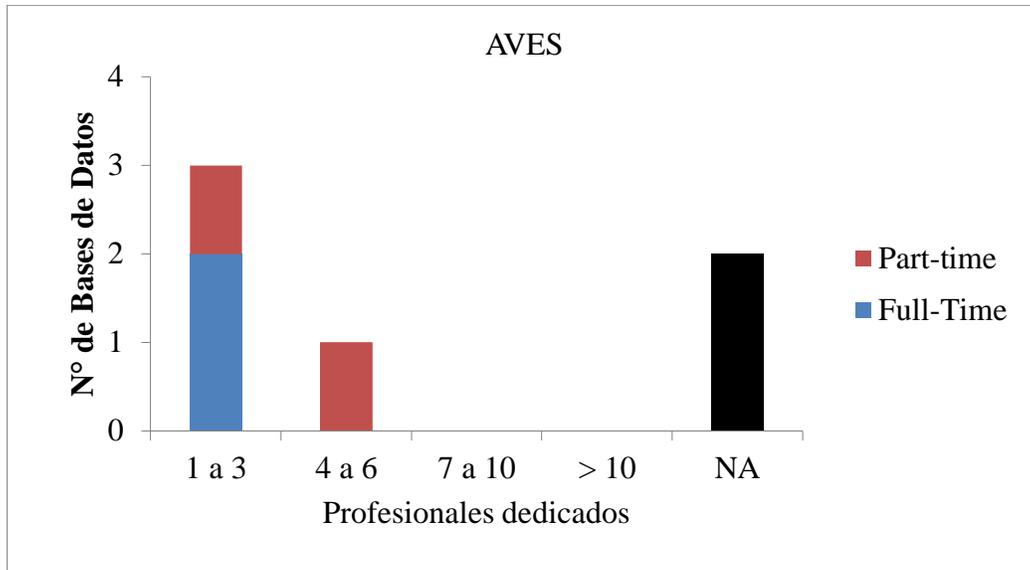


Figura 4.3. Número y tiempo de los profesionales dedicados a monitoreo de aves.

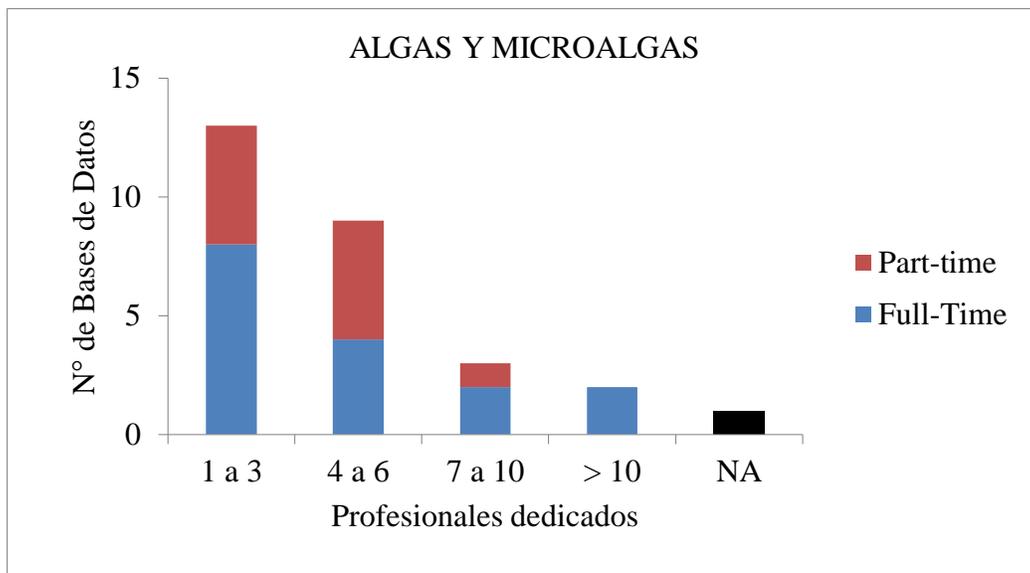


Figura 4.4. Número y tiempo de los profesionales dedicados a monitoreo de algas y microalgas.

