



METODOLOGÍA / MODELO

GUÍA METODOLÓGICA PARA LA DESCRIPCIÓN DE ECOSISTEMAS MARINOS



GUÍA METODOLÓGICA PARA LA DESCRIPCIÓN DE ECOSISTEMAS MARINOS

Editor: Servicio de Evaluación Ambiental
Primera edición

Diseño y diagramación: Servicio de Evaluación Ambiental.

2022

Si desea presentar alguna consulta, comentario o sugerencia
respecto del documento, por favor escribir al siguiente correo
comentarios.documentos@sea.gob.cl

GUÍA METODOLÓGICA PARA LA DESCRIPCIÓN DE ECOSISTEMAS MARINOS



La **Guía metodológica para la descripción de ecosistemas marinos** ha sido elaborada por el Departamento de Estudios y Desarrollo con la colaboración de los demás departamentos de la División de Evaluación Ambiental y Participación Ciudadana, División Jurídica y Direcciones Regionales del Servicio de Evaluación Ambiental.

Agradecemos a todas las personas que participaron en la revisión del documento y que hicieron posible esta publicación, especialmente a los profesionales del Ministerio del Medio Ambiente (MMA), Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (Subpesca), Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (Sernapesca) y de la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (Directemar).

PRESENTACIÓN

Dando cumplimiento a un mandato legal¹, el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) debe uniformar los criterios, requisitos, condiciones, antecedentes y exigencias técnicas de la evaluación de impacto ambiental de proyectos y actividades, entre otros, mediante la elaboración de guías.

Dicha labor requiere establecer criterios comunes y consistentes con el conjunto de competencias ambientales de los distintos Órganos de la Administración del Estado con Competencia Ambiental (Oaeca) que participan en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), contribuyendo con la disminución de los márgenes de discrecionalidad en la toma de decisiones y la tecnificación de dicho sistema.

La elaboración de esta Guía surge producto de la necesidad del SEA de estandarizar criterios de evaluación para la selección de metodologías empleadas en la descripción de ecosistemas marinos. Lo anterior, debido a que al SEIA ingresa una diversidad de proyectos que presentan impactos sobre los ecosistemas marinos, los cuales son necesarios de evaluar a la luz de la descripción de los componentes objeto de protección ambiental afectados. La importancia de esta Guía radica en la posibilidad de unificar las metodologías y criterios utilizados en esta descripción, lo cual es particularmente útil para titulares, consultores, comunidad y evaluadores.

Resulta pertinente recordar que el SEIA es un instrumento de gestión ambiental de tercer orden, que requiere para su debida operación de otros instrumentos superiores, tales como, normas de calidad, emisión, instrumentos de planificación territorial, planes de prevención y descontaminación. El resultado de la evaluación ambiental de proyectos se entiende en el marco de la existencia de otros instrumentos que permiten la gestión ambiental.

Se espera que esta Guía contribuya a perfeccionar el SEIA y a fortalecer el cumplimiento de los objetivos que nos aproximen al desarrollo sustentable del país.

**Dirección Ejecutiva
Servicio de Evaluación Ambiental**

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	12
1.1 Alcances generales de la evaluación de impacto ambiental	12
1.2 Objetivo y alcance de la Guía	13
1.3 Órganos con competencia ambiental sobre los ecosistemas marinos	15
2. SELECCIÓN DE METODOLOGÍAS	18
2.1 Escalas y representación cartográfica	18
2.2 Contenidos mínimos de la metodología	19
2.3 Equipo de trabajo	20
2.4 Instrumental	20
2.5 Normativa de monitoreo en terreno	21
2.6 Tipos de análisis según tipo de impactos ambientales	21
3. METODOLOGÍAS PARA LA DESCRIPCIÓN DE ECOSISTEMAS MARINOS	28
3.1 Agua marina	35
3.2 Fondo marino	46
3.2.1 Parámetros físicos	46
3.2.2 Parámetros químicos	48
3.3 Biota marina	63
3.4 Medio físico	131
ANEXOS	153
ANEXO 1. Glosario	154
ANEXO 2. Bibliografía	163

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

A continuación, se listan las principales siglas y acrónimos que se utilizan en este documento:

AI	Área(s) de Influencia
DIA	Declaración(es) de Impacto Ambiental
Directemar	Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante
ECC	Efectos, Características o Circunstancias
EIA	Estudio(s) de Impacto Ambiental
FGI	Factor(es) generador(es) de impacto(s)
FAN	Floración algal nociva
MMA	Ministerio del Medio Ambiente
Oaeca	Órgano(s) de la Administración del Estado con Competencia Ambiental
OP	Objeto(s) de Protección
PAS	Permito(s) Ambiental(es) Sectorial(es)
SEA	Servicio de Evaluación Ambiental
SEIA	Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental
Sernapesca	Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura
SHOA	Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada
Subpesca	Subsecretaría de Pesca y Acuicultura
SIG	Sistema de información geográfica
ZEE	Zona Económica Exclusiva



1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

1.

1.1 Alcances generales de la evaluación de impacto ambiental

Según lo establecido por el marco legal vigente, la evaluación de impacto ambiental es el procedimiento orientado a determinar si el impacto ambiental de una actividad o proyecto se ajusta a las normas vigentes². Como tal, debe contemplar mecanismos a través de los cuales se determina el referido impacto y su significancia, así como el cumplimiento de las normas ambientales aplicables. La Ley N°19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente (Ley N°19.300), establece que dicho procedimiento es administrado por el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA).

En términos generales, la evaluación de impacto ambiental en el marco del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) se basa en el análisis de las partes, obras y acciones de un proyecto o actividad a ejecutarse o modificarse y cómo estas alteran los componentes o elementos del medio ambiente receptores de impactos que son considerados objetos de protección (OP)³ para el SEIA. Este análisis se realiza previo a la ejecución del proyecto o actividad y, por lo tanto, se basa en una predicción de la evolución de los elementos del medio ambiente en los escenarios sin y con proyecto.

El titular de un proyecto o actividad debe analizar si este se encuentra en el listado de tipologías susceptibles de causar impacto ambiental, en cualquiera de sus fases, que deben someterse al

SEIA, según lo establecido en el artículo 10 de la Ley N°19.300 y artículo 3º del Reglamento del SEIA.

Si el proyecto o actividad debe ser sometido al SEIA, es responsabilidad del titular definir la modalidad de ingreso, ya sea a través de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) o una Declaración de Impacto Ambiental (DIA). Para ello, corresponde realizar un análisis del artículo 11 de la Ley N°19.300, donde se establece que los proyectos o actividades que se sometan al SEIA requieren la elaboración de un EIA, si generan o presentan a lo menos uno de los siguientes Efectos, Características o Circunstancias (ECC):

- a. Riesgo para la salud de la población, debido a la cantidad y calidad de efluentes, emisiones o residuos.
- b. **Efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire.**
- c. Reasentamiento de comunidades humanas, o alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos.
- d. Localización en o próxima a poblaciones, recursos y áreas protegidas, sitios prioritarios para la conservación, humedales protegidos,

² Definición de Evaluación de Impacto Ambiental, letra j) del artículo 2º de la Ley N°19.300.

³ Más antecedentes en el documento Criterio de Evaluación en el SEIA: Objetos de protección (2022), disponible en el Centro de Documentación del SEA en su sitio web, www.sea.gob.cl.

glaciares y áreas con valor para la observación astronómica con fines de investigación científica, susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar.

- e. Alteración significativa, en términos de magnitud o duración, del valor paisajístico o turístico de una zona.
- f. Alteración de monumentos, sitios con valor antropológico, arqueológico, histórico y, en general, los pertenecientes al patrimonio cultural.

De acuerdo con lo anterior, la generación o presencia de uno de estos ECC hace necesario que el titular del proyecto o actividad elabore un EIA, el cual debe considerar las materias contenidas en el artículo 12 de la Ley N°19.300 y los artículos 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18 del Reglamento del SEIA.

Por el contrario, y de acuerdo con el artículo 18 de la Ley N°19.300, si el proyecto o actividad no genera ninguno de los ECC antes señalados, se presentará una DIA para someterse al SEIA, la que

debe considerar las materias contenidas en el artículo 12 bis de la Ley N°19.300 y los artículos 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 19 del Reglamento del SEIA.

En consecuencia, la evaluación de impacto ambiental es el procedimiento administrativo en que, a través de un EIA o una DIA, debe evaluarse el cumplimiento de la legislación ambiental aplicable al proyecto o actividad. Además, en el caso de un EIA, se debe acreditar que el proyecto o actividad impide o minimiza los ECC que genera o presenta, mediante la definición e implementación de medidas y justificar la inexistencia de los demás ECC enunciados en el artículo 11 de la Ley N°19.300. En el caso de una DIA, además se debe justificar la inexistencia de impactos ambientales significativos.

La autoridad, por su parte, debe verificar y certificar el cumplimiento de la normativa ambiental aplicable, incluido los requisitos de carácter ambiental contenidos en los Permisos Ambientales Sectoriales (PAS) y calificar la pertinencia, efectividad e idoneidad de las medidas ambientales propuestas.

1.2 Objetivo y alcance de la Guía

La presente Guía tiene por finalidad presentar una diversidad de metodologías útiles en la descripción de ecosistemas marinos, tanto del medio físico como de los componentes ambientales que son objeto de protección (OP) en el SEIA: agua, biota y suelos. Esta descripción será útil al momento de delimitar y justificar la extensión de las áreas de influencia (AI), así como también para su adecuada descripción, ya sea esta una descripción general

para el caso de las DIA, o detallada (línea de base), para el caso de los EIA. Asimismo, esta descripción será necesaria al momento de predecir impactos y diseñar medidas.

Para efectos de la presente Guía, el objeto de protección **suelo** (como se encuentra definido por normativa⁴), es mencionado bajo el término **fondo marino**, debido a que es idóneo y atingente al área de desarrollo en temática medioambiental marina.

⁴ Ref. artículo 18 del Reglamento del SEIA.

Cabe destacar que los contenidos de la Guía deben complementarse con los contenidos mínimos y criterios de evaluación establecidos en la Ley N°19.300 y en el Reglamento del SEIA, cuyo cumplimiento es de exclusiva responsabilidad de los titulares de proyectos. Así también es responsabilidad de los titulares de proyectos o actividades entregar toda la información relevante y esencial para la evaluación, la que se define en función de las características propias de cada proyecto y del AI. Para ello, existen además una serie de Guías y Documentos Criterio que han sido publicados por el SEA para apoyar el desarrollo de la evaluación ambiental, las cuales se encuentran

disponibles en el Centro de Documentación del sitio web del Servicio, www.sea.gob.cl.

De acuerdo con lo dispuesto en la Ley N°19.300, el Reglamento del SEIA y el Ord. SEA N°151276 de 7 de agosto de 2015, en los procesos de evaluación ambiental se deben observar los contenidos de esta Guía; la que para efectos de una continua mejora podrían ser objeto de revisión y actualización.

En el marco de la evaluación de impacto ambiental del proyecto o actividad en el SEIA, en la Figura 1 se ilustra el alcance de esta Guía.

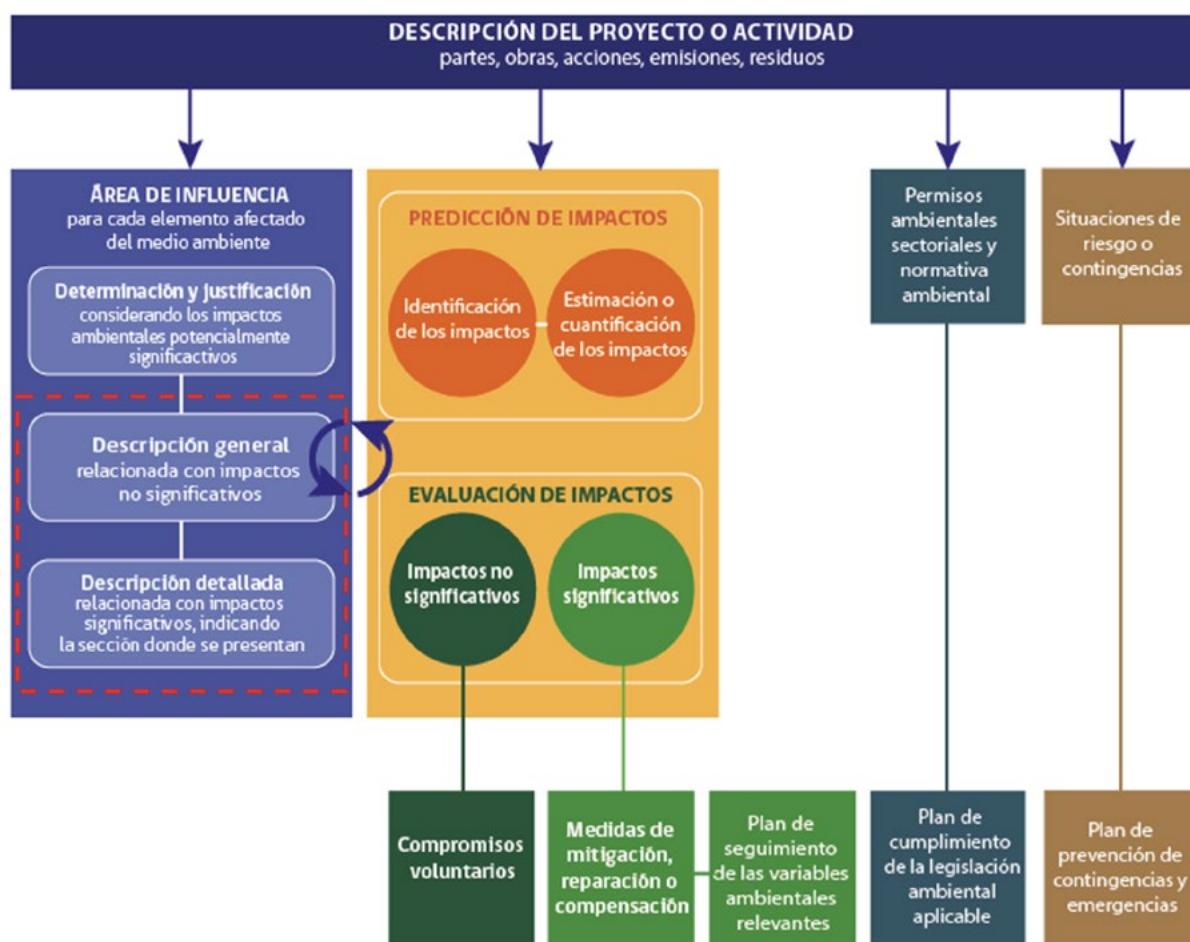


Figura 1. Alcances de esta Guía en el marco del proceso de evaluación ambiental

Fuente: elaboración propia

Como se puede observar en la Figura 1, la identificación de partes, obras y acciones forma parte de la **descripción del proyecto**, tanto en una DIA como en un EIA. A partir de dicha descripción es posible realizar una primera identificación de impactos, la que se complementa una vez conocida las características de las **áreas de influencia (AI)**, en cuya descripción se centra la presente Guía.

Para establecer si los impactos identificados son o no significativos se requiere realizar una estimación del impacto, ya sea cualitativa o cuantitativa

dependiendo del elemento **objeto de protección (OP)** y la información disponible. A la identificación y estimación de impactos se le denomina **predicción de impactos**, la cual no forma parte del alcance de la presente Guía, así como tampoco la determinación de la significancia de estos, etapa denominada **evaluación de impactos**. Sin embargo, la presente Guía permite alimentar estas etapas al complementar y redefinir en función de los impactos las características del AI.

1.3 Órganos con competencia ambiental sobre los ecosistemas marinos

Los organismos con competencia ambiental que tienen la atribución para pronunciarse sobre la descripción de los ecosistemas marinos, la predicción y evaluación de impactos, y la idoneidad de las medidas relacionadas, son la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (Subpesca), el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (Sernapesca), la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (Directemar) y el Ministerio del Medio Ambiente (MMA).



2. SELECCIÓN DE METODOLOGÍAS

2. SELECCIÓN DE METODOLOGÍAS

Los tipos de impactos sobre los ecosistemas marinos determinan en gran medida las metodologías para describir los OP del medio ambiente que son receptores de dichos impactos, orientando sobre qué variables deben estimarse o medirse, así como el nivel de detalle con el cual deben levantarse los datos.

Para entender mejor las interacciones existentes entre los distintos componentes ambientales y los impactos, se recomienda considerar la presencia de singularidades ambientales⁵.

Para identificar la o las metodologías que mejor caractericen los impactos identificados, se deben considerar los criterios que se presentan a continuación.

2.1 Escalas y representación cartográfica

Según la lógica fundada en impactos, las escalas y nivel de detalle de la información para la descripción del AI depende de lo siguiente:

- OP del ecosistema marino receptores de impactos.
- Singularidades ambientales identificadas.
- Distribución y extensión espacial de los impactos ambientales.

La escala cartográfica debe cumplir el requerimiento de representar las singularidades ambientales al nivel de detalle en el cual se manifiestan y, con ello, permitir la descripción de los elementos del ecosistema marino en función de los impactos que en estos se generan o presentan. Por ejemplo, para representar y describir especies que habitan en la columna de

agua, y que presentan una alta heterogeneidad específica en una distribución de gran extensión, se requiere de una mayor escala cartográfica en comparación a la representación y clasificación de especies que habitan en la zona intermareal, ya que, a pesar de tener también una riqueza heterogénea, posee una distribución más acotada.

Toda representación cartográfica se puede realizar, indistintamente, tanto en el sistema de coordenadas UTM como geográficas, siendo requisito la utilización del Datum Sirgas o el Datum WGS84, y en el caso de las coordenadas UTM, la utilización de los husos correspondientes al territorio nacional⁶. En la cartografía se debe indicar la escala, norte, simbología, grilla de referencia indicando coordenadas, fuente de información y datos geodésicos.

⁵ Son aquellas características propias de un componente ambiental ubicado en determinado territorio que lo distinguen del mismo componente en otro sitio, dado su carácter único, representativo, relictual, de escases, fragilidad, estado de amenaza, o bien por la relevancia crítica o estructural que este tiene respecto del funcionamiento de un sistema ambiental.

⁶ Los husos correspondientes son: 18 y 19 en territorio continental; 12, 13 y 17 en el territorio insular, islas de Pascua, Salas y Gómez y Juan Fernández, respectivamente.

La cartografía debe presentarse en los formatos shp (*shapefile*), el que es compatible con la mayoría de las herramientas de sistemas de información geográfica (SIG), y en formato kml o kmz (*Google Earth*), sin perjuicio de que adicionalmente se presenten en formatos dwg o dxf (*Autocad*). Cabe destacar que la información cartográfica en formato pdf, jpg u otros, representan imágenes que, si bien son de fácil visualización, no constituyen información adecuada para evaluar por sí sola la dimensión espacial de los atributos del territorio que estas representan.

Sin perjuicio de lo antes indicado, se deberán considerar los requerimientos de la normativa ambiental sectorial e instructivos vigentes aplicables a los proyectos que ingresan al SEIA, por ejemplo, instructivos SHOA, Resolución Exenta N°3.612, de 2009, de Subpesca, entre otros.

Con relación al nivel o escalas de la información de carácter espacial, se recomienda considerar lo siguiente:

2.2 Contenidos mínimos de la metodología

Independientemente de la metodología que se adopte para el levantamiento de información, se debe incluir la **descripción y justificación de la metodología empleada**, presentando:

- Objetivos de las metodologías seleccionadas.
- Modelo conceptual (diagrama o esquema), especificando los impactos del proyecto en los componentes del ecosistema marino y de las metodologías a utilizar.

- **Levantamiento general:** corresponde al levantamiento que debe ser realizado en el AI cuando no existen singularidades ambientales. Se sugiere una escala máxima de 1:50.000 y mínima de 1:10.000.
- **Levantamiento exhaustivo:** corresponde al levantamiento que debe ser realizado en el AI cuando existen dentro de sus límites singularidades ambientales. Se sugiere una escala máxima de 1:10.000.

Se hace presente que la escala cartográfica no necesariamente guarda relación con el nivel de detalle de la información requerida para la descripción del área de influencia de los diferentes OP. Por ello, es posible la coexistencia de diferentes niveles de detalle de la información en función de cada impacto/componente. De esta forma, se debe elegir un diseño de muestreo que proporcione efectivamente del nivel de detalle de la información que se pretende levantar.

- Respecto de los métodos utilizados para la descripción de los elementos del ecosistema marino, se debe señalar:
 - nombre del o de los métodos.
 - memoria explicativa del diseño muestral que contenga:
 - superficie comprendida por el muestreo.
 - georreferenciación de cada unidad muestral (puntos o polígono de muestreo).

- 2.
- número y temporalidad de campañas.
 - variables a medir y su justificación.
 - método de extrapolación de datos y su justificación.
 - validación de las estimaciones obtenida con modelos.
 - resultados de ensayos o análisis del agua o de sedimentos de todos aquellos parámetros fisicoquímicos que no se miden en terreno, deben certificarse por laboratorios acreditados ante el Instituto Nacional de Normalización (INN) y la normativa sectorial respectiva.
 - método para asegurar la trazabilidad de las muestras y los límites de detección referidos por el laboratorio.
 - indicar las bases de datos utilizadas como información de apoyo, identificando origen y año de obtención de la información, series de tiempo incluidas, método de validación de los datos, revisión bibliográfica, entre otros.
 - representar en cartografía georreferenciada los elementos del ecosistema marino; indicando si corresponde a levantamiento propio o existente, origen de la carta base (SHOA, propia, otra), exactitud y validación de la cartografía, software utilizados, entre otros. En un SIG, el concepto de exactitud o fidelidad se expresa como el grado de similitud o disimilitud del producto (mapa analógico o digital) con respecto al mundo real que representa. Los métodos más utilizados para calcular la exactitud geodésica son test basados en la estimación del Error Medio Cuadrático (RMSE). Por ejemplo, para mapas impresos se sugiere utilizar la prueba National Map Accuracy Standard (NMAS)⁷.

2.3 Equipo de trabajo

Es necesario tener en consideración que el levantamiento de información sobre el AI requiere de profesionales y técnicos con experiencia en las ciencias del mar, debidamente calificados y con competencias comprobadas. En el caso de

caracterización ambiental para proyectos de acuicultura, se deberá considerar además el D.S. N°15, de 2011, de Subpesca y sus modificaciones.

2.4 Instrumental

Todo instrumental utilizado, tanto en terreno como en los análisis de laboratorio, deberá estar debidamente homologados, calibrados y con las mantenciones correspondientes, considerando la

entrega de los certificados de calibración vigente. Asimismo, será necesario entregar los zarpes de las embarcaciones utilizadas.

⁷ La validación se calcula sobre la base de la diferencia - error - de la ubicación medida de un punto respecto de la ubicación representada en el mapa y se compara con los estándares establecidos en el NMAS de acuerdo con la escala, corroborándose que el mapa tiene la exactitud requerida para el trabajo.

2.5 Normativa de monitoreo en terreno

En todos los casos se debe cumplir con los requerimientos establecidos por la normativa. Por ejemplo, el *Permiso para realizar pesca de investigación* necesario para el seguimiento de las poblaciones de especies hidrobiológicas⁸; la

inscripción de las embarcaciones en el registro correspondiente, y las autorizaciones que la tripulación deba tener según su función.

2.6 Tipos de análisis según tipo de impactos ambientales

A partir de la identificación de los impactos y de los OP, se debe establecer un modelo conceptual de impactos.

Para efectos del análisis se deben considerar las singularidades ambientales y todos los atributos relevantes del AI del proyecto o actividad. En el caso de que se identifique la presencia de singularidades ambientales, será necesario realizar un levantamiento exhaustivo, por el contrario, si estas no son detectadas, se procederá a realizar un levantamiento general. En función de esto se procede a la selección de las metodologías.

A continuación, en la Tabla 1 se presenta ejemplos de impactos en los componentes del ecosistema marino, asociando estos a los tipos de análisis abarcados por las metodologías del Capítulo 3 de esta Guía. Cabe destacar que cualquier cambio en un componente tiene la potencialidad de afectar al ecosistema en su conjunto, ya sea en términos de su composición, estructura o funcionamiento, análisis que el titular tendrá que realizar sobre la base de los antecedentes científicos que levante. Se sugiere revisar la Guía de Evaluación de Efectos Adversos sobre Recursos Naturales Renovables (SEA, 2015a). Los impactos indicados en la Tabla 1 son referenciales, por tanto, no consideran todos los impactos que un proyecto puede generar.

⁸ Ref. D.S. N°461, de 1995, del Ministerio de Economía, que Establece requisitos que deben cumplir las solicitudes sobre pesca de investigación.

Tabla 1. Resumen de tipos de análisis según tipo de impacto ambiental

Elemento	Tipo de impacto ambiental	Tipos de análisis
Agua	Alteración o cambios en las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua.	Caracterización química y microbiológica de la columna de agua mediante la toma de muestras y envío a laboratorio. Determinación de parámetros microbiológicos (diversidad, análisis microbial <i>fingerprinting</i> , entre otros) y químicos, incluyendo clorofila a (concentración).
		Caracterización física y química de la columna de agua con sensores y equipos <i>in situ</i> de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, turbidez, pH, profundidad, entre otros.
		Caracterización mediante imágenes satelitales de: temperatura, clorofila a (índicador de concentración de fitoplancton), determinación de plumas de surgencia y áreas de retención aguas cálidas, corrientes geostróficas, entre otros.
		Modelación de dispersión de efluentes y zonas de interacción de efluentes de diferentes fuentes causando efectos acumulativos. Modelación de cambios en las concentraciones y propiedades fisicoquímicas de la columna de agua. Simulación, análisis estadístico y representación cartográfica.
Fondo marino	Alteración o cambios de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del fondo marino.	Caracterización de los sedimentos mediante toma de muestras para envío a laboratorio. Análisis granulométrico, mineralógico, químicos, físicos y microbiológicos. Determinación de Índice de geoacumulación de metales pesados.
		Análisis de imagen del perfil estratigráfico del sedimento del fondo marino.
		Ánálisis <i>in situ</i> de parámetros físicos, químicos y microbiológicos de fondos blandos con equipos y sensores.

		<p>Modificación de las propiedades en las comunidades del plancton (ictioplancton, fitoplancton y zooplancton).</p> <p>Estudio de plancton a través de toma de muestras tanto verticales como horizontales en una grilla representativa del área de estudio, mediante el uso de redes con aperturas de mallas acordes a cada componente planctónico, así como de bombas de succión o botellas oceanográficas.</p> <p>En casos de proyectos con succión de agua de mar realizar muestreo en estación vertical Yo-Yo durante ciclo circadiano de 24 hrs.</p> <p>Análisis en laboratorio para la determinación taxonómica, abundancias y biomasa.</p> <p>Utilización complementaria a las tomas de muestras, de registros visuales con grabadora de plancton <i>Video Plankton Recorder</i> (VPR).</p>
Biota marina		<p>Estudio de la fauna íctica, mediante registro visual de transectas o áreas definidas (para determinación taxonómica, número de individuos, tamaños y peso aproximado).</p> <p>Levantamiento de información de los registros pesqueros de Sernapesca.</p> <p>De ser necesario estudios de toxicidad o bioensayos, realizar muestreos con captura utilizando artes o aparejos de pesca, para la realización de análisis en laboratorio.</p>
		<p>Modificación de las propiedades de las comunidades de flora y fauna marina.</p> <p>Caracterización de la comunidad macrobentónica de fondo blando submareal e intermareal, mediante la toma de muestras y análisis en laboratorio para la determinación taxonómica, abundancias y biomassas. Con estos resultados se realizan análisis ecosistémicos y estadísticos.</p>
		<p>Caracterización de la comunidad macrobentónica de fondo duro submareal e intermareal, mediante el uso de cuadrículas o definición de transectas para el conteo y determinación taxonómica <i>in situ</i> o a través de medios visuales (fotografías o filmaciones submarinas).</p>
		<p>Filmación de video, con vehículo operado vía remota o mediante buceo (en profundidades someras), para posterior elaboración de cartografía binómica.</p>

2.

Medio físico⁹	No aplica.	Muestreos para la determinación de bancos naturales de recursos hidrobiológicos.
		Mediciones mediante un sonar de barrido lateral (<i>Side Scan Sonar - SSS</i>) para posterior elaboración de cartografía bionómica.
		Observaciones <i>in situ</i> de aves, reptiles y mamíferos marinos (determinación taxonómica, número de individuos y, en lo posible, estado de desarrollo y sexo). Cálculos estadísticos y matemáticos que permitan estimar abundancia y riqueza.
		Medición de oleaje, corrientes (lagrangianas y eulerianas) y altura de mareas <i>in situ</i> .
		Modelación y simulación de dinámica marina local.
		Prospecciones geofísicas para la determinación morfológica del fondo marino (sísmica).

Fuente: elaboración propia

⁹ Si bien agua y fondo marino son parte del medio físico de un ecosistema, en la presente tabla se presentan separados ya que agua y fondo marino (suelo) son objetos de protección en el SEIA, no así los demás atributos del medio físico. Ref. letras e.1) y e.4) del artículo 18 del Reglamento del SEIA.





3.

METODOLOGÍAS PARA LA DESCRIPCIÓN DE ECOSISTEMAS MARINOS

3. METODOLOGÍAS PARA LA DESCRIPCIÓN DE ECOSISTEMAS MARINOS

En el presente capítulo se presentan 29 métodos que se pueden utilizar para el levantamiento de información requerido para la descripción de los ecosistemas marinos.

Cabe hacer presente que algunos de estos métodos se encuentran actualmente normados, como los siguientes casos:

- Subpesca. Resolución N°3.612, de 2009 que Fija las Metodologías para Elaborar la Caracterización Preliminar de Sitio y la Información Ambiental; relacionada con los contenidos técnicos y formales del permiso ambiental sectorial establecido en los artículos 116 del Reglamento de SEIA, *Permiso para Realizar Actividades de Acuicultura*. Se recomienda revisar (SEA, 2021).
- Subpesca. Resolución Exenta N°2.353, de 2010, y sus modificaciones Res. Ex. N°2474, de 2010 y Res. Ex. N°387, de 2014, que Establece Metodología para la Determinación de Bancos Naturales de Recursos Hidrobiológicos para Fines que Indica.
- SHOA, 2005. PUB 3201 Instrucciones Oceanográficas N°1 Especificaciones Técnicas para Mediciones y Análisis Oceanográficos.
- SHOA, 2019. PUB 3105 Instrucciones Oceanográficas N°5 Especificaciones Técnicas y Administrativas para la ejecución de Batimetrias con Valor Hidrográfico.
- SHOA, 2008. PUB 3110 Instrucciones Hidrográficas N°10 Especificaciones Técnicas para la elaboración de Planos Marítimos del Borde Costero.
- Organización Hidrográfica Internacional (OHI). 2008. Publicación Especial N°44, Normas de la OHI para los Levantamientos Hidrográficos.

Se debe considerar que existen métodos estandarizados que tienen amplio uso por parte de los Oaecas sobre los ecosistemas marinos. Entre ellos se encuentran los *Standard Methods*, publicados por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), que han sido formalmente incorporados en el muestreo y análisis de aguas marinas, sedimento y biota por parte del Programa de Observación del Ambiente Litoral (POAL) de Directemar¹⁰. Por su parte, la Organización Marítima Internacional (IMO) posee una variada gama de publicaciones, tanto de tipo ambiental como de prevención de riesgos y otros¹¹, las cuales deben aplicarse en virtud de las características de cada proyecto.

¹⁰ Metodologías utilizadas en el Programa de Observación del Ambiente Litoral (POAL) están disponibles en la página web de Directemar www.directemar.cl.

¹¹ Publicaciones del International Maritime Organization (IMO) están disponibles en su página web www.imo.org.

Por lo tanto, los métodos presentados en esta Guía pueden complementarse con otros que estén normados o bien validados internacionalmente. En cualquier caso, el titular deberá justificar y fundamentar técnicamente los métodos que haya decidido utilizar.

A continuación, la Tabla 2 presenta un listado de las metodologías que se detallan en los numerales 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4 de esta Guía. De las metodologías presentadas, tres se utilizan para el análisis de la columna de agua, cinco para fondo marino, dieciséis vinculadas a biota marina y cinco para el medio físico. Se presenta y describe cada método; se indica si las variables del método son cuantitativas o cualitativas; se presenta su procedimiento de aplicación; el tipo de resultados; las fuentes de errores más comunes; los equipos o materiales requeridos, y una lista de bibliografía de referencia.

Tabla 2. Listado de las metodologías por OP o atributo

OP o atributo	Nombre del método	Breve descripción	Detalles en Tabla N°
Agua	Toma de muestras de agua y análisis en laboratorio.	Utilización de botellas oceanográfica (<i>Niskin</i>) para la toma de muestras de agua a distintas profundidades para su posterior análisis fisicoquímico y biológico en laboratorio.	3
	Caracterización fisicoquímica del agua <i>in situ</i> .	Utilización de sondas uniparamétricas o multiparamétricas (como CTD) para la obtención de perfiles verticales a lo largo de la columna de agua de distintos parámetros como temperatura, salinidad, turbidez, clorofila a y oxígeno.	4
	Modelación de dispersión de efluentes.	Utilización de datos representativos de distintas condiciones de viento, oleaje, mareas y corrientes para la simulación del comportamiento de dispersión de efluentes mediante software especializados. Se debe indicar los parámetros geométricos e hidrodinámicos de entrada y salida del modelo (Jirka & Akar, 1991).	5
Fondo marino	Equivalencia entre distinta identificación de tamaño de granos.	Distribución del tamaño de las partículas mediante método de determinación granulométrico.	6
	Granulometría de fondos blandos.	Estudio de muestras de sedimento para determinar las distintas fracciones de tamaño presentes y análisis estadísticos para la caracterización del sedimento (moda, D50, y porcentaje de finos). Según metodologías Res. Ex. N°3.612, de 2009, de Subpesca.	7
	Imagen del perfil del fondo.	Técnica subacuática mediante el uso de un sonar monohaz o multihaz, ecosonda, o ecosonda de barrido lateral, que permitan penetrar en el fondo, para la obtención del perfil vertical de la interfaz sedimento y columna de agua; las que se utilizan para la estimación de procesos biológicos, químicos y físicos que ocurren en aproximadamente los primeros 20 cm del sedimento.	8

Biota marina	Muestreo y análisis de parámetros fisicoquímicos del sedimento.	Toma de muestras de sedimentos mediante dragas, corer u otros sistemas para su análisis fisicoquímico en laboratorio. Algunas medidas, como el potencial redox o pH, suelen realizarse <i>in situ</i> . Los ensayos microbiológicos se analizan mediante técnicas de filtración por membrana, extracción de ADN, secuenciación de marcadores moleculares y análisis filogenéticos o de <i>fingerprinting</i> , además, cultivo y recuento de microorganismos indicadores de contaminación fecal.	9
	Análisis mineralógico de sedimentos.	Toma de muestras de sedimentos con draga para observar el color, brillo, dureza, forma y densidad de los minerales presentes y así determinar sus características básicas y origen.	10
	Estudio del ictioplancton - toma de muestras y análisis en laboratorio.		11
	Estudio del fitoplancton - toma de muestras y análisis en laboratorio.	Utilización de redes de plancton o botellas oceanográficas para la obtención de muestras para caracterizar las poblaciones planctónicas a distintas profundidades.	12
	Estudio del zooplancton - toma de muestras y análisis en laboratorio.	Otras alternativas, en especial para los casos en que no sea posible utilizar redes de plancton o bien para complementar dicha información, son: el uso de equipos remotos (VPR) que capturan imágenes y realizan estimaciones de biomassas del zooplancton, permitiendo conocer los patrones de distribución de los diferentes grupos zooplánctonicos en la columna de agua <i>in situ</i> . Estos equipos presentan algunas limitaciones que deben ser consideradas previo a su uso (Medellín-Mora & Escribano, 2013); o mediante imágenes satelitales para la determinación indirecta de fitoplancton a partir de lecturas de clorofila a.	13
	Grabadora de plancton - <i>Video Plankton Recorder</i> (VPR).		14
	Método de análisis de imágenes satelitales sobre fitoplancton.		15

	Método de estudio de la abundancia de peces.	Determinación taxonómica de los peces mediante el uso de videos, fotografías o a través de observación directa por buzos especialistas. Con dichos registros se realiza una determinación de la abundancia relativa de cada especie observada (número de ejemplares contados en los elementos de muestreo).	16
	Determinación de bancos naturales de recursos hidrobiológicos bentónicos	<p>Para aquellos sectores que cuenten con registros bibliográficos actualizados, es posible utilizarlos en reemplazo de un levantamiento de información <i>in situ</i>.</p> <p>Solo en casos justificados, que requieran análisis específicos (como bioensayos, contenidos de metales pesados, entre otros), se podrá extraer un número acotado de ejemplares.</p>	17
	Caracterización de las comunidades macrobentónicas submareales de fondo blando.	Toma de muestras de sedimento con draga o <i>box corer</i> , o <i>corer</i> manipulado por buzo en una superficie de muestreo conocida ($0,1\text{ m}^2$). La identificación y cuantificación de la macrofauna hallada en el sedimento se realiza mediante la separación de los organismos presentes en el material inorgánico. La caracterización final se basa en cálculos de índices ecológicos como riqueza, diversidad, densidad, uniformidad, indicadores ambientales como el AMBI, curvas ABC, especies indicadoras, junto con la determinación de las abundancias y biomassas, además de análisis de ENMD, entre otros.	18
	Caracterización de las comunidades macrobentónicas submareales de fondo duro.	Observaciones <i>in situ</i> mediante buceo científico y el uso de cuadratas para la identificación de los organismos y la valoración semi cuantitativa de su cobertura y abundancia. Las observaciones pueden complementarse con fotografía de la parcela de estudio o la extracción de los organismos presentes para su identificación en el laboratorio.	19
	Caracterización de las comunidades bentónicas intermareales de playas de arena.	Uso de <i>corero</i> o saca testigo estándar de PVC (de 100 cm^3 de sección transversal), para la toma de muestras de arena en cada estación de muestreo. La identificación y cuantificación de las comunidades bentónicas en el sedimento se realiza mediante la separación de los organismos presentes en el material inorgánico. La caracterización final se basa en cálculos de índices ecológicos como riqueza, diversidad, y uniformidad, junto con la determinación de las abundancias y biomassas, entre otros.	20

	Caracterización de las comunidades bentónicas intermareales de playas rocosas.	Uso de cuadratas (de 0,25 m ²) para el conteo (valoración semi cuantitativa de la abundancia) y determinación taxonómica de los organismos. Las observaciones en el área de muestreo pueden complementarse con fotografías y, de ser necesario la extracción de los organismos para su posterior identificación en laboratorio.	21
	Determinación de las comunidades de macroalgas intermareales - distribución, cobertura y abundancia.	Determinación de la superficie ocupada por macroalgas (porcentaje de cobertura) en las zonas intermareal. Para la macrofauna de la zona intermareal se determinan transectas, así como su distribución batimétrica y abundancia.	22
	Cartografía bionómica mediante filmación de video.	Filmación remota de los fondos marinos para la determinación de las comunidades presentes y su caracterización, así como la definición de sus límites al analizar y georreferenciar la información obtenida.	23
	Método de muestreo de aves marinas.	Métodos visuales utilizados para el estudio de poblaciones de aves y mamíferos marinos. Cuantificación por puntos o estaciones de muestreo, transectos franja y transectos lineales. Recopilación de datos y realización de cálculos estadísticos y matemáticos.	24
	Método de muestreo de mamíferos marinos.		25
	Cartografía bionómica mediante <i>Side Scan Sonar</i> (SSS).	Captura de datos del fondo marino mediante técnicas de auscultación, con el objetivo de posteriormente crear información georreferenciada de los fondos y la caracterización y definición de los límites de las comunidades presentes.	26

Relación con el medio físico.	Medición de viento, oleaje, corrientes y marea <i>in situ</i> .	Instalación de equipos de medición continua como estaciones meteorológicas, olomareógrafos, correntómetros y mareógrafos, así como también el uso de derivadores que permitan caracterizar la variabilidad oceanográfica del lugar. La instalación de dichos equipos y el procesamiento de datos, deberá cumplir con los requisitos que determina el SHOA, en su Instructivo Oceanográfico N°1.	27
	Modelación de la dinámica marina.	Utilización de modelos para la simulación de la dinámica marina (campo cercano y campo lejano). El modelo deberá ser capaz de representar el fenómeno en estudio tanto en su escala espacial como temporal. Además, deberá contar con las mediciones necesarias para la calibración y validación del modelo.	28
	Estimación de la geomorfología y composición del fondo marino.	Mediante técnicas de prospección geofísica se obtienen registros sísmicos de elevada resolución acústica, que permiten caracterizar la morfología y composición del fondo y subsuelo de la zona de estudio. Se detecta la presencia de elementos geológicos y sucesos anómalos relevantes.	29
	Estudio del fondo marino - batimetría.	Realización de levantamientos batimétricos (sondas mono o multihaz) del área de influencia, el cual deberá realizarse considerando las Instrucciones Hidrográficas N°5, del SHOA.	30
	Análisis de la dinámica sedimentaria local.	Realización de estimaciones de la tasa media de transporte sedimentario, empleando análisis de transporte de sólidos, régimen de oleaje y corrientes en aguas someras. Estos análisis ayudan a la predicción de impactos sobre el fondo marino y la biota ante la alteración por ejecución de obras, como lo son los disipadores de oleajes, puertos, entre otros.	31

Fuente: elaboración propia

3.1 Agua marina

El cambio de las características físicas y químicas de una columna de agua es un impacto propio de proyectos o actividades que se emplazan en una zona costera. Existen diferentes metodologías para predecirlo, según sea el parámetro físico o químico que se quiera analizar.