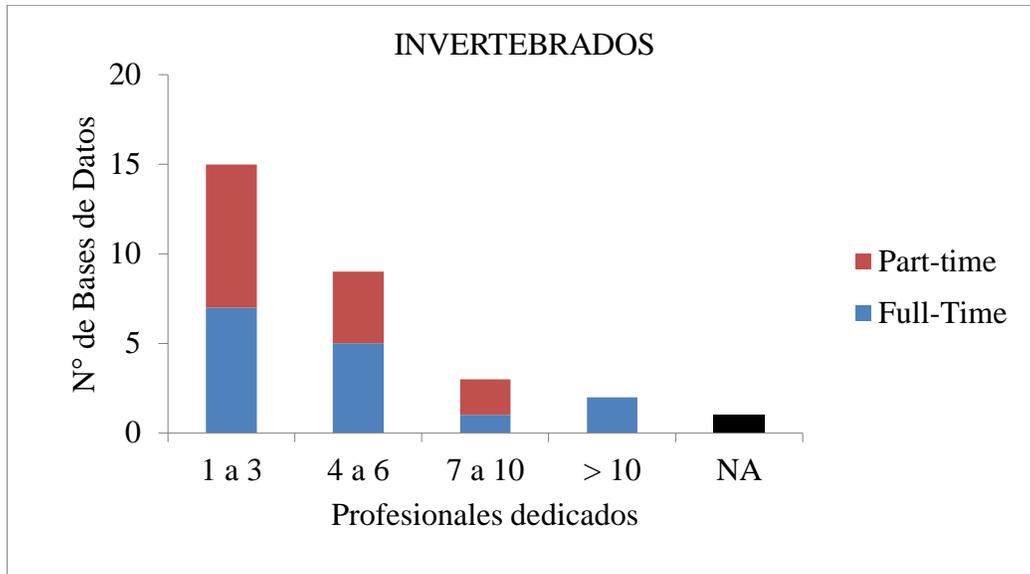


Figura 4.5. Número y tiempo de los profesionales dedicados a monitoreo de invertebrados.



Figura 4.6. Tipo de muestreo realizado para los diferentes grupos.

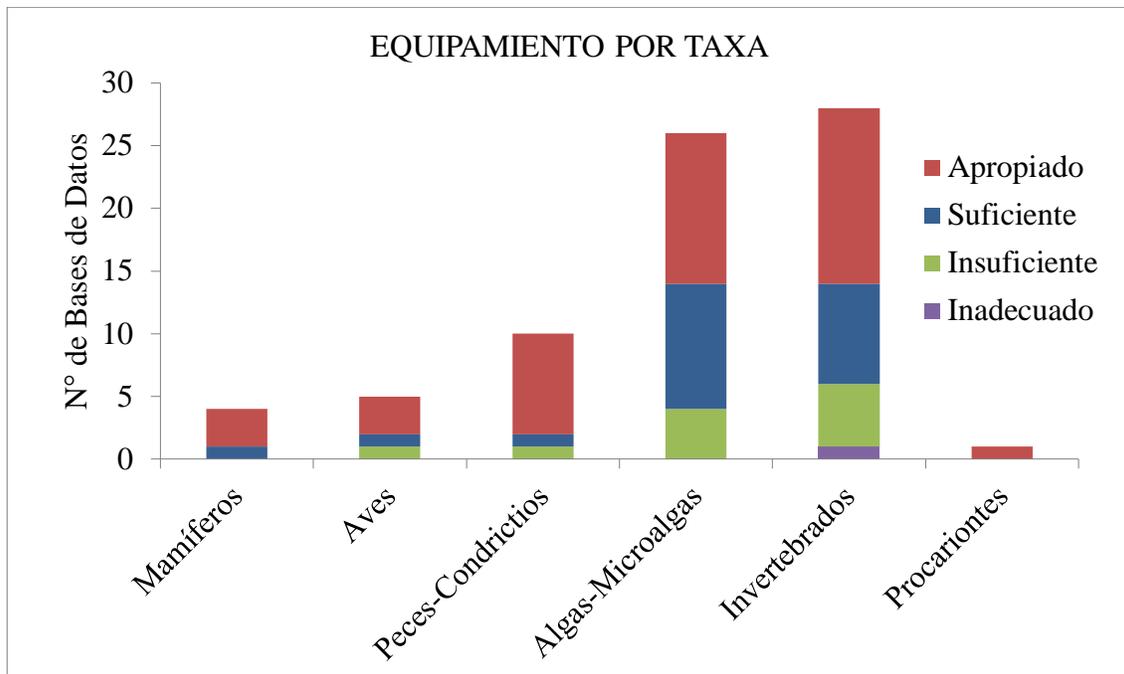


Figura 4.6. Percepción del equipamiento utilizado en el monitoreo de los diferentes grupos.