Con relación a efluentes de un proyecto o actividad, se realizan modelaciones de dispersión que permiten evaluar la alteración de la calidad del agua debido a los contaminantes presentes en dichos efluentes. También existen métodos oceanográficos ampliamente utilizados para la caracterización y análisis de parámetros físicos y químicos del agua marina, como son las mediciones *in situ* mediante sondas uniparamétricas o multiparamétricas como el CTD (*Conductivity, Temperature, Depth*) y la toma de muestras de agua mediante botellas oceanográficas para su posterior análisis en el laboratorio.

Para los métodos de toma de muestras de agua hay que tener en cuenta que es una operación delicada, que debe llevarse a cabo con el mayor cuidado, dado que condiciona los resultados analíticos y su interpretación. Los equipos para llevar a cabo la toma de muestras serán función de las condiciones físicas del lugar de muestreo y de los parámetros a analizar.

De manera general, la muestra debe ser homogénea y representativa, y no modificar las características físicas, químicas o biológicas del agua (gases disueltos, materias en suspensión, entre otros). Los tipos de envase a usar dependen del tipo de análisis que se va a realizar. Asimismo, dichos envases requieren un tratamiento previo de limpieza, esterilización u otro, en función de los parámetros a determinar.

En los casos en que se utilizan los métodos de análisis mediante sondas uniparamétricas o multiparamétricas *in situ*, se debe tomar muestras de agua en al menos una estación de muestreo (la más profunda) para la verificación o corrección de los datos obtenidos mediante sondas, referidos a conductividad y oxígeno disuelto mediante el método de Winkler. De igual manera, para la caracterización de efluentes mediante modelación se deben utilizar datos de la(s) variable(s) objetivo del estudio, obtenidos mediante sondas o toma de muestras, para la validación de la modelación.

A continuación, se presentan los siguientes métodos, y en las Tablas 3, 4 y 5 una descripción más detallada de ellos:

- Toma de muestras de agua y análisis en laboratorio.
- Caracterización fisicoquímica del agua *in situ*.
- Modelación de dispersión de efluentes.

Tabla 3. Toma de muestras de agua y análisis en laboratorio

Nombre del método	Toma de muestras de agua y análisis en laboratorio
Tipo de método	Campo / Laboratorio / Gabinete.
Descripción del método	<p>Se recogen las muestras de agua mediante la botella oceanográfica (tipo <i>Niskin</i>), las que luego se transportan al laboratorio para realizar el análisis de parámetros químicos tales como sólidos en suspensión, carbono orgánico total, nitrógeno total, fósforo total, clorofila a, metales pesados, entre otros. Con este tipo de muestreo también se realizan análisis de bacteriología y organismos planctónicos (fitoplancton y zooplancton).</p> <p>Para el caso de toma de muestras para la determinación de metales pesados, se deberán cubrir todos los elementos metálicos que constituyen la botella como, por ejemplo, los resortes, a fin de no contaminar la muestra. Además, no deberá utilizarse cable hidrográfico metálico.</p> <p>Con los resultados de los análisis se crean tablas de datos y gráficos para facilitar la interpretación. Además, estos datos pueden ser comparados con valores estándares de calidad de aguas, permitiendo sacar conclusiones sobre los resultados obtenidos.</p>
Método apto para un levantamiento exhaustivo/normal	Normal en función del diseño del muestreo.
Tipo de impacto ambiental	Alteración en las propiedades químicas y microbiológicas del agua.
Variables cuantitativas	<p>Concentración de parámetros químicos ($\mu\text{g/l}$).</p> <p>Unidades formadoras de colonias/100 ml.</p> <p>Abundancia (nº ind), biomasa (mg/m^3), densidad (ind/m^3).</p>
Variables cualitativas	Identificación de especies planctónicas.
Procedimiento	<p>Se diseña el plan de muestreo en función de la batimetría y morfología de la costa, así como del fenómeno y obras del proyecto que se requiera caracterizar y analizar, entre otros.</p> <p>Según el tipo de muestreo, se deberá establecer un mínimo de estaciones de control, de preferencia en un área no intervenida industrialmente y fuera del área de estudio. La frecuencia de muestreo debe ser tal, que permita incorporar la variabilidad estacional del cuerpo de agua en el muestreo.</p>

	<p>En cualquier caso, el titular debe justificar la cantidad de muestras tomadas, la frecuencia y distribución de los sitios de toma de muestras.</p> <p>Una vez definida la grilla de muestreo, profundidad y temporalidad, se procede a realizar el muestreo desde una embarcación debidamente reglamentada para dichas operaciones, realizando la toma de muestras mediante botellas oceanográficas, en a lo menos tres diferentes profundidades (superficial, media y profunda), de tal forma que queden bien representados y caracterizados los estratos sobre y bajo la picnoclina.</p> <p>Se recomienda antes de bajar la botella hacer una revisión de la capa superficial, por si existen manchas de aceite (provenientes a veces desde la misma embarcación) u otras sustancias, para no contaminar las botellas, evitando contaminación cruzada de las muestras. Verificado lo anterior, se desciende la botella hasta la profundidad de muestreo y a través de un cable oceanográfico, se envía un mensajero (peso) que libera el mecanismo de cierre de la botella, obteniendo un volumen de agua en la profundidad deseada.</p>
Tipo de resultados y presentación	Tablas de datos, gráficos comparativos, gráficos de seguimiento y evolución de un parámetro, entre otros. Se recomienda revisar el trabajo de Thomson & Emery (2014).
Ventajas o limitaciones del método	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none">- Botella oceanográfica suele no generar contaminación metálica de las muestras, ya que es de PVC. <p>Limitaciones:</p> <ul style="list-style-type: none">- Muestreo de pequeños volúmenes de agua.- Las profundidades de muestreo tienen que fijarse antes que las botellas sean bajadas.- Posible fallo en el cierre de la botella (multiplicando el muestreo).- Posible contaminación de la muestra a bordo.- Posible contaminación en la botella, en caso de que presente algunas piezas metálicas en su interior.
Consideraciones	<p>Incluir al menos tres réplicas por muestra.</p> <p>Se debe tener en cuenta la conservación de las muestras según el análisis a realizar.</p> <p>Considerar la metodología analítica de POAL.</p>

Fuentes comunes de error	Contaminación exógena de materiales o equipos. Inadecuado almacenaje de muestras antes del procesamiento.
Equipos requeridos / material de apoyo	<ul style="list-style-type: none"> - Botella oceanográfica. Para muestreo en columna de agua Botellas Verticales Tipo <i>Niskin</i> y para muestreos de agua colindante al fondo marino Botellas horizontales tipo <i>Van Dorn</i>. - Formulario para la anotación de la información relevante (coordenadas, profundidad, características visuales como condiciones meteorológicas, entre otras). - Envases para el almacenamiento de las muestras. - Equipo de laboratorio necesario para la aplicación del método.
Referencias bibliográficas	<p>American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation. 2012. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Edition 22.</p> <p>Australian and New Zealand Environment and Conservation Council. 1992. Australian Water Quality Guidelines for Fresh and Marine Waters. Australia.</p> <p>Canadian Water Quality Guidelines. 1992. Updated version of Canadian water quality guidelines 1987. Prepared by the Task Force on Water Quality Guidelines of the Canadian Council of Resource and Environmental Ministers. Canada.</p> <p>Richard, E.T. & W.J. Emery. 2014. Data Analysis Methods in Physical Oceanography. Elsevier B.V. 716pp.</p> <p>Strickland, J.D. & T.T. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Fisheries Research Board of Canada. Second Edition. Ottawa.</p>

Fuente: elaboración propia

Tabla 4. Caracterización fisicoquímica del agua *in situ*

Nombre del método	Caracterización fisicoquímica del agua <i>in situ</i>
Tipo de método	Campo / Gabinete.
Descripción del método	<p>Para la caracterización física y química del agua de mar <i>in situ</i> se utilizan sondas/perfiladores uniparamétricos y multiparamétricos. Para este tipo de método se pueden hacer mediciones puntuales en estaciones de muestreo previamente seleccionadas con periodicidad variable, según el tipo de estudio, o mediciones continuas de perfil con la instalación de sondas en lugares específicos que realizan lecturas permanentes de diferentes parámetros físicos y químicos del agua. El instrumento estándar más utilizado para la caracterización fisicoquímica del agua de mar es la sonda CTD, que mide parámetros como conductividad, salinidad, temperatura, oxígeno disuelto y profundidad (presión).</p> <p>Estos instrumentos tienen la posibilidad de llevar instalados otros sensores como turbidímetros o fluorímetros. También se utilizan sondas uniparamétricas, que son aquellas que miden solo un parámetro (ph metros, turbidímetros).</p> <p>Con estos instrumentos debidamente calibrados se pueden obtener registros de temperatura, salinidad, turbidez, pH, entre otros, a lo largo de la columna de agua o en una profundidad específica. Los datos que recopilan estas sondas generalmente pueden ser visualizados <i>in situ</i>. Los datos brutos obtenidos son tratados con software específicos para discriminar los valores atípicos o erróneos. Una vez procesados los valores, se generan tablas de datos y gráficos de perfiles de temperatura, oxígeno disuelto, salinidad, diagramas T-S, entre otros, según el tipo de estudio que se quiera llevar a cabo.</p>
Método apto para un levantamiento exhaustivo/normal	Posibilidad de obtener datos en continuo o medidas puntuales, a una determinada profundidad o en toda la columna de agua. La exhaustividad depende de la aplicación de los criterios presentados en los Capítulos 3 y 4 de la presente Guía.
Tipo de impacto ambiental	Cambio en las propiedades físicas y químicas del agua.
Variables cuantitativas	Parámetros fisicoquímicos del agua: temperatura (°C), salinidad (PSU), oxígeno disuelto (mg/L), turbidez (NTU) y clorofila a (µg/L).
Variables cualitativas	No aplica.

Procedimiento	<p>En las mediciones puntuales se llega a la estación de muestreo mediante sistema de localización geográfico (GPS, GPS diferencial, otros), se debe tener la precaución de observar la superficie del mar para evitar contaminar la celda de conductividad con aceite u otra sustancia ajena al agua de mar. Luego, se procede a ingresar el instrumento al agua, estabilizando por un minuto y lo más cercano a la superficie. Posteriormente, confirmando que el equipo esté siempre bajo el agua, se procede a realizar el perfil, registrando los parámetros físicos y químicos mediante la sonda multiparamétrica o uniparamétrica de toda la columna de agua o de la profundidad deseada mediante cable o cable hidrográfico. Con un <i>software</i> especializado se editan los datos brutos y según el estudio, se generan tablas de datos y gráficos de perfiles verticales u horizontales de los diferentes parámetros registrados que ayuden a la correcta interpretación de los datos.</p> <p>En las mediciones continuas (perfíles) se instalan las sondas multiparamétricas o uniparamétricas en un lugar previamente seleccionado. Una vez instalado, normalmente de forma remota, se conecta con el equipo que tiene diferentes sensores instalados y que entrega lecturas continuas de diferentes parámetros fisicoquímicos del agua. Con un <i>software</i> especializado, se editan los datos brutos y según el estudio, se generan tablas de datos y gráficos de perfiles verticales u horizontales de los diferentes parámetros analizados que ayuden a la correcta interpretación de los datos.</p> <p>Se requiere el diseño del plan de muestreo en función de la morfología y tipología de la costa y sus fondos, como así también del objetivo o fenómeno en estudio, entre otros.</p> <p>La frecuencia de muestreo debe considerar la variabilidad estacional, es decir, la mayor perspectiva temporal posible, así como las diferencias de escala que pueden afectar la zona de estudio y los fenómenos de mayor escala (El Niño, surgencias, entre otros).</p> <p>Según el tipo de muestreo, se deberá establecer un mínimo de estaciones de control, de preferencia en un área no intervenida industrialmente y fuera del área de estudio. La frecuencia de muestreo debe ser tal, que permita incorporar la variabilidad estacional del cuerpo de agua en el muestreo.</p>
Tipo de resultados y presentación	Tablas de datos, gráficos de perfiles de salinidad, temperatura, gráficos estacionales comparativos, diagramas T-S, entre otros. Se recomienda revisar el trabajo de Thomson & Emery (2014).

Ventajas o limitaciones del método	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none">- Método estandarizado y utilizado ampliamente.- Proporciona datos fiables. En el caso de las mediciones continuas permite la obtención de un volumen importante de datos y variabilidad de condiciones, lo que permite ajustar el análisis posterior de los mismos y las conclusiones derivadas. <p>Limitaciones:</p> <ul style="list-style-type: none">- El empleo de las tecnologías requiere cierta infraestructura y experiencia en su instalación.- La instalación de equipos fijos requiere de un mantenimiento periódico que garantice su correcto funcionamiento, principalmente encaminado a su limpieza para evitar que los sensores queden obturados.- Los sensores deben ser calibrados periódicamente de acuerdo con las condiciones establecidas por el fabricante de estos.
Consideraciones	<p>Estos equipos se fabrican y distribuyen calibrados, sin embargo, con el paso del tiempo y debido a situaciones propias de su uso en terreno (golpes, exposición al sol, rayadura en los sensores, entre otros) o simplemente por deriva electrónica, situación que es reconocida por los fabricantes, tal calibración se pierde. Debido a lo anterior, es necesario que estos equipos sean calibrados y certificados periódicamente por el fabricante o por un laboratorio especializado.</p> <p>Dado lo anterior, se debe acreditar a través de la certificación correspondiente que los equipos tienen sus mantenciones y calibraciones al día, según las recomendaciones del fabricante cada vez que se realice una nueva campaña de mediciones. La fiabilidad de los datos depende de su correcto estado y empleo. Se debe tener en cuenta que los sensores tienen rangos de error proporcionados por el fabricante del equipo.</p>
Fuentes comunes de error	<p>En las mediciones puntuales es posible que la sonda sufra variaciones de posición con respecto a la estación de muestreo. Estas son originadas por la deriva de la embarcación y las corrientes, y deben ser minimizadas durante la realización de las réplicas.</p> <p>En las mediciones en continuo, un incorrecto mantenimiento de los equipos en los que se fijan sedimentos o elementos bióticos puede provocar interferencias en los sensores.</p> <p>Asimismo, una incorrecta marcación de los equipos puede provocar su deslocalización o desplazamiento por accidente.</p>

Equipos requeridos / material de apoyo	<p>Sondas multiparamétricas (CTD) o uniparamétricas (turbidímetro, entre otros).</p> <p>Equipo de posicionamiento y <i>software</i> adecuado.</p> <p>Para la obtención y edición de datos se requieren profesionales especializados (oceanógrafos, biólogos marinos, entre otros). Además, es ideal que acrediten cursos de especialización en instrumentación y procesamiento de datos oceanográficos.</p> <p>Para la instalación y mantenimiento de los equipos se requieren profesionales especializados y equipamiento de buceo profesional y trabajos subacuáticos.</p>
Referencias bibliográficas	<p>American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation. 2012. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Edition 22.</p> <p>Australian and New Zealand Environment and Conservation Council. 1992. Australian Water Quality Guidelines for Fresh and Marine Waters, Australia.</p> <p>Richard E.T. & W.J. William. 2014. Data Analysis Methods in Physical Oceanography. Elsevier B.V. 716pp</p> <p>Strickland, J.D.H. & T.R. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Fisheries Research Board of Canada. Second Edition. Ottawa.</p> <p>Task Force on Water Quality Guidelines of the Canadian Council of Resource and Environmental Ministers. 1992. Canadian Water Quality Guidelines. Updated version of Canadian water quality guidelines. 1987. Canada.</p> <p>SHOA. 2014. Manual de procesamiento de perfiladores CTD-SBE. Cendhoc. Disponible en Manual de procesamiento.</p>

Fuente: elaboración propia

Tabla 5. Modelación de dispersión de efluentes

Nombre del método	Modelación de dispersión de efluentes
Tipo de método	Gabinete.
Descripción del método	A partir de los datos del entorno, se realiza un estudio estadístico mediante simulaciones numéricas en el que se recrea el comportamiento físico de una masa de líquido (efluente) que se dispersa en el entorno marino.
Método apto para un levantamiento exhaustivo/normal	Exhaustivo o normal, según criterios establecidos en los Capítulos 3 y 4 de esta Guía y otros como los parámetros de análisis, la interpolación y las condiciones de contorno que se le asignen al modelado.
Tipo de impacto ambiental	Cambio de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua.
Variables cuantitativas	Caudal del efluente y volumen de vertido. Características físicas del efluente como densidad y capacidad de dilución, tanto en el campo cercano como lejano.
Variables cualitativas	Dirección de la pluma del efluente. Frecuencia de la emisión: puntual, ocasional o continua a lo largo del tiempo. Comportamiento de la dilución en el entorno (radio de dispersión).
Procedimiento	<p>En el estudio de dispersión de efluentes se deben considerar varios factores que se obtienen a partir de los datos de las condiciones de viento, oleaje, marea, temperatura del agua y del efluente, presión atmosférica y de salinidad del agua de mar. Estas mediciones realizadas por estudios climáticos y de entorno se utilizan para recrear la simulación.</p> <p>Las variables de entrada son las que se describen a continuación y que corresponden al mínimo de datos que se considera deben ser introducidos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Viento: 8 vectores distribuidos en las 8 direcciones principales de la rosa de los vientos. - Mareas: 4 estados de marea (llenante, pleamar, vaciante y bajamar) en 3 tipos de marea distintas (mareas muertas, medias y vivas). - Salinidad, temperatura, presión atmosférica: 2 condiciones típicas de salinidad, de temperatura y de presión atmosférica, según dos épocas del año (verano e invierno).

	<ul style="list-style-type: none"> - Corrientes: 8 vectores distribuidos en las 8 direcciones principales de la rosa de los vientos teniendo en cuenta la intensidad de propagación media. <p>Las variables se introducen en un programa informático que las procesa aplicando un modelo de dispersión de efluentes; por ejemplo, el modelo Mohid, que resuelve las ecuaciones primitivas del flujo incompresible (comportamiento del efluente) y asume equilibrio hidrostático, así como las aproximaciones de Boussinesq y de Reynolds para derivar las ecuaciones de manera cartesiana, relativas a la velocidad del flujo medio horizontal, la velocidad vertical, la superficie libre y el gradiente de presiones en una discretización espacial en elementos finitos (predicción de la forma y dispersión de la pluma de vertido, si se desea a largas distancias).</p>
Tipo de resultados y presentación	<p>Los resultados se presentan en un conjunto de planos y gráficos, como mínimo deben presentarse los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Plano de situación. - Plano de la superficie de dispersión de la pluma sobre el entorno en los casos hipotéticos que se consideren. Con escalas reguladas por el tamaño de la zona afectada y el nivel de definición requerido. Las escalas varían entre 1:1.000 (para pequeños vertidos) a 1:100.000 (zonas extensas). - Gráfico de la columna de dispersión, y distribución del efluente en el entorno submarino en los casos hipotéticos que se consideren. - Gráficos complementarios de las características del agua del mar y del efluente. - Tablas de frecuencia e histogramas de intensidad y dirección para el caso de vientos y corrientes. <p>Además, se puede adjuntar un informe con todas las consideraciones a tener en cuenta, así como resultados numéricos y gráficos.</p>
Ventajas o limitaciones del método	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Este es un método en continuo desarrollo debido a los modelos matemáticos de predicción que se aplican, los que guardan similitudes con los modelos que se aplican a las predicciones meteorológicas. - Es un método estandarizado, utilizado ampliamente, que permite el análisis de múltiples escenarios en casos hipotéticos.

	<ul style="list-style-type: none">- Fiabilidad de los datos contrastados y gran nivel de aproximación a la realidad en la simulación, si los datos de entrada son completos y exactos.- Visión espacial de la dispersión.- Método muy visual que permite una fácil interpretación de los resultados. <p>Limitaciones:</p> <ul style="list-style-type: none">- Al ser una simulación puede que la realidad no se ajuste a la predicción. La simulación se limita al escenario más probable y siempre que sea posible debe ser contrastada con medidas <i>in situ</i>. Se requiere considerar siempre el escenario más desfavorable. En este sentido, será necesario considerar que existen siempre, para el caso de las descargas de efluentes, dos zonas debidamente diferenciadas en el estudio del comportamiento de estos vertidos: la región de campo cercano y la región de campo lejano.- Se necesitan datos de partida fiables.- Requiere el uso de un programa específico.- El escenario probable se ajusta a los parámetros establecidos, obteniendo una gran fluctuación con una mínima variación en dichos parámetros.
Consideraciones	<p>Se deben contrastar los datos de entrada de clima y obtenerlos con la máxima fiabilidad y precisión posible.</p> <p>Los métodos utilizados están en continua evolución. Es necesario en este sentido, realizar una investigación antes de realizar el estudio para determinar los modelos aplicables concretamente a la zona de estudio y conocer sus mejoras.</p> <p>Los trabajos deben ser realizados por técnicos especializados.</p>
Fuentes comunes de error	Datos del clima insuficientes o erróneos. Mala interpretación de los resultados.
Equipos requeridos / material de apoyo	Equipo informático con una tarjeta gráfica de gama alta. Software indicado para el estudio.

Referencias bibliográficas	<p>AZTI – Centro Tecnológico del Mar y los Alimentos. 2012. Desarrollo y mejora de los modelos predictivos. Documentos varios.</p> <p>Directemar. 2002. Guía metodológica sobre procedimientos y consideraciones ambientales básicas para la descarga de aguas residuales mediante emisarios submarinos.</p> <p>Dyke, P. 1996. Modelling marine processes. London: Prentice Hall. 152 pp.</p> <p>Environmental Protection Agency (EPA). Visual Plumes model system for simulating surface water jets and plumes. Disponible en EPA - Exposure assessment models</p> <p>Portland State University - United States Environmental Protection Agency (USEPA). CORMIX, a mixing zone model and decision support system. Disponible en http://www.cormix.info</p> <p>Technical University of Lisbon - MARETEC.MOHID, Three-dimensional water modelling system. Disponible en http://www.mohid.com</p>
-----------------------------------	---

Fuente: elaboración propia

3.2 Fondo marino

3.2.1 Parámetros físicos

El sedimento es un atributo del recurso natural renovable fondo marino; donde el tamaño de las partículas es la propiedad física fundamental del sedimento y condiciona procesos como las dinámicas de transporte y deposición, la estabilidad del sustrato bajo carga, las reacciones químicas entre las partículas finas y contaminantes, así como su permeabilidad y la difusión de los fluidos subsuperficiales, entre otros aspectos.

En un ambiente sumergido, el espacio intersticial se encuentra ocupado por el agua y su volumen está determinado por la porosidad del sedimento,

siendo mayor con las partículas más gruesas que con aquellas más finas (arcillas y limos). El tamaño de partícula del sedimento también es un factor crítico para los organismos excavadores dado que condiciona la facilidad y, por lo tanto, la profundidad hasta la que estos organismos son capaces de llegar. Esta profundidad también viene dictada por la aceptabilidad para el organismo del ambiente químico del sedimento y su agua intersticial. Por ejemplo, para la mayoría de la biota bentónica la arena limosa es un medio más aceptable que las arcillas, dado que el sedimento es más compresible.

Los procesos físicos a los que se ve sometido el sedimento tienen una influencia directa sobre su química y los contaminantes asociados. La resuspensión del sedimento es un fenómeno habitual que puede ser causado por el viento, corrientes de marea o de fondo, bioturbación por parte de organismos o efectos antrópicos como los causados por determinadas actividades pesqueras, náuticas y por aquellas asociadas a los proyectos de inversión. Todos estos efectos de movilización pueden llevar una clasificación de partículas sobre la base de su densidad o tamaño. En ausencia de perturbaciones físicas o biológicas, el movimiento de los contaminantes ocurre vía procesos de difusión a través de los poros entre las partículas de sedimento, en función de su porosidad.

El estudio de las características físicas del sedimento hace referencia principalmente al estudio de la distribución del tamaño de las partículas que lo forman. El método de determinación granulométrico más sencillo es el tamizado de la muestra. Consiste en hacer pasar una muestra a través de un juego de tamices estandarizados con una serie de mallas sucesivas de distintos anchos de entramado que actúan como filtros de los granos, determinando el porcentaje de masa acumulado en cada uno de estos, respecto a la masa de la muestra inicial. Existen métodos más exactos, especialmente para los sedimentos con un elevado porcentaje de partículas finas, como los granulómetros láser, cuyo rayo difracta en las partículas para poder determinar su tamaño.

El objetivo de un análisis de tamaño de partículas es la determinación de la frecuencia de distribución de las clases y el cálculo estadístico de la caracterización de la muestra.

Debido al amplio rango de tamaños (de arcillas a bloques), las escalas de grados más útiles para expresar tamaños son las escalas logarítmicas o geométricas que tienen una proporción fija entre los elementos sucesivos de las series. La más usada es la escala Udden-Wentworth (Wentworth, 1922), la cual se muestra en la siguiente tabla.

En algunos casos, un mayor número de granos se concentra en torno a una sola talla y su gráfico de distribución presenta un solo pico máximo, mientras que en otros casos la muestra se hace numéricamente densa en torno a dos tallas y su gráfico de distribución muestra dos picos máximos. Se conoce como moda el valor de máxima frecuencia en una muestra de medidas, la cual puede clasificarse como muestra unimodal o bimodal, respectivamente. Las diferencias modales son significativas puesto que afectan las características de transporte del sustrato.

La distribución de frecuencia de los tamaños se hace usando procedimientos estadísticos que relacionan el peso de la partícula retenida en cada tamiz y el tamaño de la malla del tamiz. Se representa usualmente en forma gráfica, donde las ordenadas contienen el porcentaje en peso de las partículas con un tamaño inferior a la luz de la malla, la cual se representa en el eje de abscisas.

Todas las muestras de sedimento natural contienen granos de distintos rangos de tamaño, por lo que, frecuentemente, es necesario caracterizar la muestra utilizando un diámetro de grano único (D) en milímetros, representativo de la mezcla en general. La mediana (M_d o D_{50}) de la distribución granulométrica es el elemento descriptor más comúnmente utilizado y se corresponde con el diámetro para el cual el 50% de la muestra, en peso, es de diámetro inferior; de forma similar son habitualmente utilizados también los percentiles

de las fracciones gruesa (D_{16}) y fina (D_{84}) como medidas de dispersión.

3.2.2 Parámetros químicos

Los sedimentos del fondo marino son una reserva y una fuente potencial de contaminantes, y reflejan de un modo fiel e integrado en el tiempo el estado de contaminación de un área, por lo que son objeto de estudio en la mayoría de los Programas de Vigilancia Ambiental (PVA) y de control de la contaminación marina.

El rol del sedimento en la contaminación química está vinculado con el tamaño de las partículas, considerándose como fracción químicamente activa las partículas de tamaño inferior a 63 μm (arcillas y limos) y con la cantidad de carbono orgánico particulado contenido en ellas. Debido a que los contaminantes se asocian en gran medida con las superficies de las partículas, se produce un aumento de la concentración de estos, conforme disminuye el tamaño de las partículas.

Es importante señalar que los contaminantes no permanecen ligados indefinidamente a los sedimentos, ya que por procesos físicos, químicos y biológicos pueden ser liberados de nuevo a la columna de agua y estar disponibles para los organismos marinos. Además, los sedimentos acumulan un determinado contaminante de distinta forma dependiendo de sus características morfológicas y geoquímicas. Los procesos químicos que ocurren en el sedimento están influenciados principalmente por las condiciones redox, el pH y la geoquímica de las partículas del sedimento. Los contaminantes presentes en el sedimento se encuentran distribuidos en distintas fases geoquímicas, así como disueltos en el espacio intersticial de los poros del sedimento, de esta manera, la naturaleza de esas asociaciones

y el equilibrio entre el sedimento y el agua que ocupa los espacios intersticiales determinará su biodisponibilidad final.

A continuación, se presentan los siguientes métodos, y en las Tablas de la 6 a la 10 una descripción más detallada de ellos:

- Equivalencia entre distinta identificación de tamaño de granos.
- Granulometría de fondos blandos.
- Imagen del perfil del fondo.
- Muestreo y análisis de parámetros físicos y químicos del sedimento.
- Análisis mineralógico de sedimentos.

Tabla 6. Equivalencia entre distinta identificación de tamaño de granos

Malla (ASTM)	Tamaño (mm)	Phi (ϕ)	Nomenclatura Wentworth
10	2,00	-1,0	Gravas (G)
18	1,00	0,0	Arena muy gruesa (AMG)
35	0,50	1,0	Arena gruesa (AG)
60	0,25	2,0	Arena media (AM)
120	0,125	3,0	Arena fina (AF)
230	0,0625	4,0	Arena muy fina (AMF)
	0,0039	8,0	Limo
			Arcilla

Fuente: Amphos 21 & Litoral Consult, 2013

Como se esquematiza en la Tabla 6, la equivalencia corresponde a la aproximación entre la numeración estándar de los tamices según la *American Society for Testing and Materials* (ASTM), donde el tamaño corresponde al diámetro de la partícula (mm), la escala logarítmica de Krumbein phi (ϕ) y la Nomenclatura Wentworth, para la escala de rangos de tamaño granulométrica.

Tabla 7. Granulometría de fondos blandos

Nombre del método	Granulometría de fondos blandos
Tipo de método	Campo / Laboratorio.
Descripción del método	<p>El tamizado de una muestra de sedimento para el análisis granulométrico es el proceso mecánico por el cual se separan las partículas sedimentarias por tamaño, utilizando para ello una columna de tamices de apertura de malla de tamaño decreciente. De este modo se logra conocer el peso de cada fracción o rango de tamaño, el cual se expresa como porcentaje retenido en un tamiz, con respecto al peso total de la muestra. Estos porcentajes retenidos en cada tamiz se calculan tanto individualmente como acumulados, para posteriormente trazar el gráfico de la curva granulométrica y calcular distintas estadísticas. De forma resumida, el procedimiento es el siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pretratamiento de la muestra, lavado de sales, eliminación de materia orgánica, eliminación de fragmentos no minerales plásticos, entre otros. - Lavado del peso seco de la muestra, 100 g aproximadamente de media, utilizando un tamiz de 63 µm de luz de malla. - Secado de la muestra lavada y disgregación de la muestra. - Tamizado de la muestra por una columna de tamiz. Los tamaños recomendados para adaptar los resultados a la clasificación Wentworth, en milímetros son: 4; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,125 y 0,063. - Peso acumulado de cada una de las fracciones. <p>Para la recolección de muestras de sedimentos para mediciones de granulometría, la medición se realiza mediante el tamizado, ya sea en seco o húmedo, de una muestra representativa del sedimento superficial (aproximadamente 3 cm).</p> <p>La toma de una muestra seca se lleva a cabo solo cuando el contenido de sedimento limo-arcilloso (fango) es menor de 10%. Si por algún motivo, y después del tamizado en seco, se llega a la conclusión que el sedimento tenía más de un 10% de fango, se repite la medición de otra réplica de la muestra húmeda. Cuando la cantidad de fango es alta (>10%), es necesario realizar las mediciones de granulometría por vía húmeda. Esto se debe a que, al secar la muestra para su tamizado, ya sea dejándola a temperatura ambiente o a través de estufa, el fango se suele aglomerar, alterando la textura de la muestra. Al analizar la muestra con el proceso de tamizado en húmedo, se evita tener que secar la muestra y, por lo tanto, la aglomeración de las arcillas (Silva & Quiroga, 2010).</p>

Método apto para un levantamiento exhaustivo/normal	Exhaustivo o normal en función del diseño del muestreo.
Tipo de impacto ambiental	Deterioro de las propiedades fisicoquímicas del fondo marino (impacto en la calidad del fondo).
Variables semicuantitativas	Moda.
Variables cuantitativas	Porcentaje de finos (<0,063 mm). D_{50} (tamaño medio). Curtosis.
Procedimiento	Habitualmente se extrae una muestra superficial de sedimento del fondo marino desde la embarcación mediante el uso de algún tipo de draga. En el caso de que interese realizar un análisis granulométrico a diferentes profundidades, se debe extraer un <i>core</i> para posteriormente realizar particiones en función de los estratos a analizar. Las mediciones de granulometría se deben hacer en muestras de los primeros tres centímetros de sedimento superficial no perturbado, las que pueden ser recolectadas mediante <i>corer</i> , dragas o buzos. Como los buzos solo pueden tomar muestras a profundidades menores a 20 m, para profundidades superiores se pueden utilizar dragas Van Veen (0,25 m ²) o <i>box corer</i> .
Tipo de resultados y presentación	Representación de la curva granulométrica acumulada en una doble escala milimétrica y logarítmica y, por otro lado, el cálculo de las distintas variables.
Ventajas o limitaciones del método	Limitaciones: <ul style="list-style-type: none">- Si se requiere disponer de datos acerca de las fracciones de tamaño inferior a 63 µm se deben utilizar otros métodos, como la difracción láser.- Si se analizan sedimentos limosos o arcillosos, se debe trabajar en húmedo y utilizar el método de difracción láser, con buenos resultados por debajo de las 250 µm.
Consideraciones	Es importante asegurar que las muestras correspondan a un muestreo del sedimento superficial no perturbado, ni lavado producto de que las tapas superiores de estos equipos puedan quedar mal cerradas. No deben quedar completamente llenos con sedimento, menos aún que el sedimento sobresalga de la tapa superior (reventado), ya que la muestra queda perturbada y pierde su utilidad (Silva & Quiroga, 2010).

	<p>El peso inicial de la muestra a tamizar depende de sus características. Así, una muestra formada mayoritariamente por gravas requiere un mayor peso para ser representativa que una formada principalmente por arenas finas.</p> <p>Se debe esperar que la muestra esté a temperatura ambiente antes de verterla a la batería de tamices, dado que estando todavía caliente podría deformar la malla de los tamices de tamaño de malla más pequeño.</p> <p>En ocasiones puede ser necesario eliminar la materia orgánica si es muy abundante, para asegurar la completa dispersión de los elementos minerales y prevenir que sea contada como parte de la muestra, hecho que puede sesgar la distribución del tamaño de grano.</p> <p>Es recomendable la utilización de una campana desecadora para el almacenaje de las muestras mientras se enfrián, para evitar que vuelvan a capturar humedad.</p>
Fuentes comunes de error	Mala disagregación de las partículas antes del tamizado.
Equipos requeridos / material de apoyo	<ul style="list-style-type: none"> - Estufa para el secado de las muestras. - Campana desecadora para el enfriamiento de las muestras. - Batería de tamices de red metálica (ISO 3310-1:2000). - Balanza con una precisión mínima de centígramo. - Tamizadora electromecánica (opcional, puede realizarse manualmente). <p>Actualmente existe la posibilidad de emplear herramientas de <i>software</i> que realizan los cálculos de forma automática, introduciendo únicamente los pesos retenidos en el proceso de tamizado de la muestra.</p>
Referencias bibliográficas	<p>Folk, R.L. & W.C. Ward. 1957. Brazos River Bar: A Study in the Significance of Grain Size Parameters. <i>Journal of Sedimentary Petrology</i>, 27:3-26.</p> <p>Silva, N. & E. Quiroga. 2010. Manual de Evaluación de Informes Ambientales de la Acuicultura. Escuela de Ciencias del Mar: Pontificia Universidad Católica de Valparaíso 1, 1-40.</p> <p>Wentworth, C.K. 1922. A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. <i>Journal of Geology</i>, 30: 377-392.</p> <p>ISO 3310-1:2000. Tamices de Ensayo, Exigencias Técnicas y Ensayo. Parte 1: Tamices de Ensayo de Hilo de Metal.</p>

Tabla 8. Imagen del perfil del fondo

Nombre del método	Imagen del perfil del fondo o <i>Sediment Profile Imaging (SPI)</i>
Tipo de método	Campo / Gabinete.
Descripción del método	<p>Método de caracterización bentónico basado en la utilización de una cámara capaz de penetrar en el sedimento y elaborar una imagen del perfil sedimentario inalterado, hasta una profundidad aproximada de máximo 20 cm para características principalmente cualitativas.</p> <p>Considerar metodología complementaria a la recolección de muestras de sedimento, como draga <i>box corer</i>, <i>piston corer</i>, entre otras.</p>
Método apto para un levantamiento exhaustivo/normal	Normal.
Tipo de impacto ambiental	Deterioro de las propiedades fisicoquímicas del sedimento del fondo marino (cambios en la calidad del fondo).
Variables cuantitativas	<p>Profundidad de la discontinuidad del potencial redox (RPD).</p> <p>Grosor de las distintas capas de deposición (ejemplo, dragados o episodios de aporte en deltas).</p>
Variables cualitativas	<ul style="list-style-type: none"> - Calidad general del hábitat bentónico. - Estado en la sucesión de la infauna bentónica: presencia/ausencia de infauna (ausencia de vida aeróbica por hipoxia), presencia y densidad de los organismos o galerías, entre otros. - Tamaño de grano del sedimento (moda aparente). - Profundidad de penetración del prisma como medida indirecta de la densidad del sedimento. - Rugosidad superficial del fondo marino. - Presencia de burbujas de gas metano subsuperficiales. - Transporte de sedimentos.
Procedimiento	El sistema SPI utiliza una cámara y un prisma (con otra cámara en su interior) instalados en una estructura que se baja desde una embarcación a través de la columna de agua hasta el fondo marino.

	<p>Una vez en el fondo marino, una primera cámara registra una fotografía que permite obtener una imagen cenital de su aspecto superficial. Posteriormente, se hunde un prisma afilado en el sedimento que permite tomar una nueva fotografía de los primeros 15-20 cm de potencia del sedimento.</p> <p>Una segunda cámara se encuentra instalada en la parte superior del prisma, lleno de agua destilada, y se utiliza un espejo para reflejar la imagen del perfil de sedimento hacia la cámara desde la placa frontal. La placa frontal se encuentra en contacto directo con los sedimentos, por lo que SPI puede ser utilizado sin problemas en aguas con elevada turbidez.</p>
Tipo de resultados y presentación	Presentación de los datos en formato de esquema vertical de las imágenes con aquellos elementos de interés detectados; interpretación de los datos sobre la base de la distribución espacial de las imágenes obtenidas.
Estimación de tiempo de desarrollo	<p>Desde la embarcación puede realizarse una media de 30 estaciones por día, con 3 réplicas por estación. Un buceador puede muestrear 10 estaciones con 3 imágenes en cada una, a lo largo de un transecto.</p> <p>En gabinete cada imagen requiere de unos 5 minutos de análisis, pero depende del tipo de información requerida. Puede mejorarse la interpretación de las imágenes obtenidas mediante la utilización de un sistema de análisis de imágenes.</p>
Ventajas o limitaciones del método	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fácil transporte. - Obtención de imágenes cenitales y de perfil sedimentario en profundidades de hasta 4.000 m. - La turbidez del agua no representa un factor limitante. - Robustez de los aparatos después de décadas de desarrollo. - Posibilidad adicionar sensores en la estructura del equipo. - Rápido despliegue de los equipos y obtención de resultados. - Requiere menos operadores. - No hay alteración de la relación entre sedimento y organismos. - Posibilidad de deducir dinámicas de transporte a partir de las imágenes.

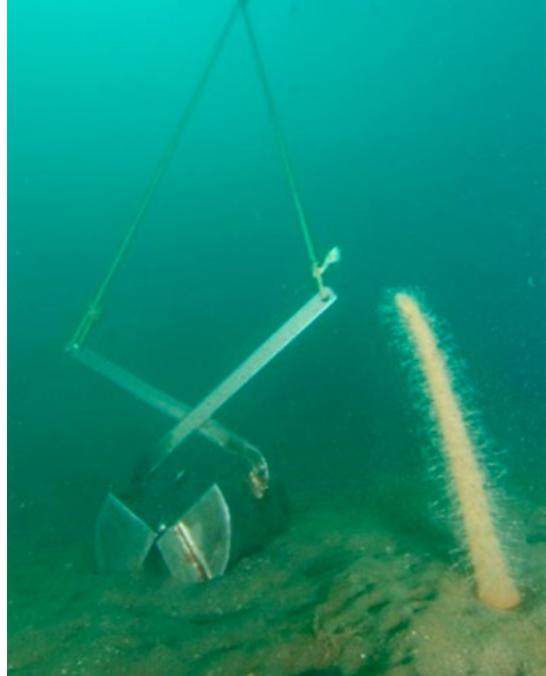
	<ul style="list-style-type: none"> - Posibilidad de realizar un análisis de las imágenes mediante ordenador. - Permite redefinir el plan de muestreo bentónico, incluyendo la posibilidad de introducir ajustes en tiempo real durante la expedición. <p>Limitaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Solo funciona en sedimentos fangosos o arenosos sin obstrucciones subsuperficiales; y presenta una penetración limitada en fondos de textura gruesa. - No se obtienen muestras para la identificación de la fauna o el tamaño de las partículas de sedimento. No es posible obtener listados de especies o estimaciones de sus densidades desde la imagen. - La placa frontal puede mancharse con sedimento y dificultar la interpretación. - Por el peso del equipo, en función del modelo, se puede requerir de un cabestrante instalado en la embarcación para su despliegue e izado a bordo.
Consideraciones	<p>Es recomendable que el prisma penetre un mínimo de 2/3 de la altura de la placa frontal, y que como máximo no sobrepase el límite de esta. Si se observa que no se cumple con este requisito, se deben ajustar los pesos que permiten su hundimiento en el sedimento.</p> <p>Recientemente se ha desarrollado una nueva versión llamada SPI-Scan o rSPI (SPI rotacional) de manejo más sencillo y para el trabajo a profundidades menores (< 50m).</p>
Fuentes comunes de error	No aplica.
Equipos requeridos / material de apoyo	<p>Se requiere del equipo SPI y de una tripulación y embarcación apropiada para su despliegue, habitualmente con algún tipo de cabestrante. Por otro lado, también es posible que el equipo sea utilizado manualmente por parte de un buceador cualificado.</p> <p>La superficie del sedimento también debe ser fotografiada desde un ángulo cenital, pudiendo realizarse desde la propia estructura del SPI mediante una segunda cámara antes de alcanzar el fondo, o bien por parte del propio buceador que opere manualmente el equipo.</p>

<p>Referencias bibliográficas</p>	<p>Germano, J.D., Rhoads, D.C., Valente, R.M., Carey D.A. & M. Solan. 2011. The Use of Sediment Profile Imaging (SPI) for Environmental Impact Assessments and Monitoring Studies: Lessons Learned from the Past Four Decades. <i>Oceanography and Marine Biology: An Annual Review</i>, Volume 49: 235-298.</p> <p>Mulsow, S., Y. Krieger. & R. Kennedy. 2006. Sediment Profile Imaging (SPI) and Micro-Electrode Technologies in Impact Assessment Studies: Example from two Fjords in Southern Chile Used for Fish Farming. <i>Journal of Marine Systems</i>, Volume 62: 152-163.</p> <p>Rhoads, D. C. & J. D. Germano. 1982. Characterization of Organism-Sediment Relations Using Sediment Profile Imaging: An Efficient Method of Remote Ecological Monitoring of the Seafloor (REMOTS System). <i>Marine Ecology Progress Series</i> 8: 115-128.</p>
--	---

Fuente: elaboración propia

Tabla 9. Muestreo y análisis de parámetros fisicoquímicos del sedimento

Nombre del método	Muestreo y análisis de parámetros fisicoquímicos del sedimento
Tipo de método	
Descripción del método	
<p>Tipo de método</p> <p>Campo / Laboratorio / Gabinete.</p>	<p>Descripción del método</p> <p>Se toman las muestras de sedimento mediante diferentes muestreadores representativos (dragas, corer, entre otros) para el análisis de los parámetros fisicoquímicos del sedimento. Algunos de estos parámetros se analizan <i>in situ</i> y otros en el laboratorio.</p> <p>Las muestras que se transportan al laboratorio se etiquetan y se conservan de forma adecuada. Estas muestras se utilizan para realizar el análisis de parámetros fisicoquímicos como metales pesados, nitratos, fosfatos, carbono orgánico total, entre otros.</p> <p>Los análisis en el laboratorio son distintos según el parámetro fisicoquímico de la muestra de sedimento que se quiera analizar. Existen metodologías estandarizadas para la mayoría de los parámetros que se analizan en sedimentos costeros y marinos.</p>

	<p>Con los resultados de los análisis se crean tablas de datos y se generan gráficos para interpretar los resultados. Según el tipo de estudio, los datos resultantes de los análisis se comparan con valores estándares de calidad de sedimento y se toman de referencia para sacar conclusiones sobre los resultados obtenidos.</p>  <p style="text-align: center;">Draga Van Veen Fuente: Litoral Consult</p>
Método apto para un levantamiento exhaustivo/ normal	Normal.
Tipo de impacto ambiental	Deterioro de las propiedades fisicoquímicas del sedimento del fondo marino.
Variables cuantitativas	Concentración de parámetros físicos y químicos ($\mu\text{g/g}$).
Variables cualitativas	No aplica.
Procedimiento	Desde una embarcación o la costa, dependiendo de la localización de la zona de estudio, se obtienen muestras de sedimento mediante el equipo de muestreo que más se adecúe a las características de la zona de estudio y el tipo de análisis que se quiera realizar. Los equipos de muestreo más comúnmente utilizados son las dragas y los saca testigos de las dragas. Las más conocidas son la draga Van Veen y la draga Ekman, mientras que de los equipos tipo <i>corer</i> son los saca testigos de gravedad y los de caja (<i>box corer</i>).

	<p>Una vez obtenidas las muestras, a bordo o en tierra, es muy importante cumplir con diferentes precauciones para evitar su contaminación. Tomando las precauciones adecuadas se pueden realizar análisis <i>in situ</i>, como es el caso de las medidas del potencial redox o el pH, o <i>a posteriori</i> en el laboratorio. En este último caso es muy importante la conservación de las muestras de sedimento para el traslado al laboratorio. Según el tipo de parámetro fisicoquímico a analizar, las muestras se conservan y se almacenan en recipientes distintos.</p> <p>Cuando se quieren trasladar en laboratorio muestras para determinar parámetros como materia orgánica, nitrógeno total o hidrocarburos, se deben de conservar en frío y colocar en recipientes de plástico o vidrio, mientras que para el análisis de parámetros como PCBs, se conservan en frío y se colocan en envases de vidrio.</p> <p>Existen guías metodológicas estandarizadas que describen, para cada parámetro físico y químico del sedimento a analizar, el volumen que se tiene que recoger, cómo se tiene que conservar y qué recipiente utilizar. A su vez, las guías cuentan con metodologías de análisis en el laboratorio. Estas se mencionan en la bibliografía de la presente tabla.</p> <p>El diseño de muestreo debe hacerse en función, entre otros, de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Morfología y tipología de la costa y sus fondos. - Presencia de vertidos de aguas en las proximidades. - Frecuencia de muestreo con la mayor perspectiva temporal posible, incrementándose en casos que se puede ver alterada la calidad del sedimento, entre otras. <p>Según el tipo de muestreo, debe establecerse un mínimo de estaciones control fuera del área de estudio, las cuales deben ser justificadas por los investigadores.</p>
Tipo de resultados y presentación	<p>Tablas de datos, gráficos comparativos, gráficos de seguimiento y evolución de un parámetro, entre otros.</p>
Ventajas o limitaciones del método	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Método estandarizado y utilizado ampliamente. <p>Limitaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Para el uso de algunos de los equipos es necesario utilizar técnicos especializados. - Posible contaminación de la muestra.

Consideraciones	<p>Se deben obtener mínimo tres réplicas por muestra.</p> <p>El volumen de muestra que se recoge dependerá del tipo de parámetro a analizar. Cabe destacar que para el estudio de metales pesados no se deben utilizar equipos de material metálico, deben emplearse cucharas o saca testigos de plástico, por lo general de PVC.</p> <p>Conservar las muestras según el análisis a realizar.</p> <p>Hay consideraciones específicas según los equipos de muestreo y la preparación de las embarcaciones para el equipo que se vaya a utilizar.</p>
Fuentes comunes de error	<p>Contaminación exógena de materiales o equipos.</p> <p>Mantener inadecuadamente las muestras antes de su procesado.</p>
Equipos requeridos / material de apoyo	<p>Equipo de muestreo de sedimentos: dragas, saca testigos, entre otros.</p> <p>Formulario para la anotación de la información relevante como coordenadas, profundidad, entre otras.</p> <p>Envases para el almacenamiento de las muestras.</p> <p>Equipo de laboratorio necesario para la aplicación del método.</p>
Referencias bibliográficas	<p>Cedex. 2004. Guía Metodológica para la Realización de Estudios de Impacto Ambiental de Extracciones de Arenas para la Regeneración de Playas. Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente.</p> <p>FAO. 1984. Métodos Físicos y Químicos de Análisis de Suelos y Aguas. Boletín de suelos de la FAO.</p> <p>Garay, J., Panizzo, L., Ramírez, G. & J. Sánchez. 1993. Manual de Técnicas Analíticas de Parámetros Fisicoquímicos y Contaminantes Marinos. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas, CIOH. Cartagena.</p> <p>MacDonald, D.D. 1992. In: Canadian Sediment Quality Guidelines.</p> <p>Mackay, D., Shiu, W.Y. & K.C. Ma. 1992. Illustrated Handbook of Physical-Chemical Properties and Environmental Fate for Organic Chemicals; Lewis Publishers: Chelsea, MI; Vol. 1.</p> <p>Ospar. 1998. Ospar Guidelines for the Management of Dredged Material. Ministerial Meeting of the Ospar Commission, annex 43.</p> <p>Unesco. 1996. Use of Standards and Reference Materials in the Measurement of Chlorinated Hydrocarbon Residues, Chemistry Workbook. Intergovernmental Oceanographic Commission. Technical series.</p>

Tabla 10. Análisis mineralógico de sedimentos

Nombre del método	Análisis mineralógico de sedimentos
Tipo de método	Campo / Laboratorio.
Descripción del método	<p>El análisis mineralógico de una muestra de sedimento puede constar de dos partes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estudio mineralógico. - Difracción de Rayos X (DRX). <p>Inicialmente, se procede a la observación de la muestra a la lupa para determinar los principales componentes minerales (mica, cuarzo, feldespato, restos de roca, granitos, entre otros) y orgánicos del sedimento (restos de conchas), pudiéndose aportar valoraciones semicuantitativas acerca de sus proporciones relativas, al menos para las fracciones más representadas. A su vez, se pueden valorar de forma semicuantitativa otros aspectos morfológicos como la angulosidad de los granos.</p> <p>En segundo lugar, una submuestra se prepara por trituración y se analiza mediante difracción de rayos X, herramienta que al ser más compleja es la más tratada en la presente tabla. El fundamento de esta técnica reside en el fenómeno conocido como dispersión o <i>scattering</i> de la radiación X cuando incide sobre una estructura cristalina.</p> <p>Esta estructura cristalina está presente en muchos sólidos, tanto naturales como artificiales, y consiste en la repetición periódica de los átomos o moléculas que forman el sólido en las tres direcciones del espacio.</p> <p>El haz de radiación X incidente se escinde en varias direcciones con ángulos que dependen de las distancias interatómicas y, por difracción, da lugar a un patrón de intensidades que puede interpretarse según la ubicación de los átomos en el cristal.</p> <p>Cada cristal difracta los rayos en una forma característica diferente, por lo que el resultado, el difractograma, es un patrón de difracción único de su estructura atómica o molecular.</p>
Método apto para un levantamiento exhaustivo/normal	Exhaustivo o normal.
Tipo de impacto ambiental	Deterioro de las propiedades fisicoquímicas del sedimento del fondo marino.

<p>Variables cualitativas</p>	<p>El resultado final de la difracción por rayos X consiste en un difractograma que permite identificar los elementos presentes en el material analizado y que se caracteriza principalmente por los siguientes elementos:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Reflexiones: se pueden considerar diferentes aspectos de las reflexiones de un difractograma con información sobre diferentes aspectos de la muestra: — La posición de las reflexiones revela la geometría de la red cristalina (parámetros de celdilla y sistema cristalino). Es la principal fuente de información cualitativa. — La intensidad contiene información directa (contenido de la celdilla unidad y posiciones atómicas) y completa, analizando la ausencia sistemática de algunas reflexiones, y la simetría de la fase cristalina. También incluye información sobre textura, factores de temperatura o factores de ocupación. Las intensidades de las reflexiones se relacionan directamente con la composición cuantitativa de la muestra. — El perfil (la forma de los picos y su anchura) contiene la información sobre la microestructura de la muestra: micro distorsiones de la red, tensiones y tamaño de las unidades cristalinas. — Fondo: dentro del fondo se incluyen las contribuciones de las fracciones amorfas de la muestra. Incluye información sobre la organización de corto alcance de la muestra.
<p>Variables cuantitativas</p>	<p>La difracción de rayos X puede adaptarse para obtener información cuantitativa, ya que las intensidades de los picos de difracción de un compuesto presente en una mezcla son proporcionales a la fracción de ese material en la misma. Sin embargo, el comparar directamente la intensidad de un pico de difracción con el patrón obtenido para la mezcla presenta dificultades. Frecuentemente es necesario realizar correcciones que incluyan las diferencias en los coeficientes de absorción entre el compuesto a determinar y la matriz. Se deben evitar aquellas orientaciones preferenciales. El uso de estándares internos no elimina completamente todas las dificultades analíticas.</p>
<p>Procedimiento</p>	<p>El procedimiento de muestreo es equivalente al indicado para las muestras de análisis granulométrico.</p>
<p>Tipo de resultados y presentación</p>	<p>El resultado obtenido es un difractograma, que consiste en una gráfica con una serie de picos. Cada pico representa la distancia interplanar de un cristal, y su altura depende de la intensidad de reflexiones que lo causaron en un determinado ángulo.</p>

Ventajas o limitaciones del método	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none">- Es una de las técnicas que goza de mayor prestigio entre la comunidad científica para dilucidar estructuras cristalinas, debido a su precisión y a la experiencia acumulada durante décadas, elementos que la hacen muy fiable.- Alta especificidad para sólidos cristalinos.- Capacidad para distinguir isómeros y diferentes estructuras hidratadas.- Especificidad por compuesto.- Útil para cuantificar mezclas. <p>Limitaciones:</p> <ul style="list-style-type: none">- El coste de los equipos y la necesidad de personal especializado.- La detección y la sensibilidad son dependientes de la cristalinidad y del tamaño de los cristales.
Consideraciones	<p>En la recolección de muestras debe considerarse si será necesario analizar diferentes estratos y si, por lo tanto, también se optará por muestrear en profundidad.</p> <p>Un análisis mineralógico no requiere realizarse sobre la totalidad de las estaciones muestreadas. Puede realizarse sobre una selección en base a una interpretación preliminar de los demás análisis y estudios (por ejemplo, dinámica litoral), necesaria para asegurar que las muestras seleccionadas son química y geográficamente representativas.</p>
Fuentes comunes de error	<p>En la molienda de la muestra es de interés utilizar herramientas que no puedan dejar trazas exógenas en el polvo a analizar. Además, a la hora de realizar estos análisis debemos tener en cuenta que en el difractograma también hay contribuciones ajenas a la muestra (contribución instrumental, dispersión por el aire, porta muestras, entre otras) que habrá que filtrar. Para un resumen sintético de los aspectos más técnicos se recomienda consultar el documento <i>Misinterpreting X-Ray Diffraction Results</i> de Thomas Key (2008). Disponible en el siguiente link, http://nanohub.org/resources/5983</p>
Equipos requeridos / material de apoyo	<p>Lupa para el análisis mineralógico tradicional.</p> <p>Equipos para la molienda y análisis de la muestra por DRX.</p>

Referencias bibliográficas	<p>Clearfield, A., Reibenspies, J. & N. Bhuvanesh. 2008. Principles and Applications of Powder Diffraction.Wiley.</p> <p>Dinnebier, R.E. & S.J. Billinge (eds). 2008. Powder Diffraction: Theory and Practice. RSC Publishing.</p> <p>Jenkins, R. & R.L. Snyder. 1996. Introduction to X-ray Powder Diffractometry. Wiley.</p> <p>Pecharsky, V. & P. Zavalij. 2009. Fundamentals of Powder Diffraction and Structural Characterization of Materials (2nd Edition). Springer.</p> <p>Pettijohn, F.J., Potter, P. & R. Siever. 1987. Sand and Sandstone. Springer-Verlag.</p>
-----------------------------------	---

Fuente: elaboración propia

3.3 Biota marina

A continuación, se presentan los siguientes métodos, y en las Tablas de la 11 a la 26 se entrega una descripción más detallada de ellos:

- Estudio del ictioplancton - toma de muestras y análisis en laboratorio.
- Estudio del fitoplancton - toma de muestras y análisis en laboratorio.
- Estudio del zooplancton - toma de muestras y análisis en laboratorio.
- Grabadora de plancton - *Video Plankton Recorder* (VPR).
- Método de análisis de imágenes satelitales sobre fitoplancton.
- Método de estudio de la abundancia de peces.
- Determinación de bancos naturales de recursos hidrobiológicos bentónicos.
- Caracterización de las comunidades macrobentónicas submareales de fondo blando.
- Caracterización de las comunidades macrobentónicas submareales de fondo duro.
- Caracterización de las comunidades bentónicas intermareales de playas de arena.

- 3.
- Caracterización de las comunidades bentónicas intermareales de playas rocosas.
 - Determinación de las comunidades de macroalgas intermareales - distribución, cobertura y abundancia.
 - Cartografía bionómica mediante filmación de video.
 - Métodos de muestreo de aves marinas.
 - Métodos de muestreo de mamíferos marinos.
 - Cartografía bionómica mediante *Side Scan Sonar* (SSS).

Tabla 11. Estudio del ictioplancton – toma de muestras y análisis en laboratorio

Nombre del método	Estudio del ictioplancton – toma de muestras y análisis en laboratorio
Tipo de método	Campo / Laboratorio.
Descripción del método	<p>El estudio del ictioplancton requiere de la toma de muestras, habitualmente mediante redes o distintos tipos de contenedores. El sistema más clásico y utilizado son las redes, que consisten en simples embudos de malla muy fina de fibra sintética, y con una boca de forma y diámetro variable. Los modelos más utilizados tienen forma cónica y en el extremo llevan un colector o recipiente donde se deposita el plancton filtrado. Habitualmente se realiza el remolque de la herramienta de muestreo seleccionada desde la embarcación (ver más adelante).</p> <p>Una vez en el laboratorio, las larvas se identifican a un nivel taxonómico tan detallado como sea posible sobre la base de características morfométricas, patrones de pigmentación y características merísticas utilizando literatura especializada.</p>
Método apto para un levantamiento exhaustivo/ normal	Exhaustivo o normal en función del diseño del muestreo.
Tipo de impacto ambiental	Modificación de las propiedades de poblaciones de ictiofauna.
Características cuantitativas	<p>Huevos</p> <p>Determinar el número de huevos de peces para cada muestra y estación. En caso de ser posible, diferenciar nº de huevos por taxón.</p> <p>Larvas</p> <p>Determinar el número total de larvas de peces para cada muestra y estación. En lo posible, diferenciar el nº de larvas por taxón.</p>

Características para la determinación taxonómica	<p>Huevos</p> <p>Para la determinación taxonómica, generalmente se describen algunas características:</p> <ul style="list-style-type: none">- Morfológicas, como: estado de desarrollo de los huevos (por ejemplo: sin embrión, con embrión temprano y pre-eclosión); presencia/ausencia de gota oleosa; vitelo (liso/granular, coloración); otros.- Morfométricas, como diámetro promedio de los huevos. <p>Larvas</p> <p>Para la determinación taxonómica de las larvas, hasta el nivel taxonómico más bajo posible, generalmente se describen características, como:</p> <ul style="list-style-type: none">- Morfológicas: estado de desarrollo (preflexión, flexión, posflexión, transformación y juvenil); presencia, localización y tipos de pigmentos en el cuerpo (cromatóforos) y en el ojo (pigmentación en la retina); formación de arcos branquiales y opérculo, entre otros. según la clasificación establecida por Kendall <i>et al.</i> 1984), tipo, forma y coloración de los pigmentos, entre otros.- Morfométricas: medidas como la longitud total, longitud estándar, longitud de la cabeza, diámetro del ojo, entre otras. Las medidas deben tomarse con una precisión máxima (como mínimo 0,1 mm), dado que se trata de medidas pequeñas.- Merísticas: nº total de miómeros, nº de miómeros pre-anal, entre otros.
Procedimiento	<p>Existen distintas herramientas para el muestreo de ictioplancton. Para su despliegue, es importante considerar la profundidad deseada, el tiempo requerido y, en el caso de equipos remolcados, la velocidad de arrastre, entre otros aspectos. Se distingue entre métodos pasivos (P) y activos (A), en función de que sean o no manipulados activamente durante el muestreo, siendo los más utilizados los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none">- Redes de plancton fijas (P): pueden disponerse de manera que se orienten según la dirección de la corriente, manteniéndose con un flotador y un ancla diseñados para tal fin, pudiendo por lo tanto pivotar en caso de cambio de dirección de la corriente.- Trampas de luz (P): realizadas con materiales claros o transparentes, equipadas con una batería que emite luz fluorescente para atraer larvas a través de una o más entradas; es un arte muy selectivo apropiado para ambientes de aguas claras.

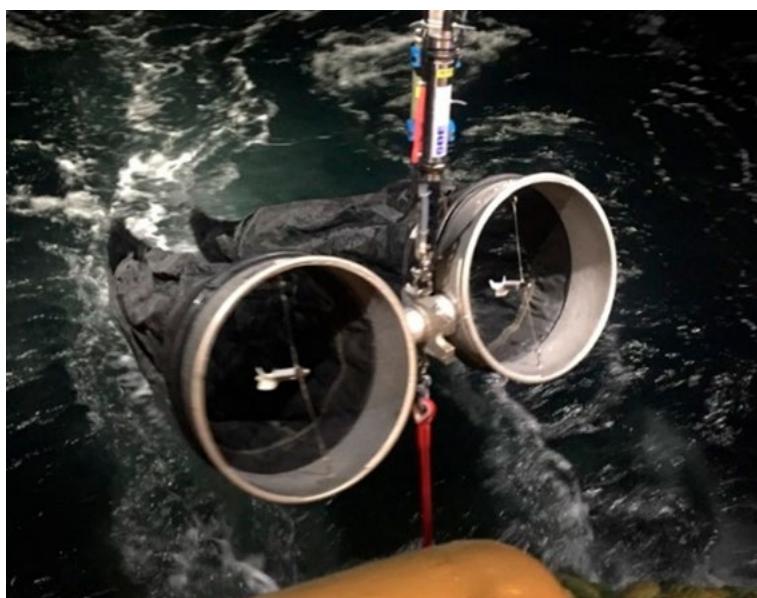
- Redes de arrastre (A): existen múltiples variaciones, algunas de las cuales se listan a continuación:

Sin mecanismos de cierre:

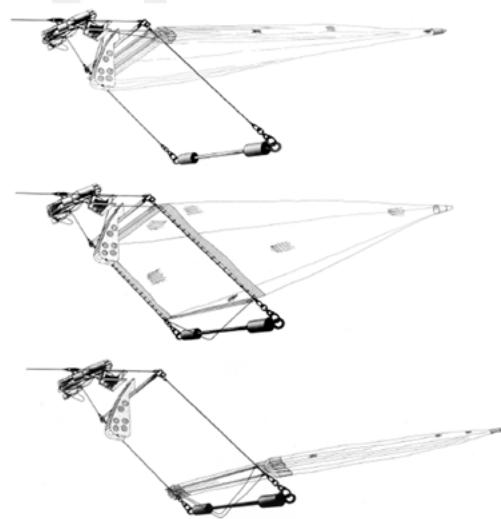
- Red cónica simple.
- Red Bongo (o cónica doble).
- Red Manta (neuston).

Con mecanismos de cierre:

- Red cónica simple con cierre mecánico (mensajero).
- Red Bongo (o cónica doble) con cierre mecánico (mensajero).
- Red Tucker con cierre mecánico (mensajero) y posibilidad de varias redes.
- Red Mocness (del inglés, *Multiple Opening and Closing Net and Environmental Sensing System*), con cierre electrónico y la posibilidad de varias redes, así como de integrar distintos sensores.



Red Bongo
Fuente: NOAA, 2019



Red Tucker

Fuente: DFO-MPO, 2014



Red Mocness

Fuente: AAP, 2009

- Bombas de succión: consiste en una tubería que se sumerge a la profundidad deseada y que mediante una bomba succiona un volumen de agua a filtrar mediante una red. Permite la obtención simultánea de muestras para la determinación de parámetros fisicoquímicos, así como el muestreo a profundidades discretas, aunque con limitaciones en estratos profundos debido a la resistencia a la fricción durante el despliegue en función de la longitud y diámetro de la tubería. Por otro lado, requiere de equipos voluminosos, difíciles de manipular a bordo, así como también resulta en la colecta de volúmenes pequeños de agua por unidad de tiempo.

En el caso de utilizar redes, se debe tener en cuenta el factor tamaño de luz de malla o entrampado, habitualmente de 0,333 o 0,505 mm. Al terminar el muestreo se lavan las paredes de la red para concentrar el plancton en un frasco de colecta situado en su extremo distal.

En cuanto al tamaño de las larvas, se observa que el uso de redes fijas permite la captura de larvas en estadio de preflexión sin ser destruidas, mientras que las larvas en estadios más desarrollados aparecen con menor frecuencia posiblemente porque puedan evitar las redes al ser capaces de nadar y no ser únicamente desplazadas por advección. Por el contrario, las redes de arrastre destrozan las larvas de menor tamaño, capturando mayoritariamente larvas grandes.

El diseño de los trabajos de muestreo debe tener en cuenta una serie de factores acerca de los organismos a estudiar, la importancia de los cuales se verá incrementada en caso de que exista un listado predeterminado de especies objetivo. En caso de ser así, se debe prestar todavía más atención a las siguientes características particulares:

- Temporización del desove: cabe tener en cuenta que no todos los peces presentan en su ciclo huevos pelágicos; así, es posible también hallar huevos llamados demersales, encontrándose libremente sobre el sustrato, enterrados en él, o en otros sustratos mediante estructuras adhesivas, entre otras., o huevos bajo cuidado parental (saco abdominal o caudal, boca o cavidad branquial).
- Preferencia del desove en zonas concretas en función de la etología de cada especie.
- Complejidad física del hábitat: se considera que es uno de los principales determinantes de la estructura del poblamiento íctico, siendo importante para el asentamiento de las larvas. Ciertos estudios proponen que las larvas no usan el hábitat de forma aleatoria, demostrándose que el asentamiento de las larvas responde a la estructura del hábitat a escala local, discriminando incluso entre zonas con un mayor o menor efecto refugio dentro de un mismo hábitat.
- Comportamiento de las larvas: el patrón de distribución más común para la mayoría de las larvas es desplazarse hacia capas más superficiales por la noche y permanecer en aguas más profundas durante el día, buscando refugio frente a depredadores. Sin embargo, hay especies que no presentan tal comportamiento, puesto que no se desplazan verticalmente con relación al período del día, o bien se desplazan a capas más profundas durante la noche que durante el día. La distribución vertical y los patrones de distribución son característicos de cada especie e incluso para cada estadio ontogénico.
- Condiciones de marea.

	<p>Posterior al muestreo, las muestras deben fijarse en una solución de formol y agua de mar al 4% (habitualmente neutralizado con borato de sodio), o bien con etanol al 70%, para su posterior tratamiento. Una vez en el laboratorio se deben separar las larvas y los huevos de peces del resto de plancton.</p>
Tipo de resultados y presentación	<p>Se presentan los resultados en forma de tablas y gráficos para su mejor comprensión. Se debe tener en cuenta que los datos crudos también deben ser expresados en función de algún parámetro para ser dimensionados correctamente. Así, para determinar el número de huevos o larvas por debajo de una unidad de superficie de mar, se deben ponderar al área de la boca de red, la longitud del recorrido de arrastre e incluso la máxima profundidad alcanzada (Smith & Richardson, 1977), siendo posible también la estandarización de los resultados en base al volumen filtrado, medido con un flujómetro acoplado a la red en el caso de las redes de arrastre.</p>
Ventajas o limitaciones del método	<p>Limitaciones:</p> <ul style="list-style-type: none">- Las redes se pueden obturar, efecto que no puede ser calculado ni preventido. Este defecto de las redes es importante sobre todo para estudios cuantitativos (la mayoría) y existen criterios para valorar su importancia relativa y definir si se requiere repetir el muestreo.- En muchos casos puede ser difícil la clasificación taxonómica hasta nivel de especie debido al reducido tamaño de los organismos, la bibliografía todavía parcial para determinados grupos (o incluso inexistente), y a que los individuos pueden llegar en malas condiciones por deficiencias en el muestreo o tratamiento posterior.- En función de su estadio o fase de desarrollo, las larvas pueden no haber desarrollado los caracteres necesarios para su identificación.
Consideraciones	<p>La precisión de los resultados depende de la correcta identificación de los organismos. Esto a su vez depende de la experiencia del identificador, así como de la adecuada conservación de las características necesarias para la identificación de los especímenes, que puede verse afectada por los métodos de extracción, fijación, transporte y procesamiento de las muestras en el laboratorio.</p> <p>El elevado número de factores biológicos y oceanográficos que es necesario considerar para la correcta interpretación de los resultados, así como la correcta planificación espacial y temporal de los muestreos.</p>

Fuentes comunes de error	<p>Errores en la toma de las muestras debido a la obturación de las redes (fango o sedimento en caso de tocar fondo, organismos como medusas y otros).</p> <p>Errores en la correcta fijación de las muestras pueden provocar que las larvas presenten encogimientos o distorsión.</p> <p>Errores durante la identificación de los organismos debido a un estado de conservación deficiente, conocimientos insuficientes, entre otros.</p>
Equipos requeridos / material de apoyo	<p>En campo, equipos de muestreo según el tipo de muestreo a realizar, y a menudo elementos motorizados requeridos para su despliegue y recuperación. También recipientes y reactivos fijadores adecuados.</p> <p>En laboratorio, microscopios, reactivos fijadores, cámaras de fotos, recipientes y guías de identificación.</p>
Referencias bibliográficas	<p>Balbontín, F & S. Palma. 2010. Ictioplancton (Pisces), En: Bibliografía sobre Biodiversidad Acuática de Chile, Palma, S., Báez P. & G. Pequeño (eds.). 2010. Comité Oceanográfico Nacional, Valparaíso, pp. 399-408.</p> <p>Ciechomski J. 1981. Ictioplancton. En: Atlas de zooplancton del Atlántico sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. Boltovsky, D. (Ed.). Publicación especial del Inidep, Mar de Plata, Argentina. pp. 829-860.</p> <p>Kendall, A.W., Ahlstrom, E.H. H.G. Moser. 1984. Early Life History Stages of Fishes and their Characters. In Moser, H.G.; Richards, W.J.; Cohen, D.M. et al. (eds). Ontogeny and Systematics of fishes. American Society of Ichthyologists and Herpetologists, Special Publication Number 1: 11-22. La Jolla, California, EEUU.</p> <p>Moser, E. 1996. The early stages of fishes in the California current region. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations-CalCOFI. EE.UU. Atlas No. 33. 1505 pp.</p> <p>NOAA. 2009. NOAA Protocols for Ichthyoplankton Surveys - National Marine Fisheries Service Instruction 04-105-01.US Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Marine Fisheries Service.</p> <p>Palma, S & K. Kaiser. 1993. Plancton Marino de aguas chilenas. Ediciones Universitarias de Valparaíso. 151 pp.</p> <p>Proyecto FIPA .2019-09. Guía Metodológica y de Protocolos de Muestreo y/o Registro <i>in situ</i> para Organismos Hidrobiológicos Presentes en Aguas Marítimas Costeras. Centro de Investigación en Biodiversidad y Ambientes Sustentables - CIBAS. Universidad Católica de la Santísima Concepción. 221 pp.</p>

	<p>Rebolledo-Zelada, V. 2020. Guía fotográfica de larvas de peces de Chile central. ECOFISHLAB de la Pontificia Universidad Católica de Chile, 59pp. DOI: 10.13140/RG.2.2.15633.86888</p> <p>Smith, P.E. & S.L. Richardson. 1977. Standard techniques for pelagic fish egg and larval surveys. FAO Fisheries Technical Paper nº 175: 100p. Fishery Resources and Environment Division, FAO, Rome, Italy.</p>
--	--

Fuente: elaboración propia

Tabla 12. Estudio del fitoplancton – toma de muestras y análisis en laboratorio

Nombre del método	Estudio del fitoplancton – toma de muestras y análisis en laboratorio
Tipo de método	Campo / Laboratorio.
Descripción del método	<p>El estudio del fitoplancton requiere de la toma de muestras, habitualmente mediante redes o distintos tipos de contenedores. Un sistema clásico es la utilización de redes remolcadas desde embarcación, redes de forma cónica con una malla muy fina que filtra el fitoplancton, acumulándolo en un colector o recipiente situado en su extremo. Otro método muy utilizado es la colecta de fitoplancton con botellas oceanográficas. Menos usadas son las mangueras fijas a una bomba de succión o las mangueras de tramos, que poseen llaves de paso intercaladas, que se van cerrando a su recolección para separar las muestras de agua correspondientes a los distintos estratos.</p> <p>En laboratorio se procede al análisis de las muestras. La identificación y recuento de fitoplancton marino habitualmente se realiza siguiendo la norma UNE-EN 15204:2007, que detalla el procedimiento según el método Utermöhl mediante microscopio invertido.</p> <p>Debido a la gran cantidad de organismos contenidos en las muestras, habitualmente se subdividen en dos fracciones, con la ayuda de un separador Folsom, vertiendo el material en el tambor del separador. La operación se repite hasta contar con un volumen de trabajo adecuado. Una vez reducida la muestra, se selecciona una alícuota que se considere adecuada a los objetivos del estudio. Aunque esto último es posible, se recomienda en cambio analizar la totalidad de la muestra separando previamente los organismos, ya sea filtrando, centrifugando o mediante técnicas menos traumáticas, evitando así la no detección de las especies más raras. Los datos de los conteos son utilizados para estimar las abundancias por volumen de los diferentes grupos planctónicos identificados al nivel taxonómico requerido.</p>

Método apto para un levantamiento exhaustivo/normal	Exhaustivo o normal en función del diseño del muestreo.
Tipo de impacto ambiental	Modificación de las propiedades de poblaciones de fitoplancton.
Variables cuantitativas	<p>Existe una serie de variables cuantitativas que pueden ser calculadas por especie o para el conjunto de la muestra, y que deben seleccionarse en función de los objetivos del estudio:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Abundancia (células/ml): el fitoplancton es enumerado utilizando el procedimiento de microscopio invertido de Utermöhl (Utermöhl, 1958 y Lund, 1958); este método es útil y ampliamente utilizado, pero está limitado ante los organismos fitoplanctónicos de menor tamaño, pertenecientes al picoplancton (<2 µm). Las muestras se colocan durante al menos 24 horas en cámaras de sedimentación antes de proceder al conteo (también se pueden concentrar por centrifugación). El conteo puede realizarse en toda la cámara, es apropiado para situaciones de densidades celulares bajas o especies raras, mediante campos seleccionados aleatoriamente o bien mediante el conteo de transectos. - Biovolumen (µm³/ml): de acuerdo con Downing & Rigler, 1984, los resultados obtenidos en los conteos se transforman a unidades de µm³/ml utilizando fórmulas geométricas apropiadas para los distintos taxones de algas. - Estimación de la biomasa (µg/l): de acuerdo con la literatura científica disponible, deberían utilizarse para la medida muestras de agua integradas, aunque habitualmente se utilizan muestras discretas. Pueden sucederse desviaciones importantes en el cálculo de la concentración de clorofila a en función del método de muestreo utilizado, así como las técnicas de integración en aquellos casos en que la masa de agua está fuertemente estratificada y cuando tienen lugar migraciones verticales de algas flageladas o acumulaciones superficiales de cianobacterias. <p>También es posible calcular otros índices en relación con la diversidad, al estado trófico de la masa de agua, entre otros.</p>
Variables cualitativas	<p>Determinación de la composición taxonómica del fitoplancton: listado de los taxones detectados hasta el nivel taxonómico más detallado posible.</p> <p>Toxicidad potencial de cada especie.</p>

	<p>Al igual que para el muestreo de ictioplancton, para el muestreo de fitoplancton también es posible utilizar redes de plancton (habitualmente de arrastre), compartiendo también en este caso su principal ventaja, consistente en que se filtra un gran volumen de agua y por lo tanto se concentran los organismos que se encuentran en ella. Para fitoplancton el equipo tipo más utilizado es una red cono simple de nylon de unos 15 cm de diámetro de boca y una longitud de unos 100 cm con una luz de malla de 5-10 µm, teniendo en cuenta que la mayoría de las especies del fitoplancton pertenecen a las fracciones de micro (200-20 µm) y nanoplancton (20-2 µm). De forma general, la velocidad de la embarcación no debe superar 1m/s, e incluso trabajando con redes con luz de malla <20 µm se recomienda no superar una velocidad de 0,3 m/s. Velocidades de arrastre elevadas provocan la aparición de un cono de agua estático que deriva el agua entrante fuera de la red, reduciendo así la capacidad de filtración.</p> <p>Además, se suelen utilizar otras herramientas, como el muestreo utilizando bombas de succión (comentado anteriormente para el ictioplancton) y las botellas oceanográficas (<i>Van Dorn</i>, <i>Ruttner</i> o <i>Niskin</i>), además de otros sistemas más automatizados que no implican la recolección de muestra (<i>Video Plankton Recorder - VPR</i>).</p> <p>Procedimiento</p> <p>Respecto a las botellas oceanográficas, se trata de un método activo muy útil para estudios cuantitativos de plancton, dado que toma un volumen exacto de agua junto con los organismos que en ella se encuentran a una profundidad definida.</p> <p>Finalmente, el muestreo mediante bombas consiste en que estas bombean un flujo continuo de agua hacia la superficie donde el fitoplancton puede ser rápidamente concentrado mediante filtración continua. Puede realizarse un bombeo continuado durante el descenso a lo largo de la columna de agua hasta la profundidad deseada o bien muestrearse a profundidades definidas.</p> <p>Posteriormente las muestras deben fijarse adecuada y rápidamente para prevenir efectos adversos que pueden causar un deterioro.</p> <p>Se ha propuesto la utilización de distintos compuestos para la fijación y la conservación de las muestras, de los cuales solamente unos pocos se usan de forma extensiva. Tanto el formol como el lugol, los de más amplia utilización, tienen sus ventajas y desventajas en cuanto a la conservación de distintos subgrupos. En el caso de querer conservar la muestra viva, debe almacenarse en condiciones de oscuridad, frío (4-10 °C) y durante un tiempo máximo de 12 horas, debiéndose enfriar paulatinamente para evitar daños en las células. Para un análisis a mayor plazo, debería</p>
--	--

	<p>conservarse con la utilización de fijadores. El formol se utiliza al 2% y puede contener impurezas ácidas que dañen la estructura esquelética de algunos organismos, lo que puede ser evitable añadiendo un exceso de carbonato cálcico. El lugol se utiliza al 1% y es un buen preservador, especialmente del fitoplancton flagelado y ciliado, al conservar estas estructuras. Todas las muestras fijadas se deben conservar protegidas de la luz y en lugar fresco (<15 °C).</p>
Tipo de resultados y presentación	<p>Se presentan los resultados en forma de tablas y gráficos para su mejor comprensión. Los datos crudos deberán expresarse en función de algún parámetro para dimensionarlos correctamente.</p>
Ventajas o limitaciones del método	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La identificación a nivel de género a menudo ofrece información suficientemente precisa, dado que la mayoría de los géneros, particularmente de dinoflagelados y cocolitofóridos se encuentran restringidos o tienen su área de distribución principal en zonas geográficas o climáticas particulares. - Proporciona un registro permanente de las especies en un sitio. - Proporciona una colección de referencia que permite monitorear cambios a largo plazo. <p>Limitaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Las redes se pueden obturar y no se puede calcular este efecto, ni prevenir su extensión. Esto es especialmente relevante en estudios cuantitativos, debido a que no se puede tener control de los errores. - Requiere un alto nivel de experiencia en la identificación. - Se requiere de espacio para almacenamiento y catalogación.
Consideraciones	<p>Las mismas que se han señalado anteriormente para el método de estudio del ictioplancton.</p> <p>Tanto para el fitoplancton como para el zooplancton la variabilidad de tipologías de estructuras morfológicas es mayor, por lo que se requiere de métodos de muestreo menos traumáticos y fijadores que permitan la máxima conservación de todos los elementos de interés.</p> <p>Las muestras integradas se consideran más representativas que las muestras de superficie. La posible estratificación de la columna de agua también es un factor a tener en cuenta a la hora de diseñar los trabajos de muestreo.</p>

	<p>Una vez en el laboratorio, se recomienda realizar una exploración preliminar de la muestra antes de su procesado para determinar la mejor estrategia de análisis en función de la densidad y proceder a un listado preliminar de los taxones más abundantes.</p> <p>En los recuentos, se debe validar la existencia de una distribución aleatoria de los organismos sedimentados, verificando que no se ha producido un efecto borde, es decir, una mayor acumulación de individuos sedimentados en la periferia.</p>
Fuentes comunes de error	Las mismas que se han señalado anteriormente para el método de estudio del ictioplancton.
Equipos requeridos / material de apoyo	<p>En campo: redes de plancton, bombas de succión y botellas oceanográficas según el tipo de muestreo a realizar. Además de recipientes y reactivos fijadores.</p> <p>En laboratorio: microscopios, reactivos, equipos de fotografía y manuales de identificación, entre otros.</p>
Referencias bibliográficas	<p>Downing, J.A. & F.H. Rigler. 1984. A Manual on Methods for the Assessment of Secondary Productivity in Fresh Waters (2º Edición). Blackwell Scientific Publications, Oxford.</p> <p>Lund, J.W., Kipling, G.C. & E.D. Le Cren. 1958. The Inverted Microscope Method of Estimating Algal Numbers and the Statistical Basis of Estimation by Counting. Hydrobiologia, Vol. 11, Issue 2, pp 143-170.</p> <p>Palma, S. & K. Kaiser. 1993. Plancton Marino de Aguas Chilenas. Ediciones Universitarias de Valparaíso.</p> <p>Proyecto FIPA .2019-09. Guía Metodológica y de Protocolos de Muestreo y/o Registro <i>in situ</i> para Organismos Hidrobiológicos Presentes en Aguas Marítimas Costeras. Centro de Investigación en Biodiversidad y Ambientes Sustentables - CIBAS. Universidad Católica de la Santísima Concepción. 221 pp.</p> <p>UNE-EN. 2007. Calidad del Agua. Guía para el Recuento de Fitoplancton por Microscopía Invertida (Técnica de Utermöhl). 15204.</p> <p>Unesco. 1978. Phytoplankton Manual. Monographs on Oceanographic Methodology, 6.</p> <p>Unesco. 2004. Manual on Harmful Marine Microalgae. Monographs on Oceanographic Methodology, 11 (2ª edición). Hallegraeff, G.M.; Anderson D.M. y Cembella A.D. (editors), Second France.</p>

	<p>Unesco. 2010. Microscopic and Molecular Methods for Quantitative Phytoplankton Analysis. IOC Manuals and Guides, 55 (IOC/2010/MG/55). Paris, Intergovernmental Oceanographic Commission of Unesco.</p> <p>Utermöhl, H. 1958. Methods of collecting plankton for various purposes are discussed. Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie: Mitteilungen, 9:1, 1-38.</p>
--	--

Fuente: elaboración propia

3.

Tabla 13. Estudio del zooplancton – toma de muestras y análisis en laboratorio

Nombre del método	Estudio del zooplancton – toma de muestras y análisis en laboratorio
Tipo de método	Campo / Laboratorio.
Descripción del método	<p>El zooplancton constituye una parte muy importante de la cadena trófica pelágica, dado que constituye el enlace entre los productores primarios y niveles tróficos más elevados. Cambios en la biomasa y la composición en especies o tamaños del fitoplancton producen cambios en la productividad y estructura de la comunidad zooplanctónica; cambios que a su vez potencialmente afectarán al reclutamiento pesquero.</p> <p>El estudio del zooplancton requiere de la toma de muestras, habitualmente mediante redes o distintos tipos de contenedores. El sistema más clásico y utilizado son las redes, utilizándose también las botellas oceanográficas y bombas de succión.</p> <p>Ya en laboratorio, se procede al análisis de las muestras con la identificación y recuento de los individuos presentes. Para la estimación de la abundancia en muestras de zooplancton, especialmente si son muy voluminosas, se recomienda seguir el procedimiento señalado por Frontier (1969). Consiste en un método de análisis faunístico rápido del zooplancton, en el que a partir del análisis de submuestras se establece la abundancia de una especie dentro de la totalidad de la muestra aplicando una escala de rangos de abundancia.</p>
Método apto para un levantamiento exhaustivo/normal	Exhaustivo o normal en función del diseño del muestreo.
Tipo de impacto ambiental	Modificación de las propiedades de poblaciones de zooplancton.

Variables cuantitativas	<p>Análisis taxonómico a nivel de grandes grupos: debido a la gran cantidad de organismos contenidos en las muestras, habitualmente se subdividen con la ayuda de un separador Folsom, vertiendo el material en el tambor del separador. Una vez separada la muestra en dos mitades, se selecciona una alícuota y se continúa dividiendo hasta disponer de un volumen de trabajo que se considere adecuado a los objetivos del estudio. Para el zooplancton, un criterio adecuado es continuar haciéndolo hasta disponer de una submuestra que contenga al menos 400 copépodos, para obtener un nivel de cuantificación adecuado (Frontier, 1981). Los datos de los conteos son utilizados para estimar las abundancias por volumen de los diferentes grupos planctónicos.</p> <p>Estimación de la biomasa: una forma posible es siguiendo el método de volumen desplazado descrito por Kramer (1972), aunque también puede estimarse por métodos gravimétricos (peso seco o peso húmedo), en los tres casos en función del volumen de agua filtrado.</p> <p>Además, también es posible calcular otros índices en relación con la diversidad, al estado trófico de la masa de agua, entre otros.</p>
Variables cualitativas	<p>Determinación de la composición taxonómica del zooplancton: listado de los taxones detectados hasta el nivel taxonómico más detallado posible.</p>
Procedimiento	<p>Para el muestreo de zooplancton se utilizan principalmente las redes de plancton (habitualmente de arrastre) comentadas en la ficha metodológica correspondiente al ictioplancton; su principal ventaja es que filtran grandes volúmenes de agua concentrando los organismos que en ella se encuentran. La ejecución del muestreo puede realizarse mediante transectos horizontales, oblicuos o también verticales, del fondo a la superficie, con la embarcación sin navegar. Los transectos horizontales son habitualmente realizados en capas superficiales o subsuperficiales; en transectos oblicuos, la red se arrastra cerca del fondo, con el riesgo de dañarla si toca el sustrato; los transectos verticales se realizan para el muestreo de la columna de agua, desplegando la red a la profundidad deseada y recuperándola desde la embarcación lentamente, utilizándose mecanismos de cierre para muestrear masas de agua específicas.</p> <p>También se utilizan otras herramientas, comentadas anteriormente, como el muestreo mediante bombas de succión o las botellas oceanográficas, además de otros sistemas más automatizados que no implican la recolección de muestra (<i>Video Plankton Recorder - VPR</i>).</p> <p>Respecto a las botellas oceanográficas, se utilizan principalmente para el muestreo de aquellas formas más pequeñas del zooplancton; debiendo priorizar el uso de botellas que se encuentran en condiciones asépticas e incluso esterilizadas. Durante el muestreo con botellas debe evitarse, en la medida de lo posible, la perturbación del agua para prevenir una reacción de alejamiento de los organismos. Como ventaja,</p>

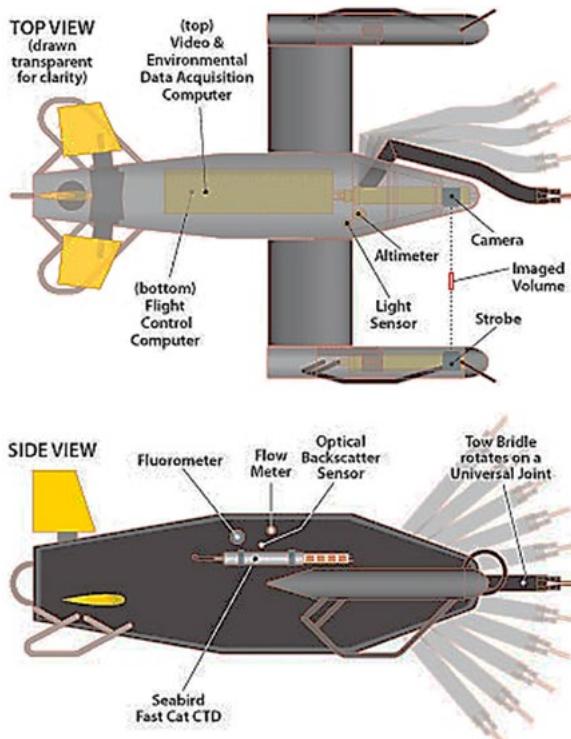
	<p>constituye un método fácil de operar y que muestrea a profundidades conocidas, mientras que, por otro lado, el volumen de agua muestreado es menor que en el caso de las redes y los organismos más grandes son subestimados dado que habitualmente no son capturados. Los organismos capturados mediante botellas son habitualmente concentrados por gravedad, centrifugación o filtrado.</p> <p>En relación con el tamaño de malla de las redes a utilizar, el plancton puede ser clasificado en macroplancton (>2 mm), mesoplancton (2 mm–200 μm), microplancton (200–20 μm), nanoplancton (20–2 μm) y picoplancton (<2 μm). Para el muestreo de zooplancton se utilizan ampliamente redes con una luz de malla de 200 μm, si bien actualmente se conoce que la utilización de luces de este tamaño claramente subestiman la abundancia de las especies de copépodos de tamaño más pequeño, así como de las etapas de desarrollo más tempranas de otros grupos, si bien en conjunto ambos pueden ser numéricamente dominantes en distintas comunidades pelágicas (Di Mauro <i>et al.</i>, 2009); se recomienda utilizar tamaños inferiores, de una magnitud adaptada al objetivo del estudio.</p> <p>De forma general, la velocidad de la embarcación no debe superar 1 m/s, e incluso trabajando con redes con luz de malla <20 μm se recomienda no superar una velocidad de 0,3 m/s. Velocidades de arrastre elevadas provocan la aparición de un cono de agua estático que deriva el agua entrante fuera de la red, reduciendo así la capacidad de filtración.</p> <p>Muestreo nictímero o circadiano de zooplancton.</p> <p>Posterior al muestreo, las muestras deben fijarse adecuada y rápidamente, e incluso dentro un plazo de 5 minutos desde la finalización del muestreo. Un fijador ideal debe matar al animal rápidamente sin ser corrosivo o tóxico en el medio natural. El fijador más común es el formol al 5% diluido, el que debe ser usado con agua de la zona muestreada para evitar efectos osmóticos indeseados, y tamponado a un pH 8 (aproximadamente), por ejemplo, con bórax (tetraborato de sodio). Permite conservar las muestras durante años; si bien, dado que una solución de este tipo tarda un tiempo relativamente largo en matar a los animales, en ocasiones tienen lugar distorsiones de su estructura corporal en el caso de organismos de cuerpo blando (Steedman, 1976). En ocasiones se utiliza también etanol, ácido acético, ácido pícrico, entre otros.</p>
Tipo de resultados y presentación	Se presentan los resultados en forma de tablas y gráficos. Se debe tener en cuenta que los datos crudos deberán también expresarse en función de algún parámetro para dimensionarlos correctamente.

Ventajas o limitaciones del método	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none">- Proporciona una descripción de la composición de especies y la distribución espacial de la abundancia, estructura y biomasa zooplanctónica.- Proporciona una colección de referencia para hacer monitoreos comparativos a largo plazo, permitiendo describir tendencias temporales. <p>Limitaciones:</p> <ul style="list-style-type: none">- Las redes se pueden obturar y no se puede calcular este efecto, ni prevenir su extensión. Este defecto de las redes es importante sobre todo para estudios cuantitativos, debido a que no se puede tener control de los errores.- Requiere un alto nivel de experiencia en la identificación.- Se requiere de espacio para almacenamiento y catalogación.- Para obtener una lista completa de las especies de un área se requiere de una cantidad considerable de tiempo y dinero, ya que la tarea es bastante laboriosa.
Consideraciones	<p>Las mismas que se han señalado anteriormente para el método de estudio del ictioplancton.</p> <p>La mayoría de los organismos zooplanctónicos migran verticalmente en respuesta a las condiciones de luz. Su aparición en las capas superficiales es pobre durante el día.</p> <p>Tanto para el fitoplancton como para el zooplancton la variabilidad de tipologías de estructuras morfológicas es mayor, por lo que se requiere de métodos de muestreo menos traumáticos y fijadores que permitan la máxima conservación de todos los elementos de interés.</p> <p>En caso de utilizar redes, proceder a su lavado en agua dulce caliente con detergente para asegurar una capacidad de filtración óptima.</p>
Fuentes comunes de error	Las mismas que se ha señalado anteriormente para el método de estudio del ictioplancton.
Equipos requeridos / material de apoyo	En campo: redes de plancton, bombas de succión y botellas oceanográficas según el tipo de muestreo a realizar. Además de recipientes y reactivos fijadores.
	En laboratorio: microscopios, reactivos, cámaras de fotos y guías de identificación, entre otros.

Referencias bibliográficas

- Bachiller, E. & J.A Fernandes. 2011. Zooplankton Image Analysis Manual: Automated Identification by Means of Scanner and Digital Camera as Imaging Devices.18(2): 16-37.
- Boltovskoy D. 1981. Submuestreo. Atlas del Zooplancton del Atlántico Sudoccidental y Métodos de Trabajo con el Zooplancton Marino. Publicación, Mar del Plata, Argentina. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (Inidep) (1981).143-146 pp.
- Di Mauro, R., Capitanio, F. & M.D. Viñas. 2009. Capture Efficiency for Small Dominant Mesozooplankters (Copepoda, Appendicularia) off Buenos Aires Province (34°S-41°S), Argentine Sea, Using Two Plankton Mesh Sizes. Brazilian Journ. Oceanogr, 57: 205-214.
- Frontier, S. 1969. Sur une méthode d'analyse faunistique rapide du zooplancton. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology.3: 18-26.
- Frontier, S. 1981. Cálculo del Error en el Recuento de Organismos Zooplanctónicos. Atlas del Zooplancton del Atlántico Sudoccidental y Métodos de Trabajo con el Zooplancton Marino. Publicación, Mar del Plata, Argentina. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (Inidep) (1981).163-167 pp.
- Proyecto FIPA .2019-09. Guía Metodológica y de Protocolos de Muestreo y/o Registro *in situ* para Organismos Hidrobiológicos Presentes en Aguas Marítimas Costeras. Centro de Investigación en Biodiversidad y Ambientes Sustentables - CIBAS. Universidad Católica de la Santísima Concepción. 221 pp.
- Harris, R., Wiebe, P., Lenz, J., Skjoldal, H.R. & M. Huntley. 2000. ICES Zooplankton Methodology Manual. Academic Press.
- Hidalgo, P., Escribano, R. & C. Morales 2005. Ontogenetic vertical distribution and diel migration of the copepod *Eucalanus inermis* in the oxygen minimum zone off northern Chile (20-21° S). Journal Plankton Research, 27 (6): 519-529.
- Kramer D., Kalin M.J., Steven E.G., Thrailkill J.R. & J.R. Zweifel. 1972. Collecting and Processing Data on Fish Eggs and Larvae in the California Current region. NOAA Tech. Rep. NMFS Circ. 370.
- Palma, S. & K. Kaiser. 1993. Plancton Marino de Aguas Chilenas. Ediciones Universitarias de Valparaíso pp 151.
- Steedman, F.H. 1976. Zooplankton Fixation and Preservation. Monographs on Oceanographic Methodology, 4; Unesco, Paris.
- Suthers I.M & D. Rissik. 2009. Plankton: a guide to their ecology and monitoring for water quality. CSIRO, Australia, 256 pp.
- UNESCO. 1968. Zooplankton Sampling. Monographs on Oceanography Methodology, 2, Unesco, Paris.

Tabla 14. Grabadora de plancton - *Video Plankton Recorder (VPR)*

Nombre del método	Grabadora de plancton - <i>Video Plankton Recorder (VPR)</i>
Tipo de método	Campo / Gabinete.
Descripción del método	<p>El VPR es una cámara microscópica submarina diseñada para capturar rápidamente imágenes de especies planctónicas con tamaños que vayan desde unas pocas micras ($100 \mu\text{m}$) hasta varios centímetros. Otros de los elementos básicos que forman parte del VPR son las luces estroboscópicas y el propio soporte donde están instaladas la cámara y la iluminación.</p> <p>Así, las imágenes capturadas se combinan con los aportes de otros sensores oceanográficos y luego se transmiten a tiempo real a través de la fibra óptica del cable de remolque del buque. En el buque, se utiliza un software diseñado para el análisis de las imágenes para posprocesar las fotos, identificar los diversos tipos de organismos representados, asociar los datos oceanográficos, y crear registros estadísticos y gráficos de caracterización de los tipos de plancton que se encontraron en varios lugares y profundidades a lo largo de la ruta del barco.</p>  <p>Vista superior y lateral de un VPR Fuente: WHOI, 2022</p>

Método apto para un levantamiento exhaustivo/normal	Exhaustivo o normal en función del diseño del muestreo.
Tipo de impacto ambiental	Modificación de las propiedades de poblaciones planctónicas.
Variables cuantitativas	Abundancia (número de individuos) y densidad (individuos m ³).
Variables cualitativas	Identificación de especies planctónicas.
Procedimiento	<p>En la cubierta del barco se prepara el VPR y los posibles sensores oceanográficos que lleve, además se comprueban las conexiones con el ordenador y el <i>software</i>, así como los aparatos de alimentación del VPR.</p> <p>El VPR se debe iar y remolcar mediante el cable de remolque por el buque. Desde este, un técnico especializado debe registrar en el <i>software</i> adecuado todas las imágenes que se van capturando, así como las variables ambientales, las coordenadas de la zona de muestreo, entre otras.</p> <p>Los transectos se realizan de acuerdo con el estudio que se lleva a cabo y al área de estudio definida.</p>
Tipo de resultados y presentación	<p>Tablas y gráficos que muestran parámetros como la abundancia y la densidad de una especie, listado de todas las especies o grupos identificados, entre otros. También se obtienen imágenes de los organismos planctónicos muestreados con el VPR.</p>  <p>Imagen captada por un VPR Fuente: NOAA, 2019</p>

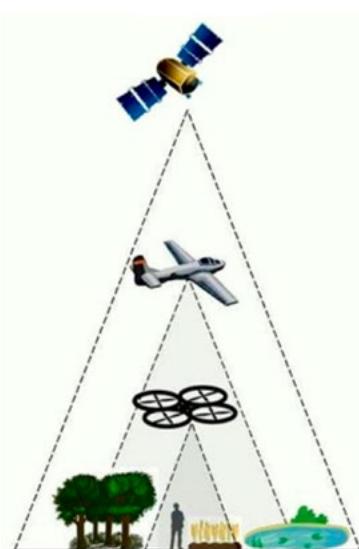
Ventajas o limitaciones del método	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alta resolución en las observaciones de taxones del plancton. - La observación de plancton delicado y especies gelatinosas se puede realizar con precisión y sin dañarlas. - Identificación automática de los taxones del plancton. - El uso de estos equipos permite conocer los patrones de distribución de los diferentes grupos planctónicos en la columna de agua y tener una noción de la diversidad y abundancias en general. - Registro simultáneo de imágenes del plancton junto a variables ambientales (temperatura, salinidad, entre otras). <p>Limitaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La mayoría de VPR no permiten una identificación a nivel taxonómico de especie del plancton. - Errores en la determinación a gran abundancia. - Determina biomassas por biovolumen sin lograr diferenciar por grupos. - Se necesitan buques con unas características específicas adaptadas al funcionamiento del VPR. - No logra capturar las comunidades de fitoplancton, cuyos tamaños van desde los 2-20 µm, y gran parte del microzooplancton (20-200 µm).
Consideraciones	<p>Se requiere de 6 a 8 operarios durante la maniobra de izado y recolección del VPR.</p> <p>El buque debe ir a una velocidad de entre 6 y 12 nudos.</p>
Fuentes comunes de error	<p>Errores durante la identificación de los organismos planctónicos del software debido a turbulencias que capturan imágenes poco nítidas.</p>
Equipos requeridos / material de apoyo	<p>Software específico para el VPR.</p> <p>Equipos y maquinaria necesaria para izar y elevar el VPR.</p>
Referencias bibliográficas	<p>Benfield, M.C. 2007. RAPID Research on Automated Plankton Identification. Oceanography 20(2): p. 172-187.</p> <p>Berman, M. S., Katsinis, C., Jefferies, H. P. & R.M. Lambert. 1990. Image Analysis Techniques for the Identification and Measurement of Marine Zooplankton. EOS 71: 94.</p>

	<p>Davis, C. S., Gallager, S. M., Berman, M. S., Haury, L. R. & J.R. Strickler. 1992a. The Video Plankton Recorder (VPR): Design and Initial Results. <i>Arch. Hydrobiol. Beih.</i>36: 67-81.</p> <p>Davis, C. S., Gallager, S. M. & A.R. Solow. 1992b. Micro aggregations of Oceanic Plankton Observed by Towed Video Microscopy. <i>Science</i> 257: 230-232.</p> <p>Davis, C.S. 2005. A Three-Axis Fast-Tow Digital Video Plankton Recorder for Rapid Surveys of Plankton Taxa and Hydrography. <i>Limnology and Oceanography: Methods</i>, 3(FEB.): p. 59-74.</p> <p>Medellín-Mora, J. & R. Escribano. 2013. Análisis automático de zooplancton utilizando imágenes digitalizadas: estado del conocimiento y perspectivas en Latinoamérica. <i>Latin American Journal of Aquatic Research</i>, 41(1), 1-28.</p>
--	---

Fuente: elaboración propia

Tabla 15. Método de análisis de imágenes satelitales sobre fitoplancton

Nombre del método	Método de análisis de imágenes satelitales sobre fitoplancton
Tipo de método	Gabinete.
Descripción del método	<p>La reflectancia espectral del mar, es decir, el color del océano está relacionada con las propiedades ópticas del agua y con la forma en que el material disuelto y las partículas en suspensión, como fitoplancton, sedimentos de distintos tamaños, nutrientes, absorben y dispersan de manera selectiva la luz solar incidente, es decir, su comportamiento espectral.</p> <p>Con un sensor óptico pasivo instalado en un satélite se puede medir el color del océano de forma remota. El sensor tiene un campo de visión estrecha, que capta el flujo radiante que le llega en bandas de frecuencia específicamente seleccionadas en las regiones visible e infrarroja del espectro electromagnético.</p> <p>Las observaciones que brindan estos sensores permiten estimar el contenido de partículas suspendidas y disueltas en el agua, en particular la concentración de clorofila a, el pigmento más abundante que contienen los organismos unicelulares de la comunidad fitoplancótica.</p>

	<p>Las imágenes obtenidas del sensor instalado en el satélite se procesan con diferentes programas que utilizan distintos algoritmos para obtener imágenes espaciotemporales de las concentraciones de clorofila a en las distintas zonas de un área de estudio.</p>  <p>Tecnologías de sensoramiento remoto Fuente: Nixon et al, 2017</p>
Método apto para un levantamiento exhaustivo/normal	Normal.
Tipo de impacto ambiental	Modificación de las propiedades de poblaciones de fitoplancton.
Variables cuantitativas	Concentración de clorofila a (mg/m^3).
Variables cualitativas	No aplica.
Procedimiento	Se procede a contactar con el operador satelital que controla el sensor remoto instalado en el satélite. Se deben recopilar los datos recogidos por el sensor de la zona de estudio. Mediante diferentes sistemas de análisis, como el SeaDAS, que es un paquete de programas especialmente diseñado para el análisis de datos obtenidos por este tipo de sensores, se obtienen imágenes de la concentración de fitoplancton del área de estudio.
Tipo de resultados y presentación	Imágenes aéreas con una escala de colores, en la cual cada color se relaciona con una concentración de clorofila a.

Ventajas o limitaciones del método	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se obtienen observaciones de escala regional sobre áreas muy grandes. - Las observaciones generalmente son repetibles y regulares. - Se pueden tomar mediciones durante todo el año. - Los datos recopilados son cuantificables. - Los instrumentos se calibran y son constantes. - Las observaciones no son invasivas y no generan un impacto sobre el medio ambiente. <p>Limitaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Muchos instrumentos satelitales se basan en la luz solar, lo que implica que es necesario proceder en período diurno y baja o nula nubosidad. - Los grandes volúmenes de datos implican un balance entre la resolución espacial y la cobertura, es decir, una mayor trayectoria generalmente implica menor detalle espacial. - El intervalo entre la repetición de observaciones a menudo es fijo, lo que implica menos flexibilidad para la recolección de datos. - Los datos recopilados a través de instrumentos satelitales frecuentemente no son mediciones directas del parámetro requerido, sino que se basan en algoritmos diseñados para aproximar la medición. - Para validar los datos obtenidos a través de instrumentos satelitales se requieren mediciones directas del terreno.
Consideraciones	<p>Se necesita saber utilizar los sistemas de análisis que tienen paquetes de programas complejos.</p> <p>El grupo internacional coordinador de color del océano IOCCG (del inglés, <i>International Ocean Color Coordinating Group</i>), que es un grupo de expertos que actúa como enlace y canal de comunicación entre usuarios, gerentes y agencias en el área de monitoreo satelital de color del océano, ha formado equipos especializados de trabajo científico para investigar sobre varios aspectos de la tecnología satelital de color del océano y sus aplicaciones.</p> <p>El sitio <i>web</i> de color del océano es el espacio para formular las preguntas y obtener toda la información necesaria sobre los sensores de color SeaWiFS y Modis, así como para bajar productos por FTP o acceder al software de procesamiento de datos de color Seadas.</p>

Fuentes comunes de error	Recopilación de datos insuficientes o erróneos, una vez realizadas las correcciones atmosféricas y algoritmos en los programas.
Equipos requeridos / material de apoyo	Software específico; generalmente, sistemas de análisis con diferentes paquetes de programas específicos para el tratamiento de datos que registran los sensores ópticos pasivos remotos instalados en los satélites.
Referencias bibliográficas	<p>Armstrong, R.A., Gilbes, F., Guerrero, R., Lasta, C., Benavidez, H. & H. Mianzan. 2004. Validation of SeaWiFS-Derived Chlorophyll for the Río de la Plata Estuary and Adjacent Waters, International Journal of Remote Sensing, 25 (7-8), 1501-1505.</p> <p>Feldman, G.C. & C.R. McClain. 2005. SeaWiFS chlorophyll trends (4.0_4.1), in Ocean Color Web, edited by N. Kuring y otros, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Md.</p> <p>García, C.A., García, V.M. & C.R. McClain. 2005. Evaluation of SeaWiFS Chlorophyll Algorithms in the Southwestern Atlantic and Southern Oceans, Remote Sensing of Environment 95 pp.</p> <p>Garcia, V.M., Signorini, S., Garcia, C.A. & C.R. McClain. 2006. Empirical and Semianalytical Chlorophyll Algorithms in the Southwestern Atlantic Coastal Region (25-40°S and 60-45°W), International Journal of Remote Sensing 27 (8), 1539-1562.</p> <p>Grupo Internacional Coordinador de Color del Océano (IOCCG). Disponible en el sitio web http://www.ioccg.org</p> <p>Ocean Color. Disponible en el sitio web http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/.</p> <p>O'Reilly, J.E., Maritorena, B.G., Mitchell, D.A., Siegel, K.L., Carder, S.A., Garver, M. & C. McClain. 1998. Ocean Color Chlorophyll Algorithms for SeaWiFS, J. Geophys. Res., 103(C11), 24,937-24,954.</p> <p>Proyecto FIPA. 2019-09. Guía Metodológica y de Protocolos de Muestreo y/o Registro <i>in situ</i> para Organismos Hidrobiológicos Presentes en Aguas Marítimas Costeras. Centro de Investigación en Biodiversidad y Ambientes Sustentables - CIBAS. Universidad Católica de la Santísima Concepción. 221 pp.</p>

Fuente: elaboración propia

Tabla 16. Método de estudio de la abundancia de peces

Nombre del método	Método de estudio de la abundancia de peces
Tipo de método	Campo / Laboratorio / Gabinete.
Descripción del método	<p>En el estudio de <i>stocks</i> de peces mediante métodos directos se utilizan equipos de hidroacústica.</p> <p>Estos equipos son utilizados para llevar a cabo estimaciones de abundancia y biomasa, distribución espacial y batimétrica de los <i>stocks</i>.</p> <p>Con pescas de identificación se determina la naturaleza de la especie y la distribución de tamaños, las cuales – junto a las características del transductor y el sistema utilizado en el ecosondeo, las medidas acústicas de densidad de peces, los valores de sección transversal retro-dispersada o la fuerza de blanco – se pueden convertir en medidas de biomasa. Ello permite expresar las cantidades acústicas en términos de densidad de peces (número por unidad de volumen o número por unidad de área a lo largo del trayecto del barco). El resultado se expresa generalmente como número total o biomasa de <i>stock</i>, distinguidas por tamaño o por grupo de edad y con mapas de contorno de densidad de <i>stock</i> obtenidos del proceso de interpolación.</p> <p>En la observación y análisis de los cardúmenes de peces mediante métodos acústicos se utilizan ecosondas verticales (una dimensión horizontal y una vertical), sonares omnidireccionales (dos dimensiones horizontales) y más recientemente sonares multihaz (tres dimensiones).</p>
Método apto para un levantamiento exhaustivo/normal	Exhaustivo.
Tipo de impacto ambiental	Modificación de las propiedades de poblaciones ícticas.
Variables cuantitativas	Biomasa (kg), abundancia (número de individuos), edad (años), talla (mm), entre otros.
Procedimiento	<p>Para el estudio de <i>stocks</i> se requiere de una embarcación que realice tanto las tareas de prospección acústica como los lances de pesca (pescas de identificación).</p> <p>Generalmente se utiliza un diseño de muestreo sistemático, el cual es considerado como el más adecuado para estudios de estimación de la abundancia, precisión y distribución espacial de los <i>stocks</i>.</p> <p>El número de transectos a realizar varían según el estudio de <i>stock</i> y el diseño de muestreo.</p> <p>Los datos obtenidos de los ecogramas, junto con los datos lances de pesca, se integran en diferentes modelos matemáticos y estadísticos para obtener estimaciones de abundancia y biomasa, distribución espacial del <i>stock</i>, entre otros.</p>

Tipo de resultados y presentación	Mapas de distribución geográfica de peces, tablas y gráficos de distribución de tallas y abundancia de peces, entre otros.
Ventajas o limitaciones del método	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Equipos hidroacústicos proveen un método repetible y no invasivo. - Proporcionan estimaciones de abundancia, biomasa y distribución espacial de los peces muy confiables. <p>Limitaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mala operatividad en aguas someras. - Son estudios con un alto coste.
Consideraciones	El método con equipos de hidroacústica siempre es necesario acompañarlo con pescas de identificación.
Fuentes comunes de error	Errores de calibración del equipo hidroacústico.
Equipos requeridos / material de apoyo	<ul style="list-style-type: none"> - Equipo hidroacústico - Aparejos de pesca - Embarcación adaptada - Instrumental necesario para la aplicación del método
Referencias bibliográficas	<p>Bez, N. & P. Fernandes. 2002. Geoestadística en hidroacústica. Apuntes de curso. Proyecto ACTIVE - UCV. 48 pp.</p> <p>Córdova, J., Saavedra, M., Espejo, V., Ojeda, L., Muñoz, L., Chong, R., Céspedes, L., Adasme, J., Oliva, J. & E. Díaz. 2003. Evaluación hidroacústica del stock desovante de merluza de tres aletas en su unidad de pesquería, año 2002. Informe final de proyecto FIP 2002-20.</p> <p>Foote, K., Knudsen, H., Vestnes, G., MacLennan, D. & J. Simmonds. 1987. Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: a practical guide. ICES. Cooperative Research Report Nº144.</p> <p>IFOP. 1985. Manual de muestreo biológico-pesquero. Pesquería de Peces Demersales (Sur-Austral). IFOP. 60 pp.</p> <p>Miranda, H. 1999. Derivación del estimador de varianza para el factor de eointegración. Informe técnico, Unidad de estadística. IFOP, 4 pp.</p>

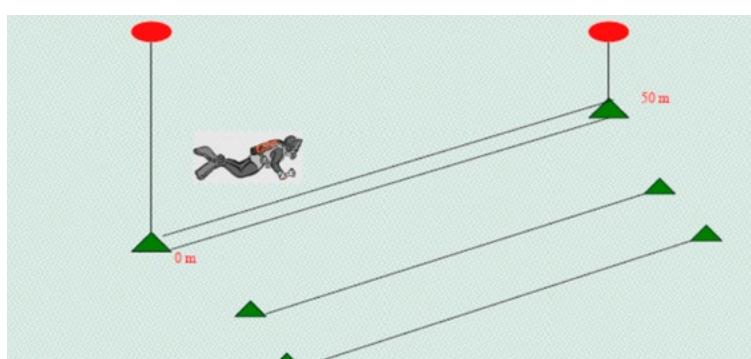
	<p>FAO. 2003. Manual de evaluación de recursos pesqueros. Documento técnico de pesca Nº 393. Departamento de Pesca de la FAO. Disponible en: Manual de evaluación de recursos pesqueros.</p> <p>Proyecto FIPA .2019-09. Guía Metodológica y de Protocolos de Muestreo y/o Registro <i>in situ</i> para Organismos Hidrobiológicos Presentes en Aguas Marítimas Costeras. Centro de Investigación en Biodiversidad y Ambientes Sustentables - CIBAS. Universidad Católica de la Santísima Concepción. 221 pp.</p>
--	--

Fuente: elaboración propia

3.

Tabla 17. Determinación de bancos naturales de recursos hidrobiológicos bentónicos

Nombre del método	Determinación de bancos naturales de recursos hidrobiológicos bentónicos
Tipo de método	Campo / Gabinete.
Descripción del método	<p>El método de determinación de bancos naturales de recursos hidrobiológicos bentónicos se utiliza para establecer la existencia o no de bancos naturales de recursos hidrobiológicos en un área específica, incluidas las praderas naturales de algas.</p> <p>Para el desarrollo de este método, primero se procede a determinar la superficie a muestrear mediante una evaluación batimétrica de la zona. Una vez definida la superficie, se determina la unidad de muestreo, la cantidad de unidades de muestreo y su distribución sobre la superficie. Luego se lleva a cabo la recolección de los datos mediante distintas técnicas, que varían en función del tipo de fondo y de las especies presentes.</p> <p>Posteriormente, los datos se analizan, calculando distintos parámetros; poblacionales, densidad de individuos, frecuencia de ocurrencia, entre otros. Asimismo, se calcula el índice ponderado de banco natural de recursos hidrobiológicos bentónicos (IPBAN) para cada una de las especies en cuestión, y se compara con el de referencia, el índice ponderado de banco natural de recursos hidrobiológicos bentónicos máximo (IPBANMAX). Si el IPBAN es igual o superior al IPBANMAX, se considera que en el área de estudio hay un banco natural de ese recurso hidrobiológico. Si, por el contrario, es inferior, se considera que en el área de estudio no hay un banco natural de ese recurso hidrobiológico.</p>
Método apto para un levantamiento exhaustivo/ normal	Exhaustivo o normal.
Tipo de impacto ambiental	Modificación de las propiedades de poblaciones de recursos hidrobiológicos bentónicos.

Variables cuantitativas	Abundancia o número de individuos, frecuencia de ocurrencia de una especie, densidad de individuos de una especie, entre otros.
Variables cualitativas	No aplica.
	<p>Para determinar la superficie a muestrear se debe realizar un estudio batimétrico con las siguientes pautas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La batimetria debe realizarse con ecosonda o escandallo. - Cuando se realice la batimetria, la embarcación debe recorrer una vía de navegación, la cual debe considerar como mínimo el perímetro del área solicitada y las líneas formadas por las diagonales entre los vértices del sector, registrándose la profundidad por lo menos cada 25 m. - Una vez establecida la superficie a muestrear mediante batimetria, se debe definir una unidad de muestreo (UM), correspondiente a un segmento de 150 m de largo y 0,25 m de ancho, marcado cada 1 m. Este segmento se divide en 3 secciones de 50 m cada una. - El número mínimo de UM que se deben considerar es 1 UM por hectárea. - Con el objetivo de tener la mayor representación de la superficie a muestrear, los 3 segmentos de cada UM deben ubicarse de manera aleatoria dentro de cada hectárea en el sentido del gradiente batimétrico. - La técnica de muestreo depende del tipo de fondo y de las especies presentes en la superficie a muestrear, pero en términos generales corresponde a una inspección visual de los organismos interceptados en la UM a través de buceo. <p>Procedimiento general:</p> <ol style="list-style-type: none"> a) Desde la embarcación se dispone, sobre el gradiente batimétrico y de manera aleatoria, una sección de la UM de 50 m de largo, con peso y boyarines de ubicación superficial, dispuestos en los extremos de dicho cabo, el que sirve de guía para la inspección del buzo.  <p>Técnica de muestreo en una sección de la unidad de muestra Fuente: FIP, 2005</p>
Procedimiento	

	<p>b) El buzo debe recorrer la sección, contando todos los individuos de cada grupo o especie hidrobiológica que son interceptados en cada metro de la UM. En el caso de que no se pueda individualizar el organismo, como algas y mitílidos, debe obtenerse la cobertura en cada metro.</p> <p>c) Para el caso de organismos que viven enterrados en fondos blandos, se debe de identificar y cuantificar las estructuras visibles, como sifones, branquias, entre otras.</p> <p>d) En caso necesario se remueve el sustrato para determinar la existencia de organismos enterrados.</p> <p>Con la información obtenida en el muestreo se debe calcular la densidad de individuos de una especie y la frecuencia de ocurrencia de una especie en la UM. Estos dos parámetros se multiplican junto a la superficie de muestreo (en porcentaje) para obtener el IPBAN. Si el IPBAN se compara con el de referencia IPBANMAX, si es igual o superior, se considera que en el área de estudio existe un banco natural del recurso hidrobiológico bentónico en cuestión.</p>
Tipo de resultados y presentación	<p>Tablas y gráficos de número de individuos por especie, densidad de individuos por especie, frecuencia de ocurrencia por UM, entre otros.</p> <p>Se recomienda grabar videos como antecedente adicional.</p>
Ventajas o limitaciones de la metodología	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Metodología con técnicas de muestreo de fácil aplicación. - Obtención del IPBAN de un grupo o especie a partir de cálculos sencillos. <p>Limitaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mala operatividad del método en aguas profundas (>30 m). - Requiere de personal altamente calificado en identificación de recursos hidrobiológicos y buceo.
Consideraciones	<p>La técnica de muestreo de esta metodología puede variar en función de la tipología de fondo y de la profundidad de muestreo. A profundidades mayores a las permitidas por la ley en cuanto al buceo, se puede utilizar vehículo operado a distancia <i>Remote Operate Vehicle</i> (ROV).</p>
Fuentes comunes de error	<p>Errores en la identificación visual de una especie y en el recuento del número de individuos de una especie.</p>

Equipos requeridos / material de apoyo	<ul style="list-style-type: none"> - Equipo hidroacústico. - Embarcación. - Personal especializado. - Instrumental necesario para la aplicación de la metodología (libretas sumergibles, equipo de buceo, cabos, boyarines, entre otros).
Referencias bibliográficas	<p>FIP. 2005. Pre-informe Final. Validación de la metodología de evaluación de bancos naturales de recursos hidrobiológicos y praderas de algas. Universidad Austral de Chile - Consultora Pupelde. Proyecto FIP N°2005-14. 184 pp.</p> <p>Proyecto FIPA .2019-09. Guía Metodológica y de Protocolos de Muestreo y/o Registro <i>in situ</i> para Organismos Hidrobiológicos Presentes en Aguas Marítimas Costeras. Centro de Investigación en Biodiversidad y Ambientes Sustentables - CIBAS. Universidad Católica de la Santísima Concepción. 221 pp.</p> <p>Subpesca. 2010. Resolución Exenta N°2.353 de la, de fecha 04 de agosto del 2010, que Establece Metodología para Determinación de Banco Natural de Recursos Hidrobiológicos para Fines que Indica.</p>

Fuente: elaboración propia

Tabla 18. Caracterización de las comunidades macrobentónicas submareales de fondo blando

Nombre del método	Caracterización de las comunidades macrobentónica submareales de fondo blando
Tipo de método	Campo / Laboratorio / Gabinete.
Descripción del método	<p>Se procede a la tipificación de cada una de las muestras obtenidas en campo mediante la separación de los organismos del material inorgánico y la posterior identificación y recuento de los individuos de los distintos taxones del sedimento correspondiente al macrobentos (>0,5 mm).</p> <p>Se caracterizan las comunidades existentes mediante distintos cálculos de análisis univariante y multivariante, los cuales permiten caracterizar la comunidad presente a nivel de estación y compararla con las demás.</p>
Método apto para un levantamiento exhaustivo/ normal	Exhaustivo o normal en función del diseño del muestreo.
Tipo de impacto ambiental	Modificación de las propiedades de poblaciones de fauna.

Variables cuantitativas

- Abundancia: número de individuos de cada especie identificados en la estación.
- Biomasa total y biomasa relativa por especie respecto del total.
- Riqueza específica: número total de especies presentes en la estación.
- Densidad: número de individuos por unidad de superficie (m^2).
- Dominancia: porcentaje del número de individuos de una sola especie en relación al número total de individuos de la estación. Cuanto mayor es el grado de dominancia de algunas especies y de rareza de las demás, menor es la diversidad de la comunidad. Una especie es dominante cuando tiene una gran influencia sobre la composición y forma de la comunidad; estas son especies de gran éxito ecológico y son relativamente abundantes dentro de la comunidad.
- Diversidad específica e Índice de Diversidad de Shannon-Weaver (H'): mide el grado promedio para predecir la especie a la que pertenece un individuo dado, elegido al azar dentro de la comunidad.

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \cdot \ln(p_i)$$

- Índice de Dominancia de Simpson (D): representa la probabilidad de que dos individuos, dentro de un hábitat, seleccionados al azar, pertenezcan a la misma especie. Se observa que a mayor dominancia menor es la diversidad. El caso más extremo sería cuando existiese una única especie (valor 1).

$$D = \frac{\sum_{i=1}^S n_i(n_i - 1)}{N(N-1)}$$

- Índice de Equidad de Pielou (J'): muestra la regularidad con que los individuos están distribuidos entre las especies de una comunidad. Sus valores van de 0 a 1, siendo 1 la equidad máxima, que ocurre si todas las especies están presentes en igual número de individuos.

$$J' = \frac{H'}{H_{\max}}$$

, donde

$$H'_{\max} = - \sum_{i=1}^S \frac{1}{S} \ln \frac{1}{S} = \ln S$$

	<p>Similitud entre las muestras: mediante la transformación de las abundancias relativas en una matriz simétrica de distancias entre los distintos pares de estaciones y la subsecuente generación de clústeres, se consigue clasificar las muestras en un número pequeño de grupos, de forma que las observaciones pertenecientes a un grupo sean muy similares entre sí y disimilares del resto. Finalmente, se recomienda obtener la representación gráfica de estos clústeres. Se sugiere la representación gráfica llamada dendrograma o árbol jerárquico, en donde aparecen las distancias de unión y las muestras unidas en cada clúster.</p> <p>El análisis y caracterización de las comunidades macrobentónicas, además de dar información acerca de su riqueza y composición, aporta un reflejo del estado de salud del medio, dado que el número de taxones, su biomasa y abundancia, entre otros, son parámetros que se ven afectados por las condiciones del medio (Rosenberg, 2001).</p>
Variables cualitativas	<p>Asimilación de los resultados obtenidos a una denominación de comunidad tipo.</p> <p>Detección de organismos pertenecientes a especies indicadoras de fenómenos concretos.</p>
Procedimiento de muestreo	<p>En lo respectivo al muestreo, puede distinguirse entre el realizado desde una embarcación y el que puede realizarse mediante buceo autónomo. El establecimiento de las estaciones de muestreo se define a partir de las diferentes tipologías de fondo, intentando que su distribución sea representativa de los diferentes ambientes, o bien distribuidos de forma regular mediante transectos.</p> <p>Desde una embarcación y mediante el uso de una draga, el muestreo de organismos del substrato sedimentario queda definido mediante la toma de la totalidad de una superficie y no en función del volumen de sedimento recogido. La penetrabilidad del ensayo y, por lo tanto, el volumen de sedimento obtenido se halla en función de la compacidad del substrato. Por lo tanto, el muestreo se realiza mediante la recolección de una superficie estándar de sedimento y para un cierto número de muestras por cada estación (3 muestras). Se pueden utilizar diferentes tipos de draga; por ejemplo, la Van Veen, de 0,2 m de lado, que recogiendo 3 muestras representaría una superficie total de 0,12 m².</p> <p>En el caso de realizar muestreo mediante buceo autónomo, no se utiliza draga. Aquí se recomienda utilizar un core de 0,1 m² de superficie (por ejemplo, de PVC), enterrándolo aproximadamente 15 cm en el sedimento superficial.</p> <p>En ambos casos, el sedimento recogido se lava con agua marina abundante a través de una malla de 0,5 mm de luz, con la finalidad de eliminar el material de tamaño inferior y reducir la muestra a la fracción que se acerca al concepto de macrobentos.</p>

Tipo de resultados y presentación	<p>Presentación de los datos en formato de tablas, gráficos e imágenes de aquellas especies halladas más singulares; interpretación de los datos obtenidos.</p> <p>Se recomienda respaldar este estudio con material audiovisual (fotos o videos) y presentarlos como antecedentes adicionales.</p>
Estimación de tiempo de desarrollo	<p>La separación de los organismos del sustrato es laboriosa, aunque no requiere de un elevado grado de especialización, y depende en gran medida del volumen total de sedimento a procesar, así como también de la práctica de la persona asignada a la tarea. El trabajo correspondiente al análisis dependerá de la disponibilidad de expertos, así como de la cantidad de organismos hallados.</p>
Ventajas o limitaciones de la metodología	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Practicable desde un amplio rango de tamaño de embarcaciones; en función de la profundidad de muestreo se requiere de dragas o equipos para el despliegue de dragas de mayor calibre. - Arroja datos cuantitativos acerca de infauna sedentaria y epifauna móvil o sedentaria, que reflejan con precisión los cambios ambientales. - Proporciona resultados cuantificables que están abiertos al análisis estadístico y la interpretación. - Produce datos que pueden reproducirse sobre la base de un estándar común (si se utiliza el mismo equipo de muestreo). - Proporciona datos para ciertos hábitats donde existe una cantidad considerable de información disponible. <p>Limitaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Es posible que ocurran grandes variaciones en la composición de la comunidad a pequeña escala. - Las diferentes tipologías de fondo marino requieren diferentes equipos para su muestreo, hecho que conlleva a disminuir la eficiencia. - En el caso de muestreo desde embarcación, la elección del elemento de muestreo a utilizar se basa en información preliminar acerca del tipo de fondo: datos históricos, de <i>Side Scan Sonar</i> (SSS), video submarino, entre otros. - La separación e identificación de los organismos recolectados puede dañar a los organismos. - Los organismos de mayor tamaño y más móviles tienden a ser subestimados. - Utilización de compuestos químicos tóxicos.

Consideraciones	<p>Para conservar las muestras se utiliza formaldehído al 40% que se añade sobre la muestra con agua hasta obtener una concentración (en la muestra) del 4%. Se recomienda añadir primero solo unas gotas para anestesiar a los invertebrados y evitar que adopten posturas rígidas que puedan dificultar su identificación, y después de unos minutos añadir el resto del reactivo.</p> <p>El formaldehído es tóxico y su uso requiere la aplicación de medidas de seguridad. En el campo se trabaja al aire libre, con guantes de látex, se deben evitar derrames y se deben usar recipientes herméticos adecuados. En el transporte de las muestras del campo al laboratorio se deben tomar las medidas necesarias para evitar la rotura de los botes de muestra o la liberación de vapores. Se recomienda usar botes herméticos y almacenarlos en neveras o cajas con tapa en lugar fresco evitando la exposición prolongada al sol.</p> <p>Debe tenerse en consideración que el formaldehído disuelve los esqueletos calcáreos (equinodermos, espículas de esponjas, entre otras.), por lo que deberá ser sustituido por alcohol (habitualmente al 70%) o bien se deberá adicionar borato de sodio; en ambos casos para evitar que se destruyan las partes calcáreas de los organismos. Para cada grupo taxonómico pueden existir variaciones que mejoren su conservación lo que deberá determinarse en cada caso.</p> <p>Previamente a la realización de cualquier manipulación de la muestra es preciso eliminar de ella el formaldehído. Esto se efectúa disponiendo la muestra sobre una red de 100 µm de abertura de poro y recogiendo la solución de formaldehído filtrada en el mismo envase de la muestra para su reutilización o tratamiento como residuo peligroso. La muestra, una vez separada del formaldehído, se debe lavar con agua y disponerla en un nuevo envase solo con agua.</p>
Fuentes comunes de error	<p>Etiquetado de muestras y preparaciones inadecuado. Todas las muestras y preparaciones deben estar convenientemente etiquetadas en el interior (papel cebolla con lápiz) y el exterior (etiqueta adhesiva con rotulador indeleble), de forma que se identifiquen mediante un código. Ambas etiquetas deben mostrar, al menos, el código de la campaña de muestreo, el código de la muestra, la fecha y, en el caso de haber utilizado más de un bote para guardar las muestras, esta información también debe quedar registrada.</p> <p>Mantener inadecuadamente las muestras antes de su procesado puede producir la desintegración de los organismos que se prevé identificar y cuantificar.</p> <p>Errores de identificación. Durante el proceso de identificación de los organismos es necesario disponer de claves taxonómicas apropiadas, y de taxónomos especializados en los diferentes grupos zoológicos, suficientemente preparados para minimizar el riesgo de errores de identificación.</p>

Equipos requeridos / material de apoyo	<p>Equipo de recolección de muestras, draga o <i>core</i>, que presente un tamaño suficientemente adecuado para incluir la totalidad de las especies que forman parte de las comunidades a muestrear.</p> <p>Tamiz para el lavado de la muestra en campo (apertura de malla de 500 µm).</p> <p>Formulario para la anotación de la información relevante, como coordenadas, profundidad, entre otras.</p> <p>Envases para el almacenamiento de las muestras y fijadores adecuados.</p> <p>Equipo de laboratorio necesario para la aplicación de la metodología, como lupa, claves taxonómicas, pinzas, entre otro.</p>
Referencias bibliográficas	<p>Colección Chilena de Macrofauna Bentónica. Disponible en el sitio web http://www.macrofauna.cl.</p> <p>Eleftheriou, A. & A.D. McIntyre. 2005. Methods for the Study of Marine Benthos (3th edition). Blackwell, Oxford.</p> <p>Gray, J.S. & M. Elliot. 2009. Ecology of Marine Sediments. Oxford University Press. 235pp.</p> <p>Pacheco, A., Laudien J., Thiel, M., Oliva, M. & W.E. Arntz. 2010. Succession and seasonal variation in the development of subtidal macrobenthic soft-bottom communities off northern Chile. Journal of Sea Research 64: 180-189.</p> <p>Proyecto FIPA .2019-09. Guía Metodológica y de Protocolos de Muestreo y/o Registro <i>in situ</i> para Organismos Hidrobiológicos Presentes en Aguas Marítimas Costeras. Centro de Investigación en Biodiversidad y Ambientes Sustentables - CIBAS. Universidad Católica de la Santísima Concepción. 221 pp.</p> <p>Rosenberg, R. 2001. Marine benthic faunal successional stages and related sedimentary activity. Scientia Marina 65(S2):107-119.</p>

Fuente: elaboración propia

Tabla 19. Caracterización de las comunidades macrobentónicas submareales de fondo duro

Nombre del método	Caracterización de las comunidades macrobentónicas submareales de fondo duro
Tipo de método	Campo / Gabinete.
Descripción del método	<p>Se fotografían localizaciones fijas de fondos duros inter o submareales a intervalos regulares; las fotografías resultantes (digitales o digitalizadas) son transferidas a un Sistema de Información Geográfica (SIG) (<i>shapefile</i> o <i>kmz</i>), o bien a algún <i>software</i> específico (<i>Seascape Photo Quad</i>) para delimitar las superficies cubiertas por las especies y el cálculo de estadísticas. Posteriormente, las distintas capas de información originadas en cada muestreo son superpuestas, comparando las coberturas respectivas entre períodos.</p> <p>Este método es la evolución tecnológica del método de caracterización de fondos duros mediante cuadrantes por parte de un buceador, debiendo ser los cuadrantes, en ambos casos, de una superficie conocida (típicamente de 0,25 m²). El método tradicional, utilizado durante décadas, puede implicar un muestreo destructivo con la recolección de los organismos que se encuentren en su interior, ya sea para inventario, cuantificación o estudio de los procesos de recolonización; o bien basarse en la observación de distintos parámetros. En este último caso, típicamente se procede a registrar el número e identidad de las especies presentes, y el porcentaje de cobertura de las especies sésiles (incluyendo sustrato primario y secundario).</p>
Método apto para un levantamiento exhaustivo/normal	Normal.
Tipo de impacto ambiental	Modificación de las propiedades de la población de fauna.
Variables cuantitativas	<p>Existe una gran variedad de estadísticas e índices a aplicar para valorar la estructura de la comunidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Número de elementos identificados. - Tamaño medio de los elementos. - Desviación estándar del tamaño de los elementos. - Índice de forma promedio, para calcular la complejidad de formas existente, desde formas circulares puras a formas más complejas. - Índice de diversidad de Shannon. - Por otro lado, también es posible valorar la dinámica de la comunidad, calculando la variación del área ocupada a lo largo de sucesivos muestreos por cada elemento identificado, superponiendo las imágenes ya tratadas.

Procedimiento	<p>Técnica que no implica <i>per se</i> la toma de muestras, sino realizar un monitoreo fotográfico en pequeñas áreas de forma cuadrada previamente definidas. Las localizaciones son definidas al inicio y de acuerdo con los objetivos del muestreo, pero son generalmente representativas de toda la zona. Una vez realizada la selección inicial de los puntos, prácticamente no se requiere experiencia para llevar a cabo el muestreo.</p> <p>Existen variaciones en caso de que no se trate de zonas en que sea posible acceder mediante buceo autónomo. Es posible realizar la misma tarea en inmersión autónoma, así como también con estructuras semi automatizadas dirigidas desde embarcación con posibilidad de tomar imágenes desde distintos ángulos.</p> <p>En cualquier caso, el muestreo no debe alterar el área de interés, a no ser que, por razones particulares del estudio, se requiera proceder al rascado de la superficie para la posterior separación, cuantificación e identificación de los organismos presentes en laboratorio, en cuyo caso se deberá seguir las mismas técnicas de conservación y transporte que para las muestras de bentos sedimentario.</p>
Tipo de resultados y presentación	<p>Presentación de los resultados estadísticos obtenidos en formato de tablas y gráficos, así como imágenes de los distintos muestreos y la superposición de imágenes de muestreos sucesivos; interpretación de los datos obtenidos.</p> <p>Se recomienda grabar videos y presentarlos como antecedente para la evaluación ambiental.</p>
Ventajas o limitaciones de la metodología	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none">- La utilización de cuadrados da una gran versatilidad en términos de forma y tamaño, y pueden ser adaptados fácilmente para mejorar su aplicabilidad a las diferentes tipologías de comunidades.- Es una técnica no destructiva.- El muestreo no requiere de conocimientos específicos.- Puede ser aplicada a un amplio rango de hábitats. Las condiciones de muestreo son fácilmente reproducibles, hecho que da mayor consistencia al muestreo.- No requiere ningún equipo especial.- Provee un conjunto de datos suficientemente robusto como para la aplicación de un análisis estadístico.

	<p>Limitaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Únicamente muestrea unidades discretas en un entorno muy amplio. - El análisis de las imágenes conlleva más tiempo que los métodos cualitativos o semi cuantitativos.
Consideraciones	<p>Es importante reconocer cuando las comunidades y hábitats no son apropiados para ser monitorizados utilizando este método. Las comunidades efímeras pueden cambiar anualmente y pueden no ser monitorizadas de forma fiable a nivel de especies a largo plazo. De forma similar, los sustratos móviles están sujetos a perturbaciones estacionales considerables y su monitorización mediante este método podría ser inapropiada.</p> <p>El posicionamiento de los puntos a muestrear puede realizarse con la ayuda de transectos previamente definidos. Tanto los puntos como los propios transectos pueden ubicarse al azar o sobre la base de criterios fundamentados en el estudio a realizar. Factores como la pendiente, la profundidad o incluso la orientación pueden influir de forma importante en la composición de la comunidad.</p>
Fuentes comunes de error	<p>Es importante dedicar tiempo a ubicar los puntos de muestreo de tal forma que sean útiles al objetivo del estudio. Su distribución sobre la base de criterios deficientes, que no responden a los objetivos del estudio, conllevará a resultados también deficientes.</p> <p>Los equipos de fotografía subacuática y de instalación de los anclajes para fijar los puntos que van a ser muestreados son frágiles. Es importante disponer de los programas de mantenimiento necesarios, así como comprobar su correcto funcionamiento y su estanqueidad.</p>
Equipos requeridos / material de apoyo	<p>Equipo adecuado para la toma de fotografías.</p> <p>Cáncamos, resina y maquinaria hidráulica para la fijación de los elementos señalizadores de las estaciones.</p> <p>Formulario para la anotación de la información relevante como coordenadas, profundidad, entre otras.</p> <p>Software adecuado y personal formado para su utilización. <i>PhotoQuad</i> o <i>Seascape</i> son softwares de descarga gratuita.</p>
Referencias bibliográficas	<p>Eleftheriou, A. & A.D. McIntyre. 2005. Methods for the Study of Marine Benthos (3th edition). Blackwell, Oxford.</p> <p>Garrabou, J., Ballesteros, E. & M. Zabala. 2002. Structure and Dynamics of North-western Mediterranean Rocky Benthic Communities along a Depth Gradient. <i>Estuarine, Coastal and Shelf Science</i>, Volume 55, Number 3.</p>

	<p>Garrabou, J., Riera, J.L. & M. Zabala. 1998. Landscape Pattern Indices Applied to the Mediterranean Rocky Benthic Communities. <i>Landscape Ecology</i>, 13: 225-247.</p> <p>Garrabou, J. 1988. Applying a Geographical Information System (GIS) to the Study of the Growth of Benthic Clonal Organisms. <i>Marine Ecology Progress Series</i>, Volume 173: 227-235.</p> <p>Proyecto FIPA .2019-09. Guía Metodológica y de Protocolos de Muestreo y/o Registro <i>in situ</i> para Organismos Hidrobiológicos Presentes en Aguas Marítimas Costeras. Centro de Investigación en Biodiversidad y Ambientes Sustentables - CIBAS. Universidad Católica de la Santísima Concepción. 221 pp.</p> <p>Teixidó, N., Albajes-Eizagirre, A., Bolbo, D., Le Hir, E., Demestre, M., Garrabou, J. & A. Soria-Frisch. 2011. Hierarchical Segmentation-Based Software for Cover Classification Analyses of Seabed Images (Seascape). <i>Marine Ecology Progress Series</i>, Vol. 431.</p> <p>Trygonis, V. & M. Sini. 2012. Photo Quad: A Dedicated Seabed Image Processing Software, and a Comparative Error Analysis of Four Photoquadrat Methods. <i>Journal of Experimental Marine Biology and Ecology</i>. Volumes 424-425: 99-108.</p> <p>Wolfgang, B.S., Aburto., J., Caillaux, L. & S.A. González. 2016. Vertical distribution of rocky subtidal assemblages along the exposed coast of north-central Chile. <i>Journal of Sea Research</i> 107:34-47.</p>
--	--

Fuente: elaboración propia

Tabla 20. Caracterización de las comunidades bentónicas intermareales de playas de arena

Nombre del método	Caracterización de las comunidades bentónicas intermareales de playas de arena
Tipo de método	Campo / Laboratorio / Gabinete.
Descripción del método	<p>Se requiere la toma de muestras para la determinación de las especies macrobentónicas intermareales (taxones > a 0,5 mm) obtenidas en las muestras de terreno, mediante la separación de los organismos del material inorgánico. Además, se debe realizar el recuento de los individuos y su biomasa, para cada taxón y estación de muestreo.</p> <p>Con dichos resultados, se calculan los índices ecológicos como el Índice de Diversidad de Shannon Weaver, Índice de equidad específica de Pielou, Riqueza específica, entre otros, para cada estación muestreada.</p>
Método apto para un levantamiento exhaustivo/normal	Exhaustivo o normal en función del diseño del muestreo.

Tipo de impacto ambiental	Modificación o deterioro de las comunidades macrobentónicas intermareales.
Variables cuantitativas	<ul style="list-style-type: none"> - Abundancia: número de individuos de cada especie por unidad de volumen (m^3), para cada estación de muestreo. - Biomasa de cada taxón por unidad de volumen (g/m^3) para cada estación de muestreo y biomasa relativa por taxón respecto del total. - Riqueza específica (S'): número total de especies presentes en la estación. - Densidad: número de individuos por unidad de volumen (m^3) en la estación de muestreo. - Diversidad específica - Índice de Shannon-Weaver (H'): mide el grado promedio para predecir la especie a la que pertenece un individuo elegido al azar dentro de la comunidad. <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 10px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> $H' = - \sum_{i=1}^S p_i \cdot \ln(p_i)$ </div> <ul style="list-style-type: none"> - Índice de Equidad o Uniformidad específica - Índice de Pielou (J'): muestra la regularidad con que los individuos están distribuidos entre las especies de una comunidad. Sus valores van de 0 a 1, siendo 1 la equidad máxima, que ocurre si todas las especies están presentes en igual número de individuos. <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 10px; width: fit-content;"> $J' = \frac{H'}{H'_{\max}}$ </div> , donde <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 10px; width: fit-content;"> $H'_{\max} = - \sum_{i=1}^S \frac{1}{S} \ln \frac{1}{S} = \ln S$ </div> </div>
Variables cualitativas	Detección de organismos pertenecientes a especies indicadoras de fenómenos concretos.
Procedimiento	Se establecen transectos perpendiculares a la línea de costa, en condición de mareas bajas. La transecta debe cubrir la zona intermareal superior, media e inferior, para lo cual se distribuyen puntos de muestreo dependiendo del ancho de la zona intermareal. En cada punto se deben tomar dos muestras, una a cada lado de la transecta.

	<p>Las muestras obtenidas con el <i>corer</i> son trasvasijadas a frascos o bolsas previamente etiquetadas con el número o nombre de la estación correspondiente, para luego incorporar el fijador (formalina al 4% diluida en agua de mar y neutralizada con bórax), o bien asegurar mantener fresca la muestra (a unos 4 °C) hasta su traslado al laboratorio para ser tamizada.</p> <p>Para la separación de los organismos, se utiliza un juego de tamices de diferentes tamaños de malla o solo un tamiz de 0,5 mm (500 µm) de trama de malla.</p>
Tipo de resultados y presentación	<p>Con los resultados obtenidos se estima la abundancia promedio de cada especie, expresado en individuos por metro cúbico (ind/m³) y la biomasa promedio, expresada en gramos por metro cúbico (g/m³). Para este efecto, los organismos son mantenidos en alcohol, para luego secarlos a temperatura de 500° C por 30 minutos (peso seco libre de ceniza). Cada transecta es separada en diferentes zonas: intermareal superior, medio e inferior.</p>
Ventajas o limitaciones de la metodología	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Es simple y práctica en terreno, ya que el instrumental y material requerido es fácil de transportar y aplicable a cualquier playa de arena. - Entrega datos cuantitativos acerca de la macrofauna presente en la zona intermareal, la cual refleja los cambios ambientales. - Proporciona resultados cuantificables que están abiertos al análisis estadístico y la interpretación. - Produce datos que pueden reproducirse sobre la base de un estándar común (si se utiliza el mismo equipo de muestreo). - Proporciona datos para ciertos hábitats donde existe una cantidad considerable de información disponible. <p>Limitaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Es posible que ocurran grandes variaciones en la composición de la comunidad a pequeña escala. - Una incorrecta fijación o mantención de las muestras puede deteriorar los organismos presentes, generando dificultades en su posterior determinación taxonómica. - La separación e identificación de los organismos recolectados puede dañar a los organismos. - Los organismos de mayor tamaño y más móviles tienden a ser subestimados. - Utilización de compuestos químicos tóxicos como fijadores.

Consideraciones	Adicionalmente, se deben realizar otras observaciones complementarias en terreno, como: la longitud y el grado de inclinación (pendiente) de la playa método de Emery (1961), y las sugerencias de Alveal & Romo (1995), la exposición del oleaje, granulometría y, otras características del entorno, como aportes de agua dulce, zonas de humedales, descargas industriales, entre otras.
Fuentes comunes de error	<p>Realizar los muestreos en condiciones de marea alta.</p> <p>Etiquetado de muestras inadecuado. Todas las muestras deben ser etiquetadas en el interior (papel diamante o similar con lápiz indeleble) y el exterior (etiqueta adhesiva con rotulador indeleble) del envase o bolsa, de forma que se identifiquen mediante un código. Ambas etiquetas deben mostrar, al menos, el código de la campaña de muestreo, el código de la muestra y la fecha.</p> <p>Fijación/preservación de las muestras inadecuados. Cuando no se mantiene la muestra a una temperatura adecuada (4°C), o bien si no es correctamente fijada, se puede producir la descomposición de los organismos, dificultando su posterior determinación y cuantificación.</p> <p>Falta de prolijidad en la ubicación de las coordenadas de las transectas y las estaciones de muestreo, al momento de repetir las campañas, de acuerdo con la frecuencia establecida.</p> <p>No realizar una correcta descripción del entorno, especialmente si existen otras fuentes que podrían influir en la distribución y abundancias de las comunidades intermareales de playas de arena.</p>
Equipos requeridos / material de apoyo	<p>Para la extracción de las muestras se utilizan <i>corer</i> de PVC de unos 100 cm³ de sección transversal, el cual se debe enterrar en la arena a una profundidad aproximada de 15 a 20 cm, con la finalidad de obtener muestras de la macrofauna presente.</p> <p>Se recomienda apoyar el trabajo de terreno con registros visuales (fotos o videos).</p> <p>Tamiz para el tamizado de la muestra en campo o en laboratorio (apertura de malla de 500 µm).</p> <p>Formulario para la anotación de la información relevante, como coordenadas, horario de muestreo, descargas en el sector, entre otra.</p> <p>Envases o bolsas resistentes para el almacenamiento de las muestras, procurando mantener las muestras en buen estado mediante fijadores adecuados o una temperatura no superior a 4°C.</p> <p>Equipo de laboratorio necesario para la aplicación de la metodología, como lupa, claves taxonómicas, pinzas, entre otros.</p>

Referencias bibliográficas

- Alveal, K. & H. Romo. 1995. Estudios Zonacionales. En: Manual de Métodos Ficológicos. Alveal, K.; Ferrario, M.E.; Oliveira, E.C. y E. Sar (Editores). pp. 611-641.
- Brazileiro, A., Rozbaczylo, N. & J.M. Fariña. 1998. Distribución espacial de la macrofauna en una playa expuesta de Chile central: efectos de la morfodinámica intermareal. Invest. Mar., Valparaíso, 26: 119-126.
- Castilla, J.C., Sánchez, M. & O. Mena. 1977. Estudios ecológicos en la zona costera afectada por contaminación del Northern Breeze.- I. Introducción general y comunidades de playas de arena. Medio Ambiente, 2(2): 53-64.
- Emery, K. 1961. A Simple Method of Measuring Beach Profiles. Limnology and Oceanography, 6(1): 90-93.
- Jaramillo, E. & S. Fuentealba. 1993. Down-shore zonation of two cirolanid isopods during two spring - neap tidal cycles in a sandy beach of south central Chile. Rev. Chil. Hist. Nat., 66: 439-454.
- Jaramillo, E., W. Stotz., Beltrán, C., Navarro, J., Román, C. & C. Varela. 1980. Actividad locomotriz de Orchestoidea tuberculata (Amphipoda, Talitridae) sobre la superficie de una playa arenosa del Sur de Chile (Mehuin, Provincia de Valdivia). Salud. Neotrop. Faun. Envir., 15: 9-33.
- Loyd, M., Zar, J. & J. Karr. 1968. On the calculation of information-theoretical measures of diversity. The Am. Midl. Nat., 79(2): 257-272.
- Pielou, E.C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. Journal Theoretical Biology, 13: 131-144.
- Proyecto FIPA.2019-09. Guía Metodológica y de Protocolos de Muestreo y/o Registro *in situ* para Organismos Hidrobiológicos Presentes en Aguas Marítimas Costeras. Centro de Investigación en Biodiversidad y Ambientes Sustentables - CIBAS. Universidad Católica de la Santísima Concepción. 221 pp.
- Shannon, C. & W. Weaver. 1963. The mathematical theory of communication. Univ. Illinois Press, Urbana. 117 pp.
- Varela, C. 1983. Anfípodos de las playas de arena del sur de Chile (Bahía de Maiquillahue, Valdivia). Studies on Neotropical Fauna and Environment, 18: 25-52.

Tabla 21. Caracterización de las comunidades bentónicas intermareales de playas rocosas

Nombre del método	Caracterización de las comunidades bentónicas intermareales de playas rocosas
Tipo de método	Campo / Gabinete.
Descripción del método	<p>La metodología consiste en fijar transectas en el área de estudio, considerando además una transecta control. Se utiliza una grilla o cuadrante de 50x50 cm (0,25 m²) para el reconocimiento <i>in situ</i> de las especies presentes en la zona intermareal. De manera complementaria, se utilizan medios audiovisuales (fotos o videos), con la finalidad de evitar extraer muestras de organismos para su identificación.</p> <p>Además, se requiere realizar una caracterización geomorfológica del área, como: grado de inclinación (pendiente) del borde costero (Emery, 1961; Alveal & Romo, 1995), exposición al oleaje (Alveal, 1970) y longitud de cada transecta (indicando el número de estaciones muestreadas).</p>
Método apto para un levantamiento exhaustivo/normal	Normal.
Tipo de impacto ambiental	Modificación de las propiedades de las comunidades macrobentónicas de la zona intermareal rocosa.
Variables cuantitativas	<p>Entre otros, estos son los registros e índices que se deben obtener, para caracterizar estas comunidades y su estado ambiental:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Longitud y pendiente de la zona intermareal analizada (según método de Emery (1961) y sugerencias de Alveal & Romo (1995)). - Cobertura promedio (%) y desviación estándar de las especies de algas e invertebrados sésiles presentes en el intermareal rocoso, para cada transecta de muestreo. - Abundancia promedio (%) y desviación estándar de las especies de invertebrados presentes en el intermareal rocoso, para cada transecta de muestreo. - Índice de diversidad de Shannon (H'). - Índice de Equidad o Uniformidad de Pielou (J'). - Riqueza específica de especies (S').
Variables cualitativas	<ul style="list-style-type: none"> - Exposición al oleaje de cada transecta de muestreo (según clasificación de Alveal, 1970) y McArdle & MaLachlan (1992). - Aportes de agua dulce, descargas industriales, otros, en el área de estudio.

Procedimiento	<p>Se deben definir transectos intermareales de observación, estableciendo un número de estaciones en cada transecta, equidistantes entre sí. En cada estación se coloca la grilla o cuadrante de 50x50 cm y se determinan y contabilizan las especies que quedan en cada punto de intersección de la grilla (en total 100 puntos de intersección), como también se contabiliza el número de taxones dentro de la grilla.</p> <p>Se debe considerar una transecta control, ubicada fuera del alcance del área de influencia del proyecto.</p> <p>La técnica se debe apoyar con registros visuales (fotografías o videos).</p>
Tipo de resultados y presentación	<p>Con los resultados de terreno, se calculan los índices ecológicos. Toda esta información se deberá entregar como datos brutos y analizados, en formato de tablas, incluyendo gráficos de los análisis y la interpretación de los datos obtenidos, así como imágenes de los distintos lugares de muestreo.</p>
Ventajas o limitaciones de la metodología	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none">- El uso de grillas o cuadratas permiten de manera simple obtener un conjunto de datos suficientemente robustos como para la aplicación de un análisis estadístico.- La utilización de cuadratas da una gran versatilidad en términos de forma y tamaño, y pueden ser adaptada fácilmente para mejorar su aplicabilidad a las diferentes tipologías de comunidades.- Es una técnica no destructiva.- Es una metodología fácilmente reproducible, hecho que da mayor consistencia al levantamiento de información.- No requiere ningún equipo especial. <p>Limitaciones:</p> <ul style="list-style-type: none">- Únicamente muestrea unidades discretas en un entorno muy amplio.- En ocasiones las playas rocosas no son muy accesibles o seguras para realizar esta metodología.- Esta metodología requiere de un profesional con conocimientos en la identificación de las especies presentes en la zona intermareal rocosa.

Consideraciones	<p>Es importante definir una frecuencia de muestreo suficiente (estacional, bimensual u otra) para registrar las fluctuaciones naturales de las comunidades intermareales de playas rocosas.</p> <p>El posicionamiento de las transectas y estaciones a realizar, deben estar distribuidas tratando de cubrir la zona intermareal del sector que requiere ser caracterizado. Factores como la pendiente de la playa, su orientación, la presencia de descargas de ríos o antrópicas, entre otros, pueden influir de forma importante en la composición de la comunidad.</p>
Fuentes comunes de error	<p>Realizar las observaciones en condiciones de marea alta.</p> <p>Falta de prolijidad en la ubicación de las coordenadas de las transectas y las estaciones de observación, al momento de repetir las campañas, de acuerdo con la frecuencia establecida.</p> <p>No realizar una correcta descripción del entorno, especialmente si existen otras fuentes que podrían influir en la distribución y abundancias de las comunidades intermareales de playas rocosas.</p>
Equipos requeridos / material de apoyo	<p>Cuadrata de 50 X 50 cm.</p> <p>Cámara fotográfica o video.</p> <p>Formulario para la anotación de la información relevante como coordenadas, largo y pendiente de la playa, descargas en el sector, entre otros.</p>
Referencias bibliográficas	<p>Alveal, K. & H. Romo. 1995. Estudios Zonacionales. En: Manual de Métodos Ficológicos. Alveal, K.; Ferrario, M.E.; Oliveira, E.C. y E. Sar (Editores). pp. 611-641.</p> <p>Brower, J., Zar, J. & C. von Ende. 1997. Field and Laboratory Methods for General Ecology. Mc Graw-Hill. 273 pp.</p> <p>Castilla, J.C. 1976. Guía para la observación del litoral. Expedición a Chile. Editor Nacional Gabriela Mistral. 120 pp.</p> <p>Castilla, J.C., Cancino, J., Montalvo, S., Pinto, R. & E. González. 1977. Estudios ecológicos en la zona costera afectada por contaminación del Northern Breeze. II. Comunidades de playas de rocas. Medio Ambiente, 2(2): 65-83.</p> <p>Lancellotti, D.A. & J.A. Vázquez. 2000. Zoogeografía de macroinvertebrados bentónicos de la costa de Chile: contribución para la conservación marina. Revista Chilena de Historia Natural. 73: 99 - 129.</p> <p>Loyd, M., Zar, J. & J. Karr. 1968. On the calculation of information-theoretical measures of diversity. The American Midland Naturalist. 79: 257-272.</p>

	<p>Medina, M., Andrade, S., Faugeron, S., Lagos, N., Mella, D. & J.A. Correa. 2005. Biodiversity of rocky intertidal benthic communities associated with copper mine tailing discharges in northern Chile. <i>Marine Pollution Bulletin</i>. 50(4): 396–409.</p> <p>Proyecto FIPA .2019-09. Guía Metodológica y de Protocolos de Muestreo y/o Registro <i>in situ</i> para Organismos Hidrobiológicos Presentes en Aguas Marítimas Costeras. Centro de Investigación en Biodiversidad y Ambientes Sustentables - CIBAS. Universidad Católica de la Santísima Concepción. 221 pp.</p> <p>Thiel, M. & N. Ullrich. 2002. Hard rock versus soft bottom: the fauna associated with intertidal mussel beds on hard bottoms along the coast of Chile, and considerations on the functional role of mussel beds. <i>Helgoland Marine Research</i>, 56: 21–30.</p> <p>Thompson R.C., Crowe, T.P. & S.J. Hawkins. 2002. Rocky intertidal communities: past environmental changes, present status and predictions for the next 25 years. <i>Environmental Conservation</i> 29(2): 168–191.</p> <p>Zagal, C. & C. Hermosilla. 2001. Guía de invertebrados marinos del litoral valdiviano. Primera edición. 217 pp.</p>
--	--

Fuente: elaboración propia

Tabla 22. Determinación de las comunidades de macroalgas intermareales – distribución, cobertura y abundancia.

Nombre del método	Determinación de las comunidades de macroalgas intermareales – distribución, cobertura y abundancia.
Tipo de método	Campo / Gabinete.
Descripción del método	<p>El método consiste en determinar la superficie ocupada por macroalgas pardas en las zonas intermareal inferior y submareal, así como su distribución batimétrica y abundancia.</p> <p>Los datos obtenidos deben permitir determinar el área de distribución del recurso, rango de profundidad y densidad (nº de discos por m²).</p> <p>La determinación de la abundancia requiere de un conteo de plantas por unidad de superficie (cuadrante/área barrida/transecta) para obtener la densidad muestral y posterior extrapolación para el cálculo de la abundancia.</p> <p>Se puede incluir la estimación de la estructura de talla de la población a través de la medición del diámetro mayor del disco de fijación y el largo total de las algas.</p>

Método apto para un levantamiento exhaustivo/normal	Exhaustivo o normal.
Tipo de impacto ambiental	Modificación de la abundancia de las poblaciones.
Variables cuantitativas	<p>Abundancia (número de individuos por un área superficial; biomasa por área superficial).</p> <p>Estructura de talla (frecuencia de ocurrencia de una especie por talla de diámetro de disco y largo total).</p>
Variables cualitativas	Presencia de estructuras reproductivas (soros en láminas ordinarias para <i>Lessonia</i> , en esporofilas basales para <i>Macrocystis</i>). En el caso de <i>Durvillaea antártica</i> , se requiere de un análisis al microscopio para evaluar presencia de estructuras reproductivas (conceptáculos) en capas de la corteza.
Procedimiento	<p>Considerando la coalescencia que se ha descrito en las algas pardas durante su crecimiento, se define como individuo a una unidad discreta delimitada por un disco de fijación del cual emergen diversos estípes.</p> <p>Para macroalgas pardas de la zona intermareal se utilizan transectos paralelos a la costa, dentro del área de distribución de la especie. Los transectos tienen un largo total de 10 x 2 m de ancho y se replican en el área 3 veces. Para evaluar la abundancia (nº de individuos por m^2) y talla (diámetro mayor del disco, longitud total, entre otros), en cada transecto se establecen 6 cuadrantes de 1 m^2 c/u dispuestos al azar. Cabe mencionar que, para el caso de macroalgas adultas, el conteo de plantas se realiza por área barrida, más que por cuadrante, ya que el perímetro ocupado por la fronda, en algunos casos, puede llegar a ocupar una superficie mayor que al tamaño de la cuadrata.</p> <p>Para macroalgas pardas en la zona submareal se utilizan transectos perpendiculares a la costa abarcando todo el rango batimétrico de su distribución, la que depende de la disponibilidad de sustrato rocoso apto y niveles de iluminación, pudiendo extenderse entre los 15 y 20 m de profundidad. Cabe mencionar que las praderas de macroalgas pardas poseen una distribución que puede alcanzar profundidades mayores a los 20 m, y en dichos casos se emplean sistemas de grabación submarina remota (ROV).</p> <p>El ancho del transecto es de 1 m por lado. Las estaciones de muestreo son dispuestas cada 10 m, con cuadrantes de 1 m^2 (2 m^2 como área de muestreo) para evaluar abundancia (nº de individuos por m^2) y talla (diámetro mayor del disco, longitud total). Se debe registrar la profundidad en cada estación de muestreo.</p>

	<p>Los transectos tienen un metro de ancho hacia cada lado, distribuyendo las unidades de muestreo de manera equidistante. Las unidades de muestreo son cuadrantes de 1 m² considerando el gran tamaño de las macroalgas pardas (<i>Lessonia spp.</i>, <i>Durvillaea antarctica</i> y <i>Macrocystis pyrifera</i>).</p> <p>La determinación de la biomasa requiere de un muestreo destructivo para determinar un modelo de regresión exponencial entre el diámetro máximo del disco de adhesión y el peso total del alga. En el caso de <i>M. pyrifera</i> y considerando la irregularidad de los discos, así como la extensión del talo en la columna del agua, el modelo puede ser ajustado sobre la base del largo total de las algas. La función respectiva corresponde a $P=a \times T^b$; en la cual P corresponde al peso total en base húmeda, T corresponde a la medida de talla en cm, a es el intercepto y b es la pendiente de la ecuación exponencial. Para estimar la relación talla-peso de cada especie, se deben remover al azar un mínimo de 50 individuos de todas las tallas.</p> <p>La densidad y biomasa pueden ser estimadas por estructura de talla sobre la base del diámetro mayor del disco de adhesión (adultos > 20 cm; juveniles > 5; < 10 cm; reclutas < 5 cm).</p>
Tipo de resultados y presentación	Presentación de los resultados obtenidos sobre abundancia y estructura de talla en formato de tablas.
Ventajas o limitaciones de la metodología	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Metodología con técnicas de muestreo de fácil aplicación. <p>Limitaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - En los métodos descritos, las condiciones atmosféricas deben ser adecuadas (visibilidad, mar calmo, entre otras) tanto para el muestreo en el intermareal como en el submareal. - Requiere un alto nivel de experiencia en el trabajo de campo en zonas expuestas y semi expuestas al oleaje. - Limitación de 20 m de profundidad para muestreos con buceo semiautónomo o autónomo, por aspectos de seguridad.
Consideraciones	Se requiere de un alto nivel de experiencia en la identificación de la especie, en los métodos de muestreo y buceo en áreas expuestas al oleaje.
Fuentes comunes de error	<p>Errores en la identificación de la especie.</p> <p>Errores en la delimitación de un individuo, definido por su estructura de fijación sobre la cual emergen los estípites.</p>

Equipos requeridos / material de apoyo	<p>En el campo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Instrumental necesario para trabajo en intermareal o submareal (libretas sumergibles, equipo de buceo, cabos, boyarines, profundímetro, cinta métrica de 1 m y 50 m, entre otro) - Embarcación y equipo para buceo con aire comprimido o con compresor para muestreo en la zona submareal. <p>En gabinete:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Uso de <i>software</i> de planilla de datos y aplicación de fórmulas matemáticas relacionadas con el análisis de regresión y estimación de abundancia.
Referencias bibliográficas	<p>Mansilla, A. & M. Ávila. 2007. Bases biológicas para el manejo de macroalgas pardas en la XII Región. Informe Final Proyecto FIP N°2005-44.</p> <p>Proyecto FIPA. 2019-09. Guía Metodológica y de Protocolos de Muestreo y/o Registro <i>in situ</i> para Organismos Hidrobiológicos Presentes en Aguas Marítimas Costeras. Centro de Investigación en Biodiversidad y Ambientes Sustentables – CIBAS. Universidad Católica de la Santísima Concepción. 221 pp.</p> <p>Santelices, B. 1982. Bases biológicas para el manejo de <i>Lessonia nigrescens</i> (Phaeophyta, Laminariales) en Chile central. En: Castilla JC (ed) Segundo Seminario-Taller, Bases Biológicas para el uso y manejo de recursos naturales renovables: Recursos Biológicos Marinos. Monografías Biológicas 2:135-150.</p> <p>Santelices, B., Castilla, J.C., Cancino, J. & P. Schmiede. 1980. Comparative ecology of <i>Lessonia nigrescens</i> and <i>Durvillaea antartica</i> (Phaeophyta) in central Chile. Marine Biology 59:119-132.</p> <p>Tala, F. & M. Edding. 2007. Production of <i>Lessonia trabeculata</i> and <i>Lessonia nigrescens</i> (Phaeophyceae, Laminariales) in northern Chile. Phycological Research 55(1): 66-79.</p> <p>Tala, F. & M. Edding. 2005. Growth and tissue loss in blades of <i>Lessonia nigrescens</i> and <i>Lessonia trabeculata</i> (Laminariales, Phaeophyceae) in northern Chile. Aquatic Botany 82: 39-54.</p> <p>Vásquez, J.A., Piaget, N. & J.M. Veja. 2012. Chilean <i>Lessonia nigrescens</i> fishery in northern Chile: How do you harvest is more important than how much do you harvest. Journal of Applied Phycology 24:417-426.</p> <p>Vásquez, J.A., Vega, J.M. & A.H. Buschmann. 2006. Long term variability in the structure of kelp communities in northern Chile and the 1997-98ENSO. Journal of Applied Phycology 18:505-519.</p>

	<p>Vega, J.M., Vásquez, J.A. & A.H. Buschmann. 2005. Population biology of the subtidalkelps <i>Macrocystis integrifolia</i> and <i>Lessonia trabeculata</i> (Laminariales, Phaeophyceae) in an upwelling ecosystem of northern Chile: Interannual variability and El Niño 1997–1998. Revista Chilena de Historia Natural 78:33-50.</p> <p>Vega, J.M., Broitman, B.R. & J.A. Vásquez. 2014. Monitoring the sustainability of <i>Lessonia nigrescens</i> (Laminariales, Phaeophyceae) in northern Chile under strong harvest pressure. Journal of Applied Phycology 26(2): 791-801.</p>
--	--

Fuente: elaboración propia

3.

Tabla 23. Cartografía bionómica mediante filmación de video

Nombre del método	Cartografía bionómica mediante filmación de video
Tipo de método	Campo / Gabinete,
Descripción del método	<p>Filmación remota georreferenciada de los fondos marinos para la determinación de las comunidades naturales presentes y la caracterización de estas, así como la definición de sus límites.</p> <p>Para la filmación remota puede ser utilizado un <i>Remote Operated Vehicle</i> (ROV) equipado con cámaras de alta definición - <i>High Definition</i> - (HD) o una cámara de video montada en un patín metálico hidrodinámico.</p> <p>La prospección de los fondos marinos y, en concreto, la elaboración de la cartografía bionómica mediante técnicas de filmación, es complementaria a las analíticas que pueden ser realizadas del sedimento o inspecciones <i>in situ</i> realizadas con equipo de escafandra autónomo, el estudio realizado con <i>Side Scan Sonar</i> (SSS), o la información bibliográfica disponible.</p> <p>En este sentido, el material filmado tiene dos finalidades principales: permite realizar la cartografía de las comunidades naturales y es también una importante ayuda en la elaboración de listados florísticos y faunísticos de los elementos macroscópicos con distribución aislada de los organismos con movimiento activo.</p> <p>En comparación con el SSS, se recomienda utilizar este método para áreas más reducidas y someras. Además, se recomienda utilizarlo como complemento a la información que de él se obtiene, pues permite afinar y precisar la caracterización de las especies existentes.</p>
Método apto para un levantamiento exhaustivo/normal	Exhaustivo o normal en función del método empleado, así como de la definición de malla de transectos a muestrear.

Tipo de impacto ambiental	Modificación de las propiedades de población de flora y fauna.
Variables cuantitativas	Presencia o ausencia de comunidad o especie/superficie.
Variables cualitativas	Estado de conservación de las comunidades (análisis de técnico especialista).
Procedimiento	<p>Para la cartografía y posterior descripción de las comunidades bentónicas marinas es necesario, previamente, diseñar los transectos a realizar, de manera que sea cubierta toda el área de estudio. La malla de muestreo resultante será en función de la extensión del área a muestrear, así como del nivel de detalle requerido. Se recomienda intensificar la malla de transectos en las zonas donde el proyecto pueda resultar más conflictivo, así como donde se detecte un área de cambio de comunidad, con el objetivo de obtener la mayor precisión a la hora de cartografiar los límites de distribución de las comunidades y caracterizar las especies presentes.</p> <p>En general, se recomienda realizar los transectos de forma paralela y perpendicular a la costa y establecer una malla de 20m x 20m como mínimo. Para proyectos de una extensión mayor, podrán realizarse los transectos a mayor distancia.</p> <p>Las aplicaciones de <i>software</i> asociadas a estas técnicas de filmación permiten grabar directamente sobre el disco duro de un ordenador los archivos de video georreferenciados, todo ello de manera automática y en tiempo presente. Cada uno de los transectos de video se va grabando directamente en el disco duro, junto con un fichero con datos capturados del GPS que permiten tenerlo georreferenciado. Estas aplicaciones están dotadas con una herramienta de navegación que permite cargar un mapa con la planificación de la campaña y visualizar sobre este la posición de la embarcación en todo momento, mejorando así la eficiencia, la eficacia y la efectividad de los trabajos de campo.</p> <p>Una vez realizados dichos trabajos de campo, se procede a trasladar la información a un plano, utilizando la información georreferenciada y obteniendo así el conjunto de polígonos que forman el mosaico de comunidades presentes. Así, con el procesado de los datos obtenidos sobre la malla de transectos, se pueden distribuir espacialmente las comunidades presentes en la zona de actuación, y constatar también la existencia de comunidades protegidas o de especial fragilidad ecológica.</p>
Tipo de resultados y presentación	<p>Documento gráfico (plano) del estado actual de las comunidades naturales del fondo, que servirá como herramienta básica en los trabajos de laboratorio y de gabinete, y que se recomienda presentar como máximo a escala 1:5.000.</p> <p>Además, se obtiene una filmación audiovisual georreferenciada, creada con aplicaciones que permiten la visualización del video entero o de transectos concretos.</p>

Ventajas o limitaciones de la metodología	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none">- Las técnicas de filmación ofrecen información de más detalle que el resto de las técnicas que permiten cubrir extensiones importantes. Ofrecen no solo información sobre la presencia/ausencia de una comunidad, sino que también de su estado de conservación y la presencia de singularidades ambientales.- Los recorridos de observación permiten completar el listado de especies macroscópicas más importantes, con la incorporación de aquellas que son de difícil muestreo con draga y, por lo tanto, no suelen estar presentes en el material recogido en campo.- Dado que la obtención de datos es <i>in situ</i>, permite rediseñar el muestreo en función de las observaciones que se van realizando y obtener así una información más representativa y relevante del ámbito de estudio.- La cámara de video va montada sobre un patín metálico hidrodinámico, que puede ser de diseño propio, hecho que puede facilitar su arrastre por el fondo y minimizar el riesgo de enganche en obstáculos, proporcionando imágenes de gran nitidez y estabilidad. <p>Limitaciones:</p> <ul style="list-style-type: none">- Se pueden emplear en diferentes profundidades; se recomienda que el patín sea empleado en zonas someras puesto que presenta menor maniobrabilidad y estabilidad que el ROV.- No se recomienda la utilización de la filmación en áreas muy extensas, puesto que puede requerir de un elevado período, a no ser que el detalle de caracterización que requiera el proyecto sea muy elevado y no pueda cubrirse con un SSS.- Requiere de un técnico especializado, familiarizado con la interpretación de imágenes.- Interfieren los altos niveles de turbidez, así como las condiciones hidrodinámicas del medio (fuertes corrientes que pueden generar desplazamientos del dispositivo).
Consideraciones	Las técnicas de identificación de comunidades son en su mayoría complementarias. Si el proyecto se ubica en una zona de elevada fragilidad ambiental, se recomienda la utilización del SSS y el ROV como técnicas complementarias para obtener una caracterización de mayor detalle.

Fuentes comunes de error	Interpretación incorrecta de las imágenes por mala visibilidad. Pérdida puntual de posicionamiento que puede generar imágenes no georreferenciadas.
Equipos requeridos / material de apoyo	Equipo de campo. Software asociado para la creación del video georreferenciado y el posproceso de datos. Profesionales especializados.
Referencias bibliográficas	Davies, J., Baxter, J., Bradley, M., Connor, D., Khan, J., Murray, E., Sanderson, W., Turnbull, C. & M. Vincent. 2001. Marine Monitoring Handbook. Joint Nature Conservation Committee. Hiscock, K. 1996. Marine Nature Conservation Review: Rationale and Methods. Coasts and Seas of the United Kingdom. MNCR Series. Joint Nature Conservation Committee, Peterborough.

Fuente: elaboración propia

Tabla 24. Método de muestreo de aves marinas

Nombre del método	Método de muestreo de aves marinas
Tipo de método	Campo / Gabinete.
Descripción del método	Para el muestreo de aves marinas se utilizan dos métodos de muestreo que difieren en función del área de estudio y de los tipos de aves marinas que se quieren muestrear, aves oceánicas o aves costeras. Los métodos de contaje por puntos o estaciones de muestreo para aves costeras y el transecto franja para aves oceánicas se encuadran dentro de los llamados métodos visuales y son ampliamente utilizados y conocidos. En ambos métodos de muestreo se recopilan básicamente datos sobre abundancia de las especies de aves. Con los datos recopilados se realizan diferentes cálculos en función de la complejidad y el tipo de estudio. Algunos de estos son: riqueza específica, abundancia, índice de diversidad de Shannon-Wiener (H), dominancia de Berger-Parker, entre otros.
Método apto para un levantamiento exhaustivo/ normal	Exhaustivo o normal en función del diseño del muestreo.

Tipo de impacto ambiental	Modificación de las propiedades de población de fauna.
Variables cuantitativas	Abundancia de individuos de una especie, densidad (aves/km ²), índices de análisis de diversidad, entre otras.
Variables cualitativas	No aplica.
Procedimiento	<p>Método transecto franja para el estudio de aves oceánicas.</p> <p>El método empleado en la realización de los transectos es el ideado originalmente por Tasker <i>et al.</i> (1984), posteriormente analizado y explicado en detalle por Komdeur <i>et al.</i> (1992). Ampliamente aceptada y utilizada ya por otros autores, esta técnica consiste en realizar períodos de observación de diez minutos de duración durante los cuales uno o dos observadores situados en la proa del barco registran las aves que se observan dentro de una banda de 300 m de ancho hacia adelante y hacia un lado de la embarcación, o en dos bandas de 300 m cada una si la observación se realiza a ambos lados; es decir, con un ángulo de visión de 180° en vez de 90°. Todas las aves observadas en el agua dentro de la banda o bandas de censo son registradas como en transecto. Por el contrario, las aves observadas en el agua, pero fuera de las bandas de censo son simplemente anotadas como presentes en el agua.</p> <p>En cuanto a las aves en vuelo, contar todas las que se sitúan dentro de la banda de censo a lo largo de los diez minutos provocaría una sobreestimación del número real de aves en el aire, por lo que se realiza estimación basado en <i>snapshots</i> o fotos-fijas. Estas consisten en realizar un rápido conteo de todas las aves observables en vuelo, en un momento determinado, en un arco de 300 m de radio y un ángulo de 180° frente a la proa del barco. De esta manera, todas las aves que en algún momento cruzan o penetran en la banda o bandas de censo son anotadas como ave en el aire; si bien únicamente aquellas que lo hacen en el preciso instante de un <i>snapshot</i> se registran como en transecto.</p> <p>El número de <i>snapshots</i> por transecto se determina en función de las condiciones de visibilidad, así como de la velocidad del buque. En este sentido, cuanto peor es la visibilidad y mayor la velocidad del barco, mayor es el número de <i>snapshots</i> que hay que realizar para registrar convenientemente las aves en vuelo. Por el contrario, si disminuye la velocidad y aumenta la visibilidad, se reduce el número de <i>snapshots</i>.</p> <p>Con velocidades inferiores a los cuatro nudos, aumentan las posibilidades de realizar múltiples conteos de una misma ave. Asimismo, a velocidades muy altas, aumenta el número de aves que escapan de la vista del observador, por lo que cuando se presentan estas situaciones es preferible detener las observaciones.</p> <p>Generalmente, los registros son realizados a velocidades comprendidas entre los siete y diez nudos, que se consideran velocidades óptimas para la observación.</p>

	<p>Muchos ejemplares se acercan habitualmente a las naves en busca de posibles descartes, en dicho caso, las aves atraídas por el barco se anotan una sola vez cuando entran en el área de observación, haciendo constar que han sido atraídas por la embarcación. Cuando se juntan cantidades importantes de aves alrededor del barco, sin que sea posible discernir si han entrado o no dentro de la banda de control y sin que sea posible realizar un seguimiento individualizado de las mismas que evite múltiples conteos, se anotan únicamente en el apartado de comentarios.</p> <p>En general, las observaciones se realizan sin utilizar binoculares. Esto son empleados únicamente para asegurar la identificación específica de las aves en caso de duda, o para obtener información detallada una vez localizadas, como la edad, estado del plumaje, entre otras.</p> <p>Todas las observaciones se registran en fichas de campo donde se incluye: especie, número de individuos y presencia dentro o fuera de transecto.</p> <p>De manera secundaria, se anota también la situación (ave en vuelo o en el agua), la distancia con respecto al barco, la dirección de vuelo y datos acerca de la edad, el plumaje y el sexo. Otros datos, como su comportamiento, interacciones con otras aves, asociaciones con grupo de cetáceos, presencia de manchas de hidrocarburos en el plumaje, entre otros, también son registrados.</p> <p>En una ficha distinta se anota, habitualmente cada media hora, información no concerniente estrictamente a las aves, tal como posición (latitud y longitud), rumbo y velocidad del buque, presencia de barcos de pesca en las proximidades, estado del mar y otros datos meteorológicos.</p> <p>Método contaje de punto o estación de muestreo</p> <p>Los conteos por puntos son el principal método de monitoreo de aves terrestres en un gran número de países debido a su eficacia en todo tipo de terrenos y hábitats, y a la utilidad de los datos obtenidos. La base de este método es la descrita por Ralph <i>et al.</i> (1996).</p> <p>En los censos por puntos, el observador permanece en un punto fijo y toma nota de todas las aves vistas y oídas en un área limitada durante un periodo. El censo puede efectuarse una o más veces desde el mismo punto. Para realizar el censo, el observador utiliza unos binoculares, una libreta de notas, lápiz, un reloj con segundero y un mapa de la zona.</p> <p>Debe tomarse nota del número del punto, la fecha y la hora del día. Las especies deben anotarse en el orden en que son detectadas. Para cada especie se deben anotar separadamente los individuos detectados dentro y fuera del radio fijo definido. Únicamente se deberá tener en cuenta la distancia a la que el ave fue observada por primera vez. Si un ave huye en el momento en que el observador llega al punto de censado, deberá ser contada en el punto de partida. Las aves de paso que vuelan por encima del área sin detenerse deben anotarse aparte en la hoja de datos.</p>
--	---

	<p>Estimar distancias en el campo requiere experiencia, por lo que se aconseja que las principales personas que censan practiquen la detección de aves a diferentes distancias, previamente medidas en distintos tipos de terreno. El uso de marcas naturales o artificiales situadas a modo de puntos de referencia en el terreno pueden facilitar las estimaciones.</p> <p>Los datos obtenidos son registrados directamente sobre las hojas de datos. En este método, el observador registra cada ave detectada rellenando con una cruz o un código el recuadro correspondiente. Se pueden utilizar códigos para diferenciar entre aves detectadas visual o acústicamente, hembras y machos, inmaduros y adultos, entre otros. Adicionalmente, se recomienda tomar los siguientes datos: número de estación de conteo, fecha de conteo, hora del día en que se inicia el censo en ese punto, especie, entre otros.</p> <p>Cada estación debe ser censada una vez cada temporada. Los censos se pueden repetir si se desea obtener estimaciones más exactas sobre áreas determinadas.</p> <p>El período del año en que una ruta de puntos es censada debe mantenerse constante de año en año y no debe diferir en más de siete días de la fecha del primer censo. La hora del comienzo del censo no debe diferir en más de media hora de la del primer año. Si es posible, cada ruta de puntos deberá ser censada cada año por el mismo observador.</p> <p>Para ambos métodos, con todos los datos que han estado registrados, se calculan variables cuantitativas (índices de análisis de diversidad) que son utilizados para evaluar el estado de las aves marinas de la zona de estudio.</p> <p>Ambos métodos pueden ser utilizados en las diferentes regiones administrativas de Chile, pudiendo utilizarse un método u otro en función del área de estudio.</p>
Tipo de resultados y presentación	Gráficos, tablas y mapas que muestran parámetros como la abundancia y densidad de una especie, composición de especies, entre otros.
Ventajas o limitaciones de la metodología	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Son métodos sencillos de llevar a cabo. - Es fácil cumplir con las suposiciones de los métodos. <p>Limitaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tanto el método de contaje de punto como el de transecto franja son susceptibles a la incorrecta aproximación de la distancia radial. - En el método de transecto franja muchas aves observadas fuera de la franja no son registradas. - Requiere un alto nivel de experiencia en la identificación de aves marinas.

Consideraciones	<p>Se requiere de un alto nivel de experiencia en la identificación de aves marinas y en los métodos de muestreo.</p> <p>Revisar las metodologías sobre aves presentadas en la <i>Guía para la Descripción de los Componentes Suelo, Flora y Fauna de Ecosistemas Terrestres en el SEIA</i> (SEA, 2015b).</p>
Fuentes comunes de error	<p>Errores en la identificación y en el conteo de individuos.</p> <p>Errores en la aplicación el método de muestreo.</p>
Equipos requeridos / material de apoyo	<p>En campo, binoculares, libreta de registro, cámara de fotos, guías de identificación, entre otros.</p> <p>En gabinete, <i>software</i> de aplicación de fórmulas matemáticas relacionadas con el análisis de diversidad.</p>
Referencias bibliográficas	<p>Jaramillo A. 2003. Birds of Chile. Princeton University Press New Jersey, USA.240 pp.</p> <p>Komdeur, J., Bertelsen, J. & G. Cracknell. 1992. Manual for Aeroplane and Ship Surveys of Waterfowl and Seabirds. IWRB Spec. Publ. 19, Slimbridge, UK, 37 pp.</p> <p>Proyecto FIPA.2019-09. Guía Metodológica y de Protocolos de Muestreo y/o Registro <i>in situ</i> para Organismos Hidrobiológicos Presentes en Aguas Marítimas Costeras. Centro de Investigación en Biodiversidad y Ambientes Sustentables - CIBAS. Universidad Católica de la Santísima Concepción. 221 pp.</p> <p>Ralph, C., Geupel, J., Geoffrey, R., Pyle, P., Martin, T., De Sante, D. & M. Borja. 1996. Manual de Métodos de Campo para el Monitoreo de Aves Terrestres. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR- 159. Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, 46 pp.</p> <p>Schlatter, R. & A. Simeone. 1999. Estado del Conocimiento y Conservación de las Aves en Mares Chilenos. Estudios Oceanológicos 18:25-33.</p> <p>Tasker, M.L., Jones, P.H., Dixon, T. & B.F. Blake. 1984. Counting Seabirds at Sea from Ships: a Review of Methods Employed and a Suggestion for a Standardized Approach. Auk 101: 567-577.</p> <p>Vilina, Y., Cofré, H. & C. Pizarro. 2006. Reporte Final Aves Acuáticas de Chile. Water bird Conservation of the Americas, Bird Life International.</p>

Fuente: elaboración propia

Tabla 25. Método de muestreo de mamíferos marinos

Nombre del método	Método de muestreo de mamíferos marinos
Tipo de método	Campo / Gabinete.
Descripción del método	<p>Para el muestreo de mamíferos marinos se utilizan tres métodos que se diferencian en función del tipo que se quieren estudiar: mamíferos que pasan todo el ciclo de vida en el agua (cetáceos) y los que pasan una parte de su ciclo de vida en el litoral (leones marinos, chungungos, lobos marinos, entre otros).</p> <p>Estos métodos de muestreo se encuadran dentro de los llamados métodos visuales, son ampliamente utilizados y conocidos: el transecto línea con embarcación; el método de fotoidentificación para cetáceos; y el conteo por puntos o conteo aéreo para lobos marinos, chungungos, entre otros.</p> <p>En todos los métodos de muestreo se recopilan datos sobre abundancia y estructura poblacional de las especies de mamíferos marinos. De esta forma, se evalúa el estado de la población en la zona de estudio.</p> <p>Con los datos recopilados se realizan diferentes cálculos en función de la complejidad y el tipo de estudio. Algunos de estos son: riqueza específica, abundancia, índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'), dominancia de Berger-Parker, entre otros.</p>
Método apto para un levantamiento exhaustivo/normal	Exhaustivo o normal en función del diseño del muestreo.
Tipo de impacto ambiental	<p>Pérdida de individuos o ejemplares de fauna.</p> <p>Modificación de las propiedades de población de fauna.</p>
Variables cuantitativas	Abundancia de individuos de una especie, densidad de individuos, índice de análisis de diversidad, entre otras.
Variables cualitativas	No aplica.
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Método transecto línea con embarcación <p>Este método está basado en la metodología realizada por Buckland <i>et al.</i> (2001).</p> <p>La detección de cetáceos se realiza con una embarcación que va siguiendo un transecto lineal preestablecido. Los observadores, que en una libreta de campo van anotando el número de individuos que van detectando, asumen que la detección se produce con anterioridad a cualquier cambio de movimiento por parte de los animales debido a la interacción con la embarcación.</p>

En general, para la observación de cetáceos se utilizan embarcaciones con plataformas de observación para facilitar la detección de mamíferos. Es importante también que el observador vaya registrando la posición de la embarcación, la distancia a la que se encuentra el cetáceo observado, distancia al barco, ángulo que forma el animal con respecto a la proa del barco, fecha, hora, datos de comportamiento, datos de estructura social, entre otros.

La velocidad ideal del buque para la observación en general es de unos 10 nudos.

La eficacia de los transectos con embarcación depende de la posibilidad de registrar una gran cantidad de variables ambientales durante el estudio, lo que puede jugar un papel importante en la explicación del patrón de distribución de los cetáceos, tales como la salinidad, la temperatura superficial del mar, grupos de aves marinas, entre otros.

Con los datos recopilados se calculan parámetros poblacionales como la densidad de individuos de una especie, abundancia, frecuencia, entre otros.

- Método de fotoidentificación

Este método se realiza desde una embarcación y se basa en la toma de fotografías de los cetáceos avistados. Dependiendo de la especie de cetáceo, la identificación del individuo se centra en la aleta dorsal, la aleta caudal, cicatrices, manchas, entre otros. Todas las imágenes deben ser tomadas desde un ángulo perpendicular a la característica del fotografiado y ambos lados del animal deben ser registrados. Es recomendable el montaje de teleobjetivos para la fotoidentificación de la mayoría de las especies.



a) right falcate fin



b) right hooked fin



c) right triangular fin



d) left falcate fin



e) left hooked fin



f) left triangular fin

Foto-identificación de ballena azul (*Balaenoptera musculus*) por su aleta dorsal

Fuente: Ramos-Arredondo et al., 2020

Siempre que sea posible, el técnico debe acompañar las fotografías identificativas con datos como fecha, hora, área y localización; datos oceanográficos; Escala de Beaufort basada en el aspecto del mar y sus olas y la fuerza del viento; identificación de la especie y comportamiento del individuo. Cabe destacar que cualquier comportamiento anómalo se debe anotar en un apartado denominado observaciones, con el objetivo de completar al máximo la descripción del avistamiento.

Para este tipo de método de muestreo se recomienda una velocidad de crucero entre 8 y 13 nudos, en función del tipo de embarcación y el estado del mar.

El análisis posterior de las fotografías identificativas se realiza con la ayuda de reconocimiento de patrones o *software* de reconocimiento de formas. Además, estos datos recopilados pueden ser introducidos en bases de datos, hojas de cálculo para su tratamiento o en un SIG.

Es posible hacer tratamiento de las imágenes obtenidas en la fotoidentificación mediante *software* específicos.

- Método de conteo por punto

En los censos por puntos, el observador permanece en un punto fijo previamente establecido y toma nota de todos los lobos marinos, chungungos, entre otros, detectados en un área limitada durante un periodo determinado. El censo puede efectuarse una o más veces desde el mismo punto. Para realizar el censo, el observador utiliza binoculares, cámara de fotos, libreta de notas, lápiz, reloj con segundero y un mapa de la zona.

Debe tomarse nota del número del punto, la fecha y la hora del día. En función de los hábitats de la especie, el muestreo se realiza en ciertas horas del día determinadas. Para grandes grupos, como las loberas, el técnico realiza fotografías con el fin de apoyar el trabajo sobre el terreno y facilitar posteriores descripciones físicas del apostadero.

El observador registra cada especie detectada rellenando con una cruz o un código el recuadro correspondiente. Se pueden utilizar códigos para diferenciar entre hembras y machos, inmaduros y adultos, entre otros.

Cada estación debe ser censada una vez cada temporada. Los censos se pueden repetir si se desea obtener estimaciones más exactas sobre áreas determinadas.

Con todos los datos registrados, se calculan variables cuantitativas como abundancia de individuos, densidad, índice de análisis de diversidad, entre otras, que son utilizados para evaluar el estado de los mamíferos marinos de la zona de estudio, como lobos y chungungos.

	<ul style="list-style-type: none">- Método de conteo aéreo <p>Para especies como el lobo marino, que son de tamaños considerables, y en estudios en zonas muy extensas o de difícil acceso, donde establecer puntos de conteo no sea viable por la morfología de la costa, se puede utilizar un censo aéreo mediante aeronaves, con el conteo por imágenes digitales tomadas con cámara de fotos.</p> <p>La altitud de vuelo apropiada para la realización de fotografías aéreas de mamíferos marinos es de entre 170 m y 305 m. Antes de realizar el censo aéreo se puede realizar un vuelo de prueba en donde se hacen distintos ensayos: de altitud de vuelo, de velocidad de vuelo y de objetivo de la lente más adecuada para las fotografías.</p> <p>Las fotografías aéreas se realizan en forma secuencial y con una leve sobreposición entre fotografías consecutivas para garantizar que cada punto de interés es cubierto en su totalidad. Además de tomar las fotografías, también se anotan otros datos como localización, comportamiento grupal, entre otros.</p> <p>Una vez obtenidas las fotografías digitales, se editan con software específicos de edición de imágenes, para dejarlas adecuadamente preparadas para el recuento.</p> <p>Para el conteo se utilizan diferentes <i>software</i> que permiten contar el número de individuos presentes en la fotografía, así como diferenciar entre clases funcionales, entre otras.</p>
Tipo de resultados y presentación	Gráficos, tablas y mapas que muestran parámetros como la abundancia y densidad de una especie, composición de especies, entre otros.
Ventajas o limitaciones de la metodología	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none">- Son métodos sencillos de llevar a cabo.- Es fácil cumplir con las suposiciones de los métodos.- Los dos métodos para cetáceos se pueden llevar a cabo a la vez, para optimizar las salidas con la embarcación.- Dependiendo del estudio en particular, los conteos por puntos y los conteos aéreos se pueden utilizar de forma complementaria entre sí.

	<p>Limitaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - En los métodos descritos, las condiciones atmosféricas deben de ser muy buenas. - Debido a la baja velocidad de la embarcación en el método transecto línea, el área muestreada en un día es limitada. - Requiere un alto nivel de experiencia en la identificación de mamíferos marinos.
Consideraciones	<p>Se requiere de un alto nivel de experiencia en la identificación de mamíferos marinos y en los métodos de muestreo.</p> <p>Revisar el estudio FIPA Estandarización metodológica para el desarrollo de líneas base y seguimientos ambientales de mamíferos marinos en aguas jurisdiccionales chilenas, del 2018.</p>
Fuentes comunes de error	<p>Errores en la identificación y en el recuento de individuos.</p> <p>Errores en la aplicación el método de muestreo.</p>
Equipos requeridos / material de apoyo	<p>En el campo, uso de binoculares, libreta de registro, cámara de fotos, guías de identificación, entre otros.</p> <p>En gabinete, uso de <i>software</i> de aplicación de fórmulas matemáticas relacionadas con el análisis de diversidad.</p> <p>Para la foto identificación, uso de <i>software</i> de reconocimiento de formas y base de datos.</p>
Referencias bibliográficas	<p>Aguayo-Lobo, A., Torres-Navarro D. & J. Acevedo-Ramírez. 1998. Los Mamíferos Marinos de Chile: I. Cetacea. Instituto Antártico Chileno, Serie Científica 48: 19-159.</p> <p>Álava, J.J. 2002. Registros y Abundancia Relativa de Mamíferos Marinos Durante el Crucero Oceanográfico Insular B/I Orión (CO-II-2000) en las Islas Galápagos y sus Alrededores. Acta Oceanográfica del Pacífico 11(1): 165-172.</p> <p>Bernd, J. 2002. Digital Image Processing. Springer.</p> <p>Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P., Laake, J.L., Borchers, D.L. & L. Thomas. 2001. Introduction to Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations. Oxford University Press, New York.</p> <p>Buckland, S. T., Anderson, D. R., Burnham, K. P., Laake, J. L., Borchers, D. & L. Thomas. 2004. Advanced Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations. Oxford University Press, Oxford.</p>

	<p>Espinoza, C. 2001. Dinámica Poblacional del Lobo Marino Sudamericano (<i>Otaria flavescens</i>, Shaw 1800) en la Colonia de Punta Lobera, IX Región de Chile. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias. Universidad Austral de Chile. Valdivia. Chile.</p> <p>FAO, 1993. FAO Species Identification Guide Marine Mammals of the World. Otariidae Eared Seals. 232 pp.</p> <p>Forcada, J., Aguilar, A., Hammond, P.S., Pastor, X. & R. Aguilar. 1994. Distribution and Numbers of Striped Dolphins in the Western Mediterranean Sea After the 1990 Epizootic Outbreak. <i>Marine Mammal Science</i> 10:137-150.</p> <p>Jefferson, T.A., Leatherwood, S. & M.A. Webber. 1993. Marine Mammals of the World. FAO Species Identification Guide. Food and Agriculture Organization of the United Nations and UNEP. Roma.</p> <p>Proyecto FIPA.2019-09. Guía Metodológica y de Protocolos de Muestreo y/o Registro <i>in situ</i> para Organismos Hidrobiológicos Presentes en Aguas Marítimas Costeras. Centro de Investigación en Biodiversidad y Ambientes Sustentables - CIBAS. Universidad Católica de la Santísima Concepción. 221 pp.</p> <p>Sielfeld, W., Guerra, C., Durán, R., Acuña, E., Aguayo-Lobo, A., Sepúlveda, M., Palma, F., Malinarich, A., Cerda, G., Bolvaran, A., Grau, R., Veloso, X., Guerra, Y., Vargas, M., Amado, N., Peredo, R. & J. Galaz. 1997. Monitoreo de la Pesquería y Censo del Lobo Marino Común en el Litoral de la I - IV Regiones. Informe Final Proyecto Fondo de Investigación Pesquera 95-28, Subsecretaría de Pesca, Valparaíso.</p> <p>Zamorano A., Gibbons J. & J. Capell. 2010. Diversity and Summer Distribution of Cetaceans in Inlet Waters of Northern Aisén, Chile. <i>Anales del Instituto de la Patagonia, Punta Arenas, Chile</i>. v.38 nº 1.</p>
--	---

Fuente: elaboración propia

Tabla 26. Cartografía bionómica mediante Side Scan Sonar (SSS)

Nombre del método	Cartografía bionómica mediante Side Scan Sonar (SSS)
Tipo de método	Campo / Gabinete.
Descripción del método	<p>Este método es de tecnología más avanzada a las descritas anteriormente. En la actualidad no es extensamente conocido ni utilizado.</p> <p>Para la determinación de comunidades se procede a la captura de datos del fondo marino mediante técnicas de auscultación, con el objetivo de obtener información georreferenciada de los fondos y la caracterización de las diversas comunidades presentes, definiendo a la vez sus límites.</p>

	<p>Este método es complementario a la topo batimetría y a la geofísica, que conjuntamente permiten diferenciar las comunidades bentónicas y tipos de fondo marino existentes, además de modelar el sustrato en 3 dimensiones para interpretar la orografía y formaciones geológicas del fondo.</p>
Método apto para un levantamiento exhaustivo/normal	Exhaustivo o normal en función de la campaña planificada; por ejemplo, en relación con la intensidad de transectos y la variación de los parámetros de medición como intensidad y frecuencia de onda.
Tipo de impacto ambiental	Modificación de la población de flora y fauna.
Variables cuantitativas	Superficie y profundidad de distribución de las comunidades.
Variables cualitativas	<p>Tipo de comunidades, entorno y estado de conservación de la especie.</p> <p>Localización geográfica.</p>
Procedimiento	<p>El SSS está constituido por un sistema de torpedo que es arrastrado por una embarcación mediante un cable remolcador. El dispositivo es desplazado a una distancia y profundidad definida según criterios de la planificación y que varían a lo largo del proceso de captura. Un par de sensores ubicados en los laterales de dicho torpedo sintetizan y transmiten un barrido lineal inverso, de frecuencia modulada mediante pulsaciones. Se obtiene una resolución proporcional a la anchura de banda transmitida, permitiendo la medida de los datos requeridos para la clasificación del fondo. La resolución espacial varía según el equipo, normalmente permiten identificar elementos con un tamaño de entre 0,25 y 5 m de lado.</p> <p>La tecnología es similar al sistema geofísico del perfilador. La diferencia sustancial entre ambos es la potencia, anchura y número de ondas emitidas o capturadas. El SSS se centra en el estudio de la morfología de superficie, utilizando ondas que se reflejan sobre el fondo o cualquier elemento presente entre este y la superficie, obteniendo como resultado una imagenpectral del fondo con sombras y texturas. Por otro lado, el objetivo de la geofísica es el estudio de afloramientos y penetración en el sustrato, utilizando para ello ondas de frecuencia más larga y mayor potencia que se reflejan en el sustrato, obteniendo como resultado una gama de comportamientos en las ondas que se asocian a densidades, cristalizaciones, características químicas, entre otras, de los materiales por los que pasa.</p> <p>Se realiza una planificación previa de los transectos a realizar. Concretamente, se diseña una malla en la que los transectos de muestreo se distribuyen paralelamente y de forma equidistante, entre 20 y 200 m, dependiendo de la definición que requiera el estudio y la profundidad de la zona; en zonas más someras se intensifican los transectos para garantizar el recubrimiento total. Se debe asegurar un recubrimiento del 30% para obtener una cobertura total o 60% obteniendo duplicidad de datos.</p>

	<p>Una vez planificada la campaña, se procede a su ejecución en campo, mediante la utilización de una embarcación adaptada, que recorre las líneas de muestreo.</p> <p>Cabe señalar que con un equipo GPS instalado en la embarcación y conociendo la posición relativa del torpedo respecto al casco, se obtiene la posición aproximada del barrido. Este sistema está dotado además con una herramienta de navegación que permite cargar un mapa con la planificación de la campaña y visualizar sobre este la posición de la embarcación en todo momento.</p> <p>Una vez realizada la campaña, se lleva a cabo el posproceso en gabinete que permite interpretar los datos obtenidos en campo, discriminar el tipo de comunidad y generar los planos. Dicha discriminación la realiza un técnico especializado, analizando la textura y el espectro de luz visible, según patrones de análisis e interpretación para el área objeto de estudio.</p>
Tipo de resultados y presentación	<p>Los resultados deben presentarse en un conjunto de planos, los cuales deben tener como mínimo:</p> <ul style="list-style-type: none">- Plano de situación.- Plano de los barridos de la zona de estudio en espectro real, con la señalización de los elementos y zonas detectadas, con escalas reguladas por el tamaño del levantamiento y la precisión planimétrica, lo que puede oscilar entre los 2 y 10 m como máximo. Las escalas varían entre 1:2.000 para zonas pequeñas y elementos puntuales, y a 1:25.000 para zonas muy extensas y grandes comunidades.- Plano del modelo bidimensional de distribución de comunidades, con escalas reguladas por la precisión del levantamiento. Las escalas varían entre 1:1.000 para obras marítimas, a 1:250.000 en zonas abisales, así como con escalas reguladas por el tamaño del levantamiento y la precisión planimétrica, que pueden oscilar entre los 2 y 10 m como máximo. Las escalas varían entre 1:1.000 para zonas pequeñas y elementos puntuales, y a 1:100.000 para zonas muy extensas. <p>Se puede adjuntar un informe con todas las consideraciones a tener en cuenta, así como resultados numéricos y el detalle del método empleado.</p>
Estimación de tiempo de desarrollo	<p>La temporización de los trabajos depende del tamaño y morfología del área estudiada. De forma general, para una zona de dificultad media, el avance en los trabajos es de 20 ha/jornada. Por otra parte, el tiempo dedicado en gabinete al procesamiento de la información es de 1,5 jornadas por jornada de campo.</p>

Ventajas o limitaciones de la metodología	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cobertura total de la zona. - Visión espacial de todas las comunidades. - Fiabilidad de los datos contrastados y gran veracidad en la definición del terreno con el sistema. - La precisión no depende en gran medida de las condiciones meteorológicas, aunque estas sí que pueden limitar la navegación de la embarcación. - No es necesario que el torpedo se arrastre directamente por el fondo marino a diferencia del ROV o el Trineo. <p>Limitaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La precisión en la posición es limitada debido a las características del sistema. - El proceso en gabinete, posterior al trabajo de campo, es lento, depende de la complejidad de la zona. - Navegación peligrosa al llevar arrastrando un elemento cerca del fondo. - Maniobrabilidad de la embarcación limitada. - No se obtiene una visualización directa del fondo, a diferencia del ROV y el Trineo.
Consideraciones	<p>Es necesaria una revisión exhaustiva de los equipos antes de la realización del trabajo, llevándose siempre un buen mantenimiento y puesta a punto de los equipos y programas. No se deben realizar los trabajos en condiciones meteorológicas adversas.</p> <p>Hay que poner especial cuidado a los elementos del entorno submarino que puedan interferir en el avance del torpedo cerca del fondo, tales como redes de pesca, rocas salientes, pecios, entre otros.</p> <p>Los trabajos deben ser realizados por un técnico especializado.</p>
Fuentes comunes de error	<ul style="list-style-type: none"> - Turbulencias y ruidos hidroacústicos, corrientes submarinas que desplazan el torpedo (haciendo menos preciso el cálculo de su posición). - Condiciones meteorológicas adversas.

	<ul style="list-style-type: none"> - Bancos de peces o cetáceos que se interponen entre el fondo y la superficie. - Distancia insuficiente o excesiva entre el torpedo y el fondo.
Equipos requeridos / material de apoyo	<p>Embarcación adaptada.</p> <p>Equipo GPS con precisiones de 2 a 10 m.</p> <p>Sistema SSS digital de dos canales, 50 m de ancho de banda como mínimo y con una resolución espacial de 0,25 a 5 m y entre 2 y 10 m de precisión en posición. Cable coaxial.</p> <p>Equipos y <i>software</i> informático.</p>
Referencias bibliográficas	<p>Joint Nature Conservation Comitee (JNCC). 2001. Marine Monitoring Handbook. PG 1.4 Side Scan Sonar.</p> <p>International Hydrographic Organization (IHO). 2012. Standards and Specifications S-4: Regulations for International (INT) Charts and Chart Specifications of the IHO.</p> <p>NOAA. 2012. Hydrographic Surveys Specifications and Deliverables.</p> <p>Rey, J., Siljestrom, P. & A. Moreno. 1993. Tratamiento Digital de Imágenes Sonográficas Submarinas. Instituto Español de Oceanografía.</p> <p>SHOA. 2003. Número 3106: Instrucciones Hidrográficas nº5. Especificaciones Técnicas para la Ejecución de Sondajes.</p>

Fuente: elaboración propia

3.4 Medio físico

A continuación, se presentan las siguientes metodologías, y en las Tablas de la 27 a la 31 se entrega una descripción más detallada de ellas:

- Medición de viento, oleaje, corrientes y marea *in situ*.
- Modelación de la dinámica marina local.
- Estimación de la geomorfología y composición del fondo marino.
- Estudio del fondo marino - batimetría.
- Análisis de la dinámica sedimentaria local.

Tabla 27. Medición de viento, oleaje, corrientes y marea *in situ*

Nombre del método	Medición de viento, oleaje, corrientes y marea <i>in situ</i>
Tipo de método	Campo / Gabinete.
Descripción del método	<p>El objetivo es caracterizar las condiciones hidrodinámicas que gobiernan en un área concreta. Para ello, se realiza la instalación de instrumentos de medición directa, tales como sensores de oleaje, correntómetros, mareógrafos, meteorológicos, que permitan obtener datos oceanográficos y meteorológicos de manera continua. Otra forma de obtener información oceanográfica es a través de imágenes satelitales, como corrientes (geostróficas), olas, viento.</p> <p>Los datos considerados para caracterizar la variabilidad oceanográfica y meteorológica de la zona pueden ser de dos tipos: datos probabilísticos obtenidos a partir de modelos numéricos o datos obtenidos mediante instrumentos.</p>
Método apto para un levantamiento exhaustivo/normal	Exhaustivo o normal en función del alcance del proyecto (obtención de datos en continuo, o medidas puntuales y sobre la capa superficial o toda la columna de agua).
Variables cuantitativas	<p>Oleaje: altura de ola (m) período (s) y dirección (grados).</p> <p>Corrientes: velocidad (cm/s y m/s) y dirección (grados).</p> <p>Marea: altura (cm y m) referida al nivel 0 (cero) oficial.</p> <p>Viento: velocidad (m/s) y dirección (grados).</p> <p>Debe tenerse en cuenta que cada dispositivo tiene un rango de trabajo, resolución o precisión de medida.</p>
Variables cualitativas	No aplica.
Procedimiento	Medición <i>in situ</i> de las principales variables asociadas al estudio de la dinámica marina (oleaje, corrientes, deriva litoral, y mareas) mediante el uso de dispositivos móviles, que permiten obtener mediciones puntuales (medición en dinámico) o mediante la instalación de dispositivos fijos que ofrecen datos en continuo (medición en estático). En función del estudio requerido y de los programas de modelación a emplear, se requiere un tipo de datos u otro, y se diseña la campaña de campo para su obtención de forma distinta.

Para la medición en dinámico, como es el caso de mediciones de corrientes lagrangianas, los dispositivos deben ser instalados en las embarcaciones (derivadores, ADCP remolcado, entre otros), siendo los datos registrados a lo largo de transectos. La planificación consiste en definir previamente las posiciones de las estaciones de muestreo, las cuales deben cubrir la totalidad del ámbito de estudio, caracterizando con ello los tramos más representativos del área.

Para la medición en estático, como es el caso de las mediciones eulerianas a través de ADCP anclado, la ubicación de los dispositivos se define teniendo en cuenta, no solo la localización del proyecto, sino también la morfología y tipología de la costa y los fondos, así como las infraestructuras físicas existentes como espigones, diques u otras, que pueden tener efectos sobre la circulación marina local como aportaciones y efluentes continentales. También hay que considerar que los dispositivos deben estar instalados un mínimo de tiempo para obtener un registro representativo. Para esto, se considera un tiempo mínimo de un mes; sin embargo, dependiendo del objetivo del estudio, se deben realizar mediciones estacionales (al menos 30 días en primavera-verano y 30 días en el período de otoño-invierno). Los registros de las mediciones eulerianas deben ser realizados en marea de cuadratura y sicigia, y en ambas fases mareales.

A continuación se describen aquellos dispositivos y métodos que son más ampliamente utilizados.

— Oleaje:

- Boyas: se instalan acelerómetros que miden el oleaje en una posición fija y pueden ubicarse a cualquier profundidad.
- *In situ* sobre estructuras: se instalan sensores de presión sobre estructuras como muelles, diques, pontón, y miden el oleaje siempre en la misma ubicación.
- *In situ* en el fondo: estos datos instrumentales se obtienen desde el fondo, por ejemplo, sonar, correntómetro de efecto Doppler (con sensor de presión de alta resolución), y sensor de presión (oleomareógrafo). Estos instrumentos miden el oleaje en la misma posición y se suelen ubicar a profundidades no mayores de 200 m.
- Satélites: los datos de satélites son datos de radares de microondas (RA y SAR). Pasan siempre por encima de las mismas posiciones y cubren la totalidad de los mares de la Tierra.
- Aviones: los aviones pueden portar instrumentos remotos de medición del oleaje como cámaras estereofotográficas, radares de microondas o láser, dando información detallada del oleaje para determinadas zonas de interés.

- Radar HF: los radares HF son instrumentos remotos que miden el oleaje de grandes zonas próximas a las costas donde están ubicadas (del orden de 10 o 100 km, según la configuración de cada instalación).
- Remotos desde barcos: los barcos pueden llevar instrumentos remotos radar de banda X, que determinan el oleaje alrededor del barco, aunque dichos instrumentos también pueden instalarse en tierra o en estructura fijas.
- Modelación numérica: los datos generados por modelos numéricos no son datos instrumentales, calculan el oleaje a partir de condiciones globales de la atmósfera en la superficie libre del mar (viento). Existe información a escala global de dichos modelos y con mayores resoluciones para modelos regionales, suministrando la información de manera homogénea y regularmente espaciada.
- Corrientes: existe una amplia gama de instrumentos para realizar mediciones de corrientes que se basan en métodos distintos.
 - Tecnología acústica Doppler: utiliza correntómetros monopunto, perfiladores de corrientes, velocímetros de alta resolución temporal y espacial para la medida de fenómenos turbulentos en zona de rompientes, entre otros.
 - Tecnología radar: permite obtener información multivariable de la superficie del mar. El alcance desde la costa varía en función del dispositivo, ofrece mallas de corrientes 2D, información de oleaje y corrientes y del viento.
 - Seguimiento lagrangiano: los derivadores lagrangianos estiman campos lagrangianos siguiendo corrientes superficiales. Se trata de dispositivos autónomos, equipados con tecnología GPS/GSM de adquisición, almacenamiento y transmisión de datos, y que se ven poco afectados por los vientos.
 - Imágenes satelitales: se obtiene información de altimetría satelital con la cual de forma indirecta se obtienen corrientes geostróficas, o se descarga directamente las corrientes geostróficas.
 - La corriente se describe en función de su dirección.
- Marea: existen diversos métodos para medir la marea, los cuales se pueden agrupar en:
 - Desde abajo: estudio de la variación cíclica de la presión hidrostática en la columna de agua, mediante sensores de presión o mareógrafos, y estudios de los flujos de agua forzados por la marea mediante correntómetros o perfiladores.

	<ul style="list-style-type: none"> - Desde arriba: estudio del registro del nivel de la superficie libre del mar, mediante el uso de sistemas aéreos verticales no intrusivos. - También existe un <i>software</i> que permite realizar la caracterización y predicción de mareas a partir del análisis de series temporales de datos de presión y corrientes proporcionados por instrumentos. - Meteorológicos: mediciones <i>in situ</i> e imágenes satelitales. - Viento: mediciones <i>in situ</i> e imágenes satelitales.
Tipo de resultados y presentación	<p>Los resultados obtenidos se pueden presentar mediante tablas de valores, especificando las coordenadas UTM de cada estación. Asimismo, en referencia al oleaje, la distribución sectorial del oleaje puede quedar caracterizado mediante las rosas de oleaje, que sincretizan los datos en clases de direcciones y alturas de ola (H_s). Cada sector se representa con un brazo en la rosa. Su longitud es proporcional a la probabilidad de representación de cada sector, y la anchura a los valores de H_s. Así, se puede apreciar visualmente cuales son los sectores más frecuentes y energéticos. Para los registros de corrientes se pueden generar gráficos en los que se observen los valores registrados a lo largo de la columna de agua.</p> <p>Una vez obtenidos los datos en campo que definen el clima marítimo de una zona, y mediante sistemas de modelado, se generan mapas de distribución del oleaje, de corrientes y de flujo.</p> <p>La presentación de los datos asociados a estas variables, se deben procesar y presentar según lo establecido en el documento Instrucciones Oceanográficas Nº1. Especificaciones Técnicas y administrativas para Mediciones y Análisis Oceanográficos del (SHOA, 2019). En el caso particular de presentar un EIA, los estudios de línea de base deben poseer valor oceanográfico, según se indica en D.S. Nº711, de 1975, Reglamento de Control de las Investigaciones Científicas y Tecnológicas Marinas efectuadas en la zona marítima de jurisdicción nacional.</p>
Ventajas o limitaciones de la metodología	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Método estandarizado utilizado ampliamente. - Proporciona datos fiables. Concretamente, los datos instrumentales tienen más fiabilidad que los de modelo, particularmente respecto de la variable altura de ola. Así, es preferible priorizar su uso.

	<ul style="list-style-type: none"> - Obtención de un volumen importante de datos y variabilidad de condiciones, que permiten ajustar el análisis posterior de los mismos y las conclusiones derivadas. - Los datos instrumentales sirven para calibrar los modelos. <p>Limitaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - El empleo de las tecnologías requiere cierta experiencia e infraestructura, así como su instalación. - Para las mediciones dinámicas el mal estado del mar interfiere de forma directa en la calidad de la obtención de los datos. - La instalación de equipos fijos requiere de un mantenimiento periódico que garantice su correcto funcionamiento, principalmente encaminado a su limpieza para evitar que los sensores queden obturados.
Consideraciones	Los equipos requieren de calibraciones y mantenimiento. De su correcto estado y empleo dependerá la fiabilidad de los datos.
Fuentes comunes de error	<p>En la medición dinámica es común que el dispositivo sufra variaciones de posición originadas por la deriva de la embarcación.</p> <p>Una mala instalación del anclaje donde se instalan los equipos medidores de corrientes, mareas, provoca que las mediciones no sean correctas</p> <p>Error en el procesamiento de datos: en las mediciones de corrientes, se debe realizar un análisis para eliminar los primeros metros de medición, dado que estos contienen interferencias. Si el equipo medidor de corrientes mira hacia el fondo, se deberá igualmente realizar un análisis para eliminar las interferencias de fondo.</p> <p>En la medición estática, un incorrecto mantenimiento de los equipos, cuando permanecen por largos períodos bajo el agua, puede generar la acumulación de organismos incrustantes, provocando interferencias en los sensores.</p> <p>Asimismo, una incorrecta señalización de los equipos anclados bajo el agua puede provocar que sean deslocalizados o desplazados por accidente.</p>
Equipos requeridos / material de apoyo	<p>Embarcación que permita una correcta colocación de los dispositivos.</p> <p>Equipo de posicionamiento y <i>software</i>, si el equipo lo requiere.</p>

	<p>Para la obtención de datos: contar con profesionales especializados (oceanógrafos, ingenieros oceánicos, biólogos marinos, entre otros especialistas), que acrediten cursos de capacitación y experiencia en el uso e instalación de equipos e instrumental oceanográfico, así como el procesamiento de datos de oceanografía.</p> <p>Para la instalación y mantenimiento de los equipos: profesionales especializados y equipamiento de buceo profesional y trabajos subacuáticos.</p>
Referencias bibliográficas	<p>APHA. 2012. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Edition 22.</p> <p>Australian Water Quality Guidelines for Fresh and Marine Waters. 1992. Australian and New Zealand Environment and Conservation Council, Australia.</p> <p>Canadian Water Quality Guidelines. 1992. Updated version of Canadian Water Quality Guidelines 1987. Prepared by the Task Force on Water Quality Guidelines of the Canadian Council of Resource and Environmental Ministers. Canada.</p> <p>Sampedro, A. 2009. Metodologías de calibración de bases de datos de reanálisis de clima marítimo. Tesis Doctoral. Departamento de ciencias y técnicas del agua y del medio ambiente. Universidad de Cantabria.</p> <p>SHOA. 2019. Instrucciones Oceanográficas Nº1. Especificaciones Técnicas y administrativas para Mediciones y Análisis Oceanográficos. PUB.3201, 4ta edición, 57 pp. Disponible en el sitio web SHOA - PUB 3104 - 2019.</p>

Fuente: elaboración propia

Tabla 28. Modelación de la dinámica marina

Nombre del método	Modelación de la dinámica marina
Tipo de método	Gabinete.
Descripción del método	<p>Utilización de largas series de datos de clima marítimo para la creación de simulaciones de la dinámica marina local bajo distintas condiciones climáticas.</p> <p>Esta modelación debe realizarse en el campo cercano y lejano. Junto a ello, deben adjuntarse los archivos de entrada y salida que fuerzan el modelo, además de calibrar las simulaciones a través del empleo de datos obtenidos a través de una caracterización marítima. Adicionalmente, se debe tener una medida de la validación de las simulaciones a través de estadísticas como el RME (Error Medio) y el RMSE (Error Medio Cuadrático).</p>

	Utilización para la predicción de impactos por obras, como por ejemplo elementos de protección costera, o para establecer escenarios futuros, simulando cotas de inundación y rebase de infraestructuras.
Método apto para un levantamiento exhaustivo/normal	Exhaustivo o normal en función del alcance del proyecto (en función de los parámetros de análisis, la interpolación, las condiciones de contorno que se le asignen al modelado, entre otros).
Variables cuantitativas	Varía en función del parámetro analizado.
Variables cualitativas	No aplica.
Procedimiento	<p>Existen diferentes programas para la modelación de variables oceanográficas, así como diversas aplicaciones que permiten realizar cálculos concretos, que suelen ser desarrollados por los centros de investigación pioneros en modelación costera y, por lo tanto, se encuentran en continua mejora y desarrollo.</p> <p>En primer lugar, se indica que para determinar la dinámica litoral de una zona se deben realizar, mediante modelos numéricos, propagaciones a partir de los valores del oleaje en aguas profundas, con el objetivo de conocer con precisión la transformación del oleaje que llega a un ámbito concreto de la costa. En el mismo sentido, el transporte de sedimentos se define mediante simulaciones de las corrientes de rotura del oleaje y el cálculo de las tasas de transporte en planta que de ellas se derivan.</p> <p>Existen diferentes modelos y aplicaciones a partir de los cuales se pueden determinar los patrones hidrodinámicos de cada una de las condiciones de oleaje tipo, estableciendo así la dinámica litoral de una zona concreta.</p> <p>Una vez definida la situación actual y conocidas las condiciones hidrodinámicas del medio, se pueden determinar escenarios futuros. Por ejemplo, es posible estimar los efectos que puede tener el cambio climático en diferentes horizontes temporales, calculando las variaciones en la cota de inundación y el retroceso de la línea de costa, o revisar la estabilidad de las estructuras (mediante cálculos revisados de su diseño y el cálculo del rebase). Son innumerables las aplicaciones que puede tener una modelación, por eso se recomienda su adecuada utilización en el estudio de aquellos proyectos de elevada complejidad, por sus características intrínsecas o por ubicarse en un medio de alta fragilidad.</p>
Tipo de resultados y presentación	Del resultado de la aplicación de los modelos matemáticos se pueden desarrollar figuras gráficas que muestren la distribución en planta y situación actual de las diferentes variables estudiadas: figuras de propagación, figuras de corrientes del oleaje, figuras de transporte y planos donde se representan los resultados de las modelaciones utilizando escalas de colores para su mejor comprensión.

Ventajas o limitaciones de la metodología	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Métodos en continuo desarrollo y mejora. - Proporcionan predicciones fiables, que permiten ajustar los efectos sobre variables hidrodinámicas, a largo plazo. - Permite el análisis de múltiples condiciones, sin suponer un gran esfuerzo añadido. <p>Limitaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se trata de modelos matemáticos, los cuales siempre deben contrastar sus resultados con medidas <i>in situ</i>. - Sus resultados dependen de los parámetros que se introduzcan y, si a largo plazo estos varían, es necesario realizar un recálculo de los escenarios planteados. - Requiere de un elevado conocimiento del software de modelación, así como de personal especializado capaz de realizar una correcta interpretación de los resultados.
Consideraciones	<p>Dado que se trata de una parcela de conocimiento muy dinámica, en la que se introducen muchas mejoras y novedades, quien sea responsable del estudio debe asegurarse de estar utilizando el <i>software</i> de modelación más adecuado en cada momento y para cada tipología de proyecto objeto de análisis. Se recomienda consultar los organismos de investigación e instituciones sectoriales de expertos en la materia antes de realizar la modelación.</p> <p>En cualquier caso, deben utilizarse modelos numéricos hidrodinámicos adaptados y validados, en términos de sus capacidades para representar los procesos involucrados, así como, en términos de su utilidad práctica como herramientas predictivas para estudiar casos concretos en las regiones objeto de estudio.</p>
Fuentes comunes de error	<p>Incorrecta introducción de los parámetros de base.</p> <p>Inadecuado uso del programa por desconocimiento o falta de formación específica.</p>
Equipos requeridos / material de apoyo	<p><i>Software</i> especializado.</p> <p>Profesional especializado.</p> <p>Datos fiables de origen.</p>
Referencias bibliográficas	<p>Booij, N., Ris, R.C. & L.H. Holthuijsen. 1999. A Third-Generation Wave Model for Coastal Regions, Part I: Model Description and Validation. <i>Journal of Geophysical Research</i>. doi: 10.1029/98JC026222.</p>

	<p>Camus, P., Mendez, F.J. & R. Medina. 2011. A Hybrid Efficient Method to Downscale Wave Climate to Coastal Areas. <i>Coastal Engineering</i>, Vol 58, Issue 9, pp 851–862, doi: 10.1016/j.coastaleng.2011.05.007.</p> <p>González D. 2008. Procesos asociados a la propagación del oleaje.</p> <p>Hsu. S.A. 1988. <i>Coastal Metereolgy</i>. Academic Press. Ic. 260 pp.</p> <p>Komen, G.J., Cavalieri, L., Donelan, M. A., Hasselmann, K., Hasselmann, S. & P. Janssen. 1994. <i>Dynamics and Modelling of Ocean Waves</i>. Cambridge University Press, 532 pp.</p> <p>Murthy C.R., Sinha, P.R. & Y.R. Rao. 2008. <i>Modelling and Monitoring of Coastal Marine Processe</i> Springer. 246 pp.</p> <p>Omstedt, A. 2011. <i>Guide to procesee based Modeling of lakes and coastal seas</i>. Springer UK. 258 pp.</p> <p>SHOA. 2005. <i>Instrucciones oceanográficas N°1 Especificaciones Técnicas para Mediciones y Análisis Oceanográficos</i>, Pub. 3201.</p> <p>Sierra, J. 2008. <i>Hidrodinámica en la Zona Costera</i>.</p> <p>US Army Corps of Engineers. 2002. <i>Coastal Engineering Manual</i>.</p>
--	--

Fuente: elaboración propia

Tabla 29. Estimación de la geomorfología y composición del fondo marino

Nombre del método	Estimación de la geomorfología y composición del fondo marino
Tipo de método	Campo / Gabinete.
Descripción del método	<p>Mediante técnicas de auscultación geofísica se determina la geomorfología y composición del fondo y subsuelo marino, determinando de esta forma la potencial estabilidad de los estratos frente a procesos geológicos y el efecto que una alteración en los mismos provocaría.</p> <p>Este método es complementario a la topobatimetría y al sistema <i>Side Scan Sonar</i>, que conjuntamente permiten diferenciar entre comunidades bentónicas, tipos de fondo marino y modelar el fondo en 3 dimensiones para interpretar la orografía y formaciones geológicas del mismo.</p>
Método apto para un levantamiento exhaustivo/normal	Exhaustivo o normal en función del diseño del muestreo.

Variables cuantitativas	Densidad de los materiales, longitud y potencia del sustrato y reflectividad del fondo marino.
Variables cualitativas	Tipología de los materiales que componen los sustratos, su distribución y estado en el que se encuentran. Formaciones geológicas como intrusiones, pliegues y fallas.
Procedimiento	<p>Se realiza una planificación previa en la que se distribuyen en forma de malla una serie de líneas de muestreo equidistantes entre 20 y 200 m dependiendo de la definición necesaria, y limitadas a la zona marina de estudio. En campo se recorren las líneas de muestreo con una embarcación adaptada.</p> <p>Este sistema está constituido por un torpedo que es arrastrado por una embarcación mediante un cable remolcador a una distancia y profundidad definida según criterios de la planificación (normalmente constante y cercano a la superficie) y un sensor ubicado en dicho torpedo que sintetiza y transmite un barrido lineal inverso, de frecuencia modulada mediante pulsaciones. Se obtiene una resolución proporcional a la anchura de banda transmitida permitiendo la medida de los datos del perfilador, requeridos en la clasificación del sedimento (tabla de espectros de los sedimentos).</p> <p>Este dispositivo funciona de forma similar al sistema <i>Side Scan Sonar</i>. La diferencia entre ambos es la potencia, anchura y número de ondas emitidas/capturadas. El SSS se centra en el estudio de la superficie en su morfología, utilizando ondas que se reflejan sobre el fondo o cualquier elemento presente entre este y la superficie, obteniendo como resultado una imagen espectral del fondo con sombras y texturas. Mientras que el cometido de la geofísica es el estudio de afloramientos y penetración en el sustrato, utilizando para ello ondas de frecuencia más larga y mayor potencia que se reflejan, una vez refractadas, a distinta potencia en el sustrato obteniendo como resultado una gama de comportamientos en las ondas que se asocian a densidades, cristalizaciones, características químicas, entre otras, de los materiales por los que pasa.</p> <p>Cabe indicar que con un equipo GPS instalado en la embarcación y conociendo la posición relativa del torpedo respecto al casco se obtiene la posición aproximada del barrido. Este sistema, asimismo, está dotado con una herramienta de navegación que permite cargar un mapa con la planificación de la campaña y visualizar sobre este la posición de la embarcación en todo momento.</p> <p>Una vez realizada la campaña, se lleva a cabo el posproceso en gabinete, que permite interpretar los datos obtenidos en campo, discriminar el tipo de composición geomorfológica y generar los planos. Dicha discriminación la realiza un técnico especializado, analizando la densidad, la reflectividad y la potencia, y según patrones de análisis e interpretación, convenidos para el área objeto de estudio.</p>

Tipo de resultados y presentación	<p>Los resultados deben presentarse en un conjunto de planos, los cuales deben indicar como mínimo:</p> <ul style="list-style-type: none">- Plano de situación.- Plano de perfiles de la zona de estudio con la distribución de los estratos según la potencia, con escalas reguladas por la precisión del levantamiento que pueden oscilar entre los 2 y 10 m como máximo. Las escalas varían entre 1:1.000 (para obras marítimas) a 1:100.000 (zonas geológicas extensas).- Plano del modelo bidimensional de distribución de afloramientos. Con escalas reguladas por la precisión del levantamiento que puede oscilar entre los 2 y 10 m como máximo. Las escalas varían entre 1:1.000 (para obras marítimas) a 1:100.000 (zonas geológicas extensas). <p>Además, se puede adjuntar un informe con todas las consideraciones a tener en cuenta, resultados numéricos, y el detalle del método empleado.</p>
Estimación de tiempo de desarrollo	<p>Las ratios de tiempo dependen del tamaño y morfología del área estudiada. De forma general, para una zona de dificultad media, el tiempo necesario para realizar un estudio en campo es de 25 ha/jornada de campaña geofísica. Por otra parte, el tiempo dedicado en gabinete es de 1,5 jornadas por jornada de campo.</p>
Ventajas o limitaciones de la metodología	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none">- Método estandarizado utilizado ampliamente.- Fiabilidad de los datos contrastada y gran veracidad en la definición del terreno con el sistema.- Prácticamente, único método para la realización de estudios sistemáticos geológicos del fondo marino.- Visión espacial de los estratos del fondo marino en perfil.- No es necesario el contacto directo con el elemento objeto de estudio.- La precisión no depende en gran medida de las condiciones meteorológicas. <p>Limitaciones:</p> <ul style="list-style-type: none">- La precisión en la posición es limitada debido a las características del sistema.

	<ul style="list-style-type: none"> - Posproceso en gabinete es lento, dependiendo de la complejidad de la zona. - Maniobrabilidad de la embarcación limitada.
Consideraciones	<p>Es necesaria una revisión exhaustiva de los equipos antes de la realización del trabajo, llevando siempre un buen mantenimiento y puesta a punto de los equipos y programas. No se deben realizar los trabajos en condiciones meteorológicas adversas.</p> <p>Los trabajos deben ser realizados por un técnico especializado.</p> <p>El torpedo no debe ir necesariamente cerca del fondo, manteniendo una posición constante respecto la embarcación y cercano a la superficie.</p>
Fuentes comunes de error	<p>Turbulencias y ruidos hidrosféricos, corrientes submarinas que desplazan el torpedo (haciendo menos preciso el cálculo de su posición).</p> <p>Condiciones meteorológicamente adversas.</p>
Equipos requeridos / material de apoyo	<ul style="list-style-type: none"> - Embarcación adaptada. - Equipo GPS con precisiones de 2 a 10 m. - Perfilador digital de 50 m de penetración con una resolución espacial de 0,2 a 2 m. - Equipos y <i>software</i> informático.
Referencias bibliográficas	<p>IHO. 2012. Standards and Specifications S-4: Regulations for International (INT) Charts and Chart Specifications of the IHO.</p> <p>Joint Nature Conservation Comitee (JNCC). 2001. Marine Monitoring Handbook. PG 2.2 Sediment profile imagery.</p> <p>NOAA. 2012. Hydrographic Surveys Specifications and Deliverables.</p> <p>Sallarés, V. 2005. Proyecto Geoceans. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).</p> <p>SHOA. 2003. Instrucciones Hidrográficas N°5: Especificaciones Técnicas para la Ejecución de Sondajes, Pub. 3106.</p>

Fuente: elaboración propia

Tabla 30. Estudio del fondo marino - batimetría

Nombre del método	Estudio del fondo marino - batimetría
Tipo de método	Campo / Gabinete.
Descripción del método	<p>Mediante técnicas de auscultación y un sistema de referencia, se determina la posición y la cota topográfica de una serie de puntos distribuidos en la zona de estudio. Los puntos pueden localizarse tanto en una zona emergida como en el fondo marino, los cuales tienen la propiedad que al ser analizados conjuntamente representan el relieve de una forma ajustada a la realidad.</p> <p>Este método es complementario al estudio geofísico y al sistema <i>Side Scan Sonar</i> y conjuntamente permiten diferenciar entre comunidades bentónicas, tipos de fondo marino y modelar el sustrato en 3 dimensiones para interpretar la orografía, identificando las formaciones geológicas del fondo.</p>
Método apto para un levantamiento exhaustivo/normal	Exhaustivo o normal en función del diseño del muestreo.
Variables cuantitativas	Localización y cota topográfica, movimientos de arenas y volúmenes para estudios comparativos y de evolución.
Variables cualitativas	Orientaciones, definición de zonas (inundación, rompientes, entre otras), formaciones del relieve.
Procedimiento	<p>El procedimiento es distinto para la zona emergida que para la sumergida y se divide en dos grandes bloques: estudio topográfico para la zona costera comprendida entre la profundidad 1,5 m y la cota máxima de la zona, y estudio batimétrico para la zona marina comprendida entre la profundidad 1,5 m y cota mínima de la zona.</p> <p>Estudio topográfico: se realiza una planificación previa en la que se define la malla de transectos a muestrear. Concretamente, se definen una serie de perfiles perpendiculares a la costa, equidistantes entre 10 y 100 m dependiendo de la definición necesaria y limitados a la zona costera (hasta la profundidad de 1,5 m). Una vez en campo, se recorren a pie dichas alineaciones con un equipo GPS. Así se realiza la captura de las posiciones y cotas de una serie de puntos, que se van obteniendo a lo largo de los transectos a razón de uno cada 5, 10 o 20 m normalmente. Además, se deben tomar aquellos puntos que, por sus características en el terreno, contribuyan a la representación del relieve de una forma significativamente más veraz (límites de la zona, contornos de diques, elementos característicos del relieve, entre otros).</p>

	<p>Estudio batimétrico: el estudio de la zona sumergida se puede realizar mediante el empleo de dos metodologías diferenciadas.</p> <ul style="list-style-type: none">- Batimetria monohaz: se realiza una planificación previa en la que se distribuyen en forma de malla una serie de líneas de muestreo equidistantes entre 10 y 100 m dependiendo de la definición necesaria, y limitadas a la zona marina de estudio. En campo se recorren las líneas de muestreo con una embarcación adaptada. Este sistema de sensor monohaz permite, a partir de la emisión/recepción de pulsos acústicos, determinar la profundidad del punto sobre el que se navega, a razón de varios puntos por segundo. Con un equipo GPS instalado en la embarcación se obtienen las posiciones de dichos puntos.- Batimetria multihaz: se realiza una planificación previa en la que se distribuyen una serie de líneas de muestreo paralelas a la costa, equidistantes entre 5 y 100 m que varían, en un mismo estudio, según la profundidad aproximada (mayor equidistancia a mayor profundidad) y limitadas a la zona marina de estudio. En campo se recorren las líneas de muestreo con una embarcación adaptada. Esta tecnología permite, mediante un haz de varios pulsos acústicos, determinar la profundidad de un abanico de puntos alineados con la perpendicular a la línea de crujía, a razón de varios barridos por segundo. Con un sistema GPS-unidad de movimiento inercial instalado en la embarcación, se obtiene la posición precisa de dichos puntos. <p>Ambos sistemas están dotados con una herramienta de navegación que permite cargar un mapa con la planificación de la campaña y visualizar sobre este la posición de la embarcación en todo momento.</p> <p>El trabajo de gabinete se centra en analizar, filtrar y por último fusionar los datos de topografía y batimetria obtenidos en campo para construir un modelo del terreno compacto, a partir del cual se obtienen las maquetas de representación del terreno.</p> <p>La profundidad de 1,5 m es orientativa y se basa en la profundidad máxima a la que puede llegar un técnico de campo para realizar la captura de datos sin necesidad de nadar y, a la vez, se basa también en la profundidad que permite el acceso de la embarcación a la zona, teniendo en cuenta su calado. Coordinando la toma de mediciones según las puntas de marea (baja para topografía y alta para batimetria) se asegura el solape de ambas zonas de captura.</p>
Tipo de resultados y presentación	<p>Los resultados deben presentarse en un conjunto de planos los cuales deben ser como mínimo:</p> <ul style="list-style-type: none">- Plano de situación.- Plano del curvado de la zona de estudio con escalas y equidistancias reguladas por la precisión del levantamiento. Las escalas varían entre 1:1.000 (para obras marítimas) a 1:250.000 (batimetrías abisales).

	<ul style="list-style-type: none"> - Plano del modelo digital del terreno en 2D en escala de colores para diferenciar las cotas. <p>Es posible adjuntar un informe con todas las consideraciones a tener en cuenta, así como resultados numéricos, y metodologías empleadas.</p>
Estimación de tiempo de desarrollo	<p>Las ratios de tiempo dependen del tamaño y morfología del área estudiada. De forma general, para una zona de dificultad media, el tiempo necesario para realizar un estudio en campo es de 15 ha. Por jornada en topografía, 40 ha/jornada de batimetría monohaz o 22 ha/jornada de batimetría multihaz. Por otra parte, el tiempo dedicado en gabinete es de 1 jornada por jornada de campo, tanto en topografía como en batimetría monohaz y de 1,5 jornadas por jornada de campo en batimetría multihaz.</p>
Ventajas o limitaciones de la metodología	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Método estandarizado utilizado ampliamente. - Equipos fácilmente disponibles. - Gran precisión y cobertura total con el sistema multihaz. - Visualización espacial del terreno con el sistema multihaz. - Rapidez de ejecución con el sistema monohaz. - Fiabilidad de los datos contrastada y gran veracidad en la definición del terreno con el sistema multihaz. - Prácticamente, único método para la realización de estudios del relieve combinados con ambientes marítimo-terrestres. <p>Limitaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Requiere dos equipos diferenciados, uno por tierra y otro por mar. - La precisión en la batimetría es relativa al estado de la mar. Se requieren condiciones meteorológicas favorables. - El sistema multihaz requiere de una combinación compleja de equipos de compensación, lo que hace más complicado la gestión de los trabajos en campo. - Posproceso en gabinete lento, sobre todo en el caso de la multihaz.

Consideraciones	<p>Es necesaria una revisión exhaustiva de los equipos antes de la realización del trabajo, llevando un buen mantenimiento y puesta a punto de los equipos y programas. No se deben realizar los trabajos en condiciones meteorológicas adversas.</p> <p>Los trabajos deben ser realizados por un técnico especializado.</p>
Fuentes comunes de error	<p>Fallos del sistema debido a la complejidad de este.</p> <p>Condiciones meteorológicas no favorables. Morfología compleja del terreno.</p> <p>Filtrado de datos erróneos en gabinete por mala interpretación del terreno.</p>
Equipos requeridos / material de apoyo	<p>Embarcación adaptada.</p> <p>Equipo GPS con sistema RTK (del inglés, <i>Real Time Kinematic</i>) con correcciones recibidas de una estación GPS base, que permite medidas en tiempo real con precisiones de hasta 2 cm (tanto para topografía como batimetría).</p> <p>Ecosonda monohaz (biomonofrecuencia) o multihaz para la captura de datos batimétricos.</p> <p>Unidad de movimiento inercial (IMU) para la compensación de los movimientos derivados de la navegación en la determinación de la posición para estudios batimétricos multihaz.</p> <p>Giróscopo o en su defecto sistema de GPS para la determinación de la línea real de derrota para estudios batimétricos multihaz.</p> <p>Equipos y software informático para la captura y procesado de datos.</p>
Referencias bibliográficas	<p>Esteban, V., Aguilar, J., Serra, J. & J.R. Medina. 1995. Levantamientos y seguimientos topo-batimétricos en ingeniería de costas. Universidad Politécnica de Valencia.</p> <p>IHO. 2012. Standards and Specifications S-4: Regulations for International (INT) Charts and Chart Specifications of the IHO.</p> <p>NOAA. 2012. Hydrographic Surveys Specifications and Deliverables.</p> <p>SHOA. 2003. Instrucciones Hidrográficas Nº5. Especificaciones Técnicas para la Ejecución de Sondajes, Pub. 3106.</p>

Fuente: elaboración propia

Tabla 31. Análisis de la dinámica sedimentaria local

Nombre del método	Análisis de la dinámica sedimentaria local
Tipo de método	Gabinete.
Descripción del método	<p>Este método elabora estimaciones de la tasa media de transporte sedimentario. Para ello, se utilizan formulaciones teóricas del transporte sólido potencial que requieren de datos sobre el régimen de oleaje y corrientes en aguas someras de la zona de estudio.</p> <p>Este análisis se realiza mediante estudios de deriva litoral, con una frecuencia anual, a través de una modelación numérica.</p> <p>Se realiza para la predicción de impactos por obras, por ejemplo, elementos de protección costera, espigones, puertos u otros.</p> <p>La modelación de la dinámica sedimentaria local permite predecir impactos sobre el fondo y biota marina.</p>
Método apto para un levantamiento exhaustivo/normal	Exhaustivo o normal en función del alcance del proyecto (en función de los parámetros de análisis, la interpolación, las condiciones de contorno que se le asignen, entre otros).
Variables cuantitativas	<p>Transporte por metro lineal ($m^3/s/m$).</p> <p>Tasa media anual de transporte ($m^3/año/m$).</p>
Variables cualitativas	No aplica.
Procedimiento	<p>Para la modelación de la dinámica sedimentaria local primero se necesita realizar un análisis detallado de los factores que afectan al movimiento de los sedimentos, es decir, el oleaje y las corrientes. El régimen de oleaje en la zona de estudio determina la puesta en movimiento del material, mientras que las corrientes marcan la dirección de transporte. Por lo tanto, primero se caracteriza el clima marítimo y las corrientes de la zona de estudio. Hay que tener en cuenta que tanto los datos obtenidos del régimen de oleaje como las corrientes tienen que ser propagadas a aguas someras.</p> <p>El cálculo del transporte sólido longitudinal en la costa puede ser obtenido a partir de diversos métodos. Los métodos más utilizados son cálculos teóricos, que permiten desarrollar modelos sobre la dinámica sedimentaria de la zona de estudio.</p> <p>Estos cálculos teóricos se desarrollan con formulaciones teóricas del transporte sólido potencial, en las cuales se utilizan los datos estimados del régimen de oleaje y corrientes en aguas costeras, y se obtienen datos como el transporte por metro lineal o la tasa media anual de transporte.</p>

	<p>Cabe destacar que existen también otros métodos de cálculo de transporte sólido longitudinal de la costa que, combinados con los cálculos teóricos, ayudan a validar o calibrar el modelo y, por lo tanto, se obtienen resultados con más exactitud en cuanto a la tasa media de transporte sedimentario en la zona de estudio y en futuros escenarios.</p> <p>Un ejemplo de ello son las medidas <i>in situ</i>, en las que se pueden utilizar técnicas como los trazadores de arena fluorescentes distribuidas en la playa o mediante trampas instantáneas.</p> <p>Otro método para obtener el transporte litoral es mediante evidencias morfológicas de la costa. La construcción de estructuras en el litoral, como diques de puertos, espigones, entre otros, normalmente genera una acumulación de la arena costa arriba, cuyo volumen se puede obtener mediante la resta de campañas batimétricas llevadas a cabo en diferentes instantes.</p>
Tipo de resultados y presentación	<p>Determinación del transporte por metro lineal y la tasa de transporte medio anual.</p> <p>También se pueden desarrollar figuras gráficas de transporte (situación actual y futura), y planos donde se representan los resultados de las modelaciones utilizando escalas de colores para su mejor comprensión.</p>
Ventajas o limitaciones de la metodología	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none">- Métodos en continuo desarrollo y mejora.- Proporcionan estimaciones fiables, que permiten ajustar los efectos sobre variables hidrodinámicas a largo plazo.- Permite el análisis de múltiples condiciones, sin suponer un gran esfuerzo añadido. <p>Limitaciones:</p> <ul style="list-style-type: none">- Se trata de modelos matemáticos, y siempre que sea posible será necesario contrastar sus resultados con medidas <i>in situ</i>.- Sus resultados dependen de los parámetros que se introduzcan y, si a largo plazo, estos varían, es necesario realizar un recálculo de los escenarios planteados.- Requiere de un elevado conocimiento del software de modelación, así como de personal especializado capaz de realizar una correcta interpretación de los resultados.

Consideraciones	<p>Dado que se trata de una parcela de conocimiento muy dinámica, en la que se introducen muchas mejoras y novedades, el responsable del estudio debe asegurarse de estar utilizando el <i>software</i> de modelación más adecuado en cada momento y para cada tipología de proyecto objeto de análisis. En este sentido, se recomienda consultar los organismos de investigación e instituciones sectoriales expertos en la materia antes de realizar la modelación.</p> <p>Deben utilizarse modelos y formulaciones adaptadas y validadas, en términos de sus capacidades para representar los procesos involucrados, así como, en términos de su utilidad práctica como herramientas predictivas para estudiar casos concretamente en las regiones objeto de estudio.</p>
Fuentes comunes de error	<p>Incorrecta introducción de los parámetros de base.</p> <p>Inadecuado uso del programa por desconocimiento o insuficiente transferencia de conocimiento.</p>
Equipos requeridos / material de apoyo	<p><i>Software</i> especializado.</p> <p>Profesional especializado.</p> <p>Datos fiables de origen.</p>
Referencias bibliográficas	<p>Booij, N., Ris, R.C. & L.H. Holthuijsen. 1999. A Third-Generation Wave Model for Coastal Regions, Part I: Model Description and Validation. <i>Journal of Geophysical Research</i>, 104(C4), pp 7649-7666. doi: 10.1029/98JC026222.</p> <p>Caires, S. & A. Sterl. 2003. Validation of Ocean Wind and Wave Data Using Triple Collocation. <i>Journal of Geophysical Research</i>, 108(C3), pp 3098. doi: 10.1029/2002JC001491.</p> <p>Camus, P., Méndez, F.J. & R. Medina. 2011. A Hybrid Efficient Method to Downscale Wave Climate to Coastal Areas. <i>Coastal Engineering</i>, Vol 58, Issue 9, pp 851-862, doi: 10.1016/j.coastaleng.2011.05.007.</p> <p>Franke, R. 1982. Scattered Data Interpolation: Test of Some Methods. <i>Mathematical Comparative</i> 38, pp 181-200.</p> <p>Hjulstrøm, F. 1935. Studies of the morphological activity of rivers as illustrated by the River Fyris. <i>Bulletin of the Geological Institute, University of Uppsala</i>, 25, 221-527.</p>

	<p>Hjulstrøm, F. 1939. Transportation of debris by moving water, in Trask, P.D., ed., Recent Marine Sediments. A Symposium: Tulsa, Oklahoma, American Association of Petroleum Geologists, 5-31.</p> <p>Holthuijsen, L.H., Herman, A. & N. Booij. 2003. Phase-decoupled Refraction-diffraction for Spectral Wave Models, Coastal Engineering, 49, 291-305.</p> <p>Komen, G. J., Cavaleri, L., Donelan, M.A., Hasselmann, K., Hasselmann, S. & P.A. Janssen. 1994. Dynamics and Modelling of Ocean Waves. Cambridge University Press.</p> <p>Rippa, S. 1999. An Algorithm for Selecting a Good Value for the Parameter c in Radial Basis Function Interpolation. Adv. Comput. Math. 11, pp 193-210.</p> <p>Soulsby, R. 1997. Dynamics of marine sands. Ed. Thomas Talford.</p>
--	---

Fuente: elaboración propia



ANEXOS

ANEXO 1

Glosario

Acciones: son aquellas realizadas tanto por los trabajadores como por la maquinaria, en la fase de construcción, operación y cierre de un proyecto, incluyendo en ello la acción de transporte a través de diferentes medios.

Aguas interiores: son aquellas aguas situadas hacia el interior de las líneas de base, incluyendo las ubicadas dentro del territorio terrestre. El Estado ribereño es soberano absoluto de las mismas.

Alta Mar: es aquella parte de los océanos y mares abiertos al uso común de todas las naciones, sean ribereños o sin litoral, en donde ningún estado podrá pretender legítimamente ejercer su soberanía. Se ubica más allá de la ZEE. Ella comprende no solo la superficie del mar, sino también la columna de agua, el suelo y el subsuelo marino, que a su vez están sujetos en lo relativo a los recursos al régimen del patrimonio común de la humanidad.

Área de influencia (AI)¹²: área o espacio geográfico, cuyos atributos, elementos naturales o socioculturales deben ser considerados con la finalidad de definir si el proyecto o actividad genera o presenta alguno de los Efectos, Características o Circunstancias del artículo 11 de la Ley, o bien para justificar la inexistencia de dichos Efectos, Características o Circunstancias.

Área de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB): es un régimen de acceso a derechos de explotación única para organizaciones de pescadores artesanales, mediante un plan de manejo y explotación basado en la conservación de los recursos bentónicos (invertebrados bentónicos y algas) presentes en sectores geográficos previamente delimitados.

Área Marina Costera Protegida De Múltiples Usos (AMCP-MU)¹³: corresponde al espacio que incluye porciones de agua y fondo marino, rocas, playas, terrenos de playas fiscales, flora y fauna, recursos históricos y culturales que la ley u otros medios eficientes colocan en reserva para proteger todo o parte del medio así delimitado. Este tipo de área se usa a nivel mundial para conservar la biodiversidad, proteger las especies marinas en peligro, reducir los conflictos de uso, generar instancias de investigación y educación y desarrollar actividades comerciales y recreativas. Asimismo, otro objetivo de estas áreas es la conservación del patrimonio histórico-cultural marino y costero de las comunidades que la habitan para el desarrollo sostenible del turismo, la pesca y la recreación.

Área Marina Protegida (AMP): aquellos espacios que incluyen porciones de agua y fondo marino, rocas,

¹² Ref. literal a) del artículo 2º, del Decreto Supremo N°40, de 2012, del Ministerio del Medio Ambiente.

¹³ MMA, 2018b. [Cartilla AMCP-MU](#).

playas y terrenos de playa fiscales, flora y fauna, recursos históricos y culturales que la ley u otros medios eficientes colocan en reserva para proteger todo.

Atributos: son las cualidades o propiedades de un determinado componente ambiental o de un elemento del medio ambiente.

Batimetría¹⁴: medida y cálculo de las profundidades de los cuerpos de agua, especialmente los mares.

Bentónico: organismos marinos que viven asociados al sustrato del fondo, ya sea enterrados, sobre él, o que se desplazan o habitan en sus inmediaciones.

Biodiversidad o diversidad biológica¹⁵: es una amplia variedad de organismos vivos, que forman parte de todos los ecosistemas terrestres y acuáticos. Incluye la diversidad dentro de una misma especie, entre especies y entre ecosistemas.

Biomasa: es la cantidad en peso de organismos biológicos vivos en un área o ecosistema dado en un momento dado. La biomasa puede referirse a especies, que es la masa de una o más especies, o a la biomasa comunitaria, que es la masa de todas las especies de la comunidad. Puede incluir microorganismos, plantas o animales. La masa se puede expresar como la masa promedio por unidad de área, o como la masa total en la comunidad.

Borde litoral: es el sector de contacto entre el sistema terrestre y el sistema marino. La transición entre estos dos ambientes se produce en las aguas poco profundas de la orilla, lugar en donde se inicien los fenómenos costeros, con la mezcla, separación y transporte de los sedimentos y de las aguas que escurren desde la tierra.

Cadena trófica: son representaciones lineales del traspaso de energía y materia a lo largo de varios niveles de alimentación. Cada nivel trófico está compuesto por organismos que obtienen su energía de una misma manera. Así, normalmente el primer eslabón son los productores primarios (plantas, algas), el segundo está compuesto por los consumidores primarios (herbívoros), el tercero por los consumidores terciarios (carnívoro sobre herbívoro) y el último los consumidores terciarios (carnívoros sobre carnívoros).

Componente ambiental: elementos del medio ambiente con características físicas, químicas, biológicas o socioculturales, que pueden tener un origen natural o artificial, y que cambian e interactúan, condicionando la vida de los ecosistemas. Para efectos del SEIA estos componentes permiten describir el área de influencia de un proyecto, los cuales se encuentran listados en el literal e) del artículo 18 del Reglamento del SEIA, exceptuando el literal e.11).

¹⁴ Morales et al. (2020).

¹⁵ Ref. artículo 2 Ley N°19.300

Declaración de Impacto Ambiental (DIA)¹⁶: documento descriptivo de una actividad o proyecto que se pretende realizar, o de las modificaciones que se le introducirán, otorgado bajo juramento por el respectivo titular, cuyo contenido permite al organismo competente evaluar si su impacto ambiental se ajusta a las normas ambientales vigentes.

Ecosistema marino vulnerable: unidad natural conformada por estructuras geológicas frágiles, poblaciones o comunidades de invertebrados de baja productividad biológica, que ante perturbaciones antrópicas son de lenta o escasa recuperación, tales como en montes submarinos, fuentes hidrotermales, formaciones coralinas de agua fría o cañones submarinos. (Ley N°20.657, incorpora numeral 68).

Ecosistema: corresponde a uno de los niveles de organización de la biodiversidad. Referido al complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y microorganismos y su medio no viviente, que interactúan como una unidad funcional¹⁷.

Ecotono: los ecotonos son áreas de transición producidas por gradientes ambientales como cambio de sustrato, salinidad o disponibilidad de agua (por mencionar algunos), entre comunidades, ecosistemas o regiones ecológicas.

Efecto sinérgico: el artículo 2º letra h) bis de la Ley N°19.300, define como efecto sinérgico aquel que se produce cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varios agentes supone una incidencia ambiental mayor que el efecto suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente (Ley N°20.417).

Emisario submarino: se entenderá por emisario submarino a toda forma de ducto destinado a descargar en forma submarina a cuerpos de aguas marinas costeras hasta las 12 millas náuticas, los efluentes provenientes de plantas de desalinización. Estos sistemas de disposición aprovechan la capacidad natural del medio marino, para diluir, asimilar y transformar los efluentes.

Epibentónico: fauna y flora que viven en el fondo marino entre el nivel de la marea baja y una profundidad de 200 m.

Epifauna: el conjunto de organismos que viven sobre el fondo acuático. Estos organismos pueden vivir sobre el sedimento arenoso o sobre suelo rocoso duro. Algunos viven anclados al suelo, mientras que otros se desplazan sobre él. Ejemplos de epifauna serían ciertos grupos de moluscos bivalvos y gasterópodos, algunos crustáceos, o los corales y estrellas de mar.

Especie bioindicadora: organismos que contienen parte de la información ambiental que los rodea, puede tratarse de una especie animal o vegetal (o un grupo de especies) que refleja el estado abiótico o biótico del medio ambiente, representa el impacto de los cambios ambientales en un hábitat, comunidad o ecosistemas, o indica la diversidad de otras especies.

¹⁶ Ref. literal f) del artículo 2º, de la Ley N°19.300, de 1994, del Ministerio del Medio Ambiente

¹⁷ Ref. artículo 2, Convención sobre la Diversidad Biológica.

Especie exótica invasora (EEI): el término invasora no tiene una definición estándar. Esto es interpretado algunas veces con el término plaga o maleza, que puede aplicarse a especies introducidas que comienzan a establecerse en ecosistemas o hábitats naturales o seminaturales formando poblaciones autosostenibles; son agentes de cambio, amenazando la biodiversidad biológica. El común denominador es a menudo el concepto de impacto negativo en forma de daño causado sobre las especies residentes en el sitio, ecosistema o la salud humana (con daños económicos y ambientales).

Especie exótica o introducida: especie, subespecie, taxón inferior o híbridos obtenidos por métodos tradicionales, que se encuentran fuera de su área de distribución natural (pasada o presente); incluye cualquier parte, gametos o propágulos que pueden sobrevivir y luego reproducirse con potencial de distribución fuera del área que ocupa naturalmente o que no pudiera ocupar sin introducción directa o cuidado por parte del hombre. Son sinónimos exótica, alóctona, foránea, no nativa y exógena.

Especie naturalizada o asilvestrada: aquella que se encuentra en poblaciones autosostenibles, pero aparentemente no causa daño a especies, ecosistemas o a la economía humana. Otros autores la denominan como especies presentes que se han reproducido en los últimos 30 años, o en los últimos diez años o, al menos, en dos años consecutivos. Son sinónimos: establecida y aclimatada.

Estado: el estado del medio ambiente es la combinación de las condiciones físicas, químicas y biológicas. Como consecuencia de las presiones, el estado del medio ambiente se ve afectado, es decir, la calidad de los distintos compartimentos ambientales (aire, agua, suelo, entre otros) en relación con las funciones que estos compartimentos cumplen.

Estudio de Impacto Ambiental (EIA)¹⁸: documento que describe pormenorizadamente las características de un proyecto o actividad que se pretenda llevar a cabo o su modificación. Debe proporcionar antecedentes fundados para la predicción, identificación e interpretación de su impacto ambiental y describir la o las acciones que ejecutará para impedir o minimizar sus efectos significativamente adversos.

Extracción, explotación, intervención y uso de recursos naturales: conjunto de los componentes de la naturaleza susceptibles de ser aprovechados por el ser humano, mediante diversas acciones o actividades, para la satisfacción de sus necesidades y que tengan un valor actual o potencial.

Factores generadores de impacto (FGI): se entenderán como aquellos capaces de generar impactos ambientales tales como las partes, obras y acciones de un proyecto o actividad, en consideración a su localización y temporalidad, así como sus emisiones, efluentes, residuos, explotación, extracción, uso o intervención de recursos naturales, mano de obra, suministros o insumos básicos y productos y servicios generados, según correspondan.

¹⁸ Ref. literal i) del artículo 2º, de la Ley N°19.300, de 1994, del Ministerio del Medio Ambiente

Fondo marino¹⁹: superficie sólida debajo del agua del mar. El fondo puede ser de tipo; a) Fondo blando: formado por material granular no cohesionado, poroso, cuyas partículas exhiben relación de movimiento entre sí, como gravas, arenas y fangos, b) Fondo duro: formado por roca consolidada, sólida, ausente de partículas que exhiban movimiento, c) Fondo semiduro: compuesto por material granular cohesionado, cuyas partículas no se mueven entre sí, como tertel o laja, o formado por fragmentos de roca sólida mayores a 254 mm, no móviles bajo condiciones de corrientes normales, como bolones o huevillos o d) Fondo o substrato mixto: heterogéneo, que no permite ser clasificado en un tipo de sustrato en particular.

Formato Darwin Core: es un estándar diseñado con el propósito de crear un lenguaje común para publicar y documentar datos sobre registros biológicos (observaciones o ejemplares de colección), listas de especies y catálogos taxonómicos. Los registros de especies marinas son documentados en la plataforma *Ocean Biodiversity Information System* (OBIS). Darwin Core es mantenido por TDWG (*Biodiversity Information Standards*, conocido formalmente como *Taxonomic Databases Working Group*).

Impacto ambiental²⁰: alteración del medio ambiente provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada.

Impactos ambientales significativos: aquellos impactos ambientales que generen o presenten alguno de los Efectos, Características o Circunstancias del artículo 11 de la Ley N°19.300, conforme a lo establecido en el Título II del Reglamento del SEIA.

Infrafauna: también llamada endofauna (ambos términos son sinónimos, pero infrafauna es más utilizado y exacto), es la comunidad de organismos bentónicos que viven enterrados en el sedimento de los fondos acuáticos. Ejemplos: muchos protozoos, bacterias y microalgas, algunos grupos de moluscos, muchos tipos de anélidos y de platelmintos, crustáceos copépodos, entre otros.

Intermareal²¹: zona de transición entre el ambiente marino y terrestre comprendida entre los límites definidos por la altura mínima y máxima de la marea en un lugar dado, y que diariamente experimenta repetidos períodos de emersión e inmersión.

Localización: se refiere al lugar geográfico donde se establecen las partes y obras, y donde se ejecutan las acciones, lo cual determina con qué OP interactúa el proyecto.

Mar Presencial: es aquella parte de la alta mar, existente para la comunidad internacional entre el límite de nuestra zona económica exclusiva continental y el meridiano que, pasando por el borde occidental de la plataforma continental de la Isla de Pascua, se prolonga desde el paralelo del hito N°1 de la línea fronteriza internacional que separa Chile y Perú, hasta el Polo Sur (Art. 2º, Ley N°19.080).

¹⁹ Proyecto FIPA 2019-09.

²⁰ Ref. literal k) del artículo 2º, de la Ley N°19.300, de 1994, del Ministerio del Medio Ambiente

²¹ Proyecto FIPA 2019-09.

Mar Territorial: es una zona que tiene una extensión de 12 millas marinas, medidas desde la línea de base. El estado ejerce plena soberanía.

Marea: son ondas de largo período producto de la fuerza gravitacional del sol y la luna, que se originan en el océano y avanzan hacia la costa. El efecto inmediato es el ascenso o descenso de la superficie del océano.

Mareas de cuadratura: también llamadas mareas muertas, ocurren cuando la luna y el sol forman un ángulo de 90° con centro en la tierra, la luna se encuentra en cuarto creciente o menguante. En este caso las fuerzas de atracción se restan por lo que la mayor atracción de la luna se ve disminuida por efecto de la del sol y se producen mareas de menor magnitud a las mareas promedio.

Mareas de sicigia: cuando la posición de los tres astros, Sol, Luna, Tierra se encuentran sobre una misma línea se suman las fuerzas de atracción de la Luna y el Sol, por lo que se producen las pleamaras de mayor valor y en consecuencia las bajamaras son más bajas que las promedio.

Maricultura: o acuicultura de organismos marinos en jaulas en mar abierto, en una sección cerrada del océano, o en estanques o canales que se llenan con agua de mar.

Materia orgánica disuelta (MOD): es la fracción de la materia orgánica menor a 0.45μm, la cual juega un rol principal y significativo en la dinámica e interacción de nutrientes e incluso contaminantes en sedimentos, y funciones microbianas. Es uno de los principales actores en el ciclo de carbono.

Materia orgánica particulada (MOP): es la fracción de la materia orgánica gruesa cuyo tamaño oscila entre los 0.53μm y los 2mm. Está formada principalmente por detritos en descomposición, y sirve como fuente de alimento para estados larvales de organismos marinos. Su principal rol es la participación en los ciclos biogeoquímicos marinos.

Medida de compensación: mecanismo contemplado en la regulación del SEIA y que, de acuerdo con Reglamento del SEIA, pueden ser aplicadas para los casos en que no sea posible mitigar o reparar un impacto significativo.

Medida de reparación: referido al artículo 99 del Reglamento del SEIA, tienen por finalidad reponer uno o más de los componentes o elementos del medio ambiente a una calidad similar a la que tenían con anterioridad al impacto sobre dicho componente o elemento o, en caso de no ser ello posible, restablecer sus propiedades básicas. Se realiza en el área de influencia del proyecto.

Medio ambiente²²: el sistema global constituido por elementos naturales o artificiales de naturaleza física, química o biológica, socioculturales y sus interacciones, en permanente modificación por la acción humana o natural y que rige y condiciona la existencia y desarrollo de la vida en sus múltiples manifestaciones.

²² Ref. literal II) del artículo 2º, de la Ley N°19.300, de 1994, del Ministerio del Medio Ambiente

Medio físico: uno de los componentes del AI es el medio físico²³, que considera aspectos tales como la batimetría, corrientes, mareas, oleaje, calidad de aguas y sedimentos. Para predecir y evaluar los impactos de un proyecto en el ecosistema marino es necesario referirse a estos atributos.

Mesobentónico: la fauna y la flora del fondo marino entre 200 y 1000 metros de profundidad

Normativa ambiental aplicable: son aquellas normas cuyo objetivo es asegurar la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental, e imponen una obligación o exigencia cuyo cumplimiento debe ser acreditado por el titular del proyecto o actividad durante el proceso de evaluación ambiental, y durante toda la ejecución del proyecto.

En términos generales, se refiere a la normativa que aplica a todo tipo de proyecto o actividad presentado al SEIA, por ejemplo: la Ley N°19.300 y el Reglamento del SEIA, normativa nacional o local (normativa municipal). Asimismo, esta puede clasificarse por materia, es decir, aplica exclusivamente a algún tipo de componente ambiental (aire, agua, suelo, flora, fauna, arqueología, entre otros) o a alguna tipología de proyecto (proyectos eólicos, mineros, inmobiliarios, entre otros).

Norma secundaria de calidad ambiental (NSCA): aquella que establece los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos permisibles de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la protección o la conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza.

Objeto de protección (OP): elemento o componente del medio ambiente que el legislador busca proteger, ya sea a través de una norma de carácter ambiental, un permiso ambiental sectorial o la creación de un área protegida, y que para efectos del SEIA se pretende proteger de los impactos ambientales que pueda generar la ejecución de un proyecto o actividad. Los componentes ambientales que configuran objeto de protección del SEIA se desprenden del artículo 11 de la Ley N°19.300.

Obras: se entiende como toda infraestructura construida de un proyecto o actividad, ya sea para un uso temporal o permanente.

Olas de mar de fondo: oleaje característico de la costa chilena que se propaga desde la zona Austral hasta el Ecuador, presentando diferencias marcadas entre cada región.

Parque marino: es un área destinada a preservar unidades ecológicas de alto interés para la ciencia y como patrimonio natural, cautelando la mantención y diversidad de especies hidrobiológicas objetivo, y aquellas asociadas a su hábitat. Todo Parque contará con un Plan General de Administración. En ellos no podrá efectuarse ninguna actividad, salvo aquellas que se autoricen con propósitos de observación e investigación.

²³ Ref. letra e.1 del artículo 18 del Reglamento del SEIA.

Partes: se entiende como una unidad que es constituyente de un proyecto o actividad, que contiene en sí misma diferentes acciones u obras.

Pérdida de biodiversidad: impacto residual a la biodiversidad en el área de influencia del proyecto, expresado en cambios negativos en los componentes de la biodiversidad, los cuales desaparecen o pierden significativamente sus características de composición, estructura o funcionamiento por la implementación del proyecto de inversión.

Plancton²⁴: nombre colectivo que se da a un conjunto de organismos, vegetales y animales, que se hallan flotando a la deriva en los grandes cuerpos de agua.

Plataforma continental: corresponde a la zona sumergida de suave pendiente del margen continental, constituida por corteza continental y corresponde a una extensión inundada de los continentes. Se extiende desde la línea de costa hasta una profundidad media de 130 metros, en donde se inicia el talud continental.

Presiones: es cualquier acción, o hecho que sea de origen natural (volcanes, maremotos y otros) o de origen humano (industria, extractivismo), que genere impacto directo o indirectamente sobre el medio ambiente.

Relaciones intraespecíficas: en un ecosistema son las relaciones que se dan entre individuos de la misma especie.

Recurso hidrobiológico²⁵: especies hidrobiológicas susceptibles de ser aprovechadas por el hombre.

Reserva marina: es un área de conservación de recursos hidrobiológicos, cuyo objeto es proteger zonas de reproducción y hábitat de especies clave para la actividad económica de las regiones y del país. Toda Reserva contará con un Plan General de Administración. En ellas solo podrán efectuarse actividades según su Plan General de Administración, y solo podrán autorizar actividades con propósitos de observación, investigación, y extractivas autorizadas por períodos transitorios.

Sedimento²⁶: agregado no consolidado formado por medio de uno o más procesos fundamentales de la sedimentación. Por su origen pueden ser endógenos o químicos, exógenos o clásticos. Por su composición pueden ser silíceos, arcillosos, feldespáticos, orgánicos, entre otros. Su ambiente es continental (fluvial, lacustre, glacial, eólico) o marino (nerítico, batial, abisal).

Servicios ecosistémicos (SSEE)²⁷: los ecosistemas del país y sus especies nativas proveen importantes servicios, los que son aprovechados de distintas maneras por la sociedad, siendo la base de su bienestar.

24 Morales *et al.* (2020).

25 Ref. numeral 36 del artículo 2º, del D.S. N°430, de 1991, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción.

26 Morales *et al.* (2020).

27 Ref. Estrategia Nacional de Biodiversidad 2017 - 2030 (MMA - PNUD - GEF, 2018).

El propio desarrollo económico de nuestro país se basa en gran medida en la extracción y exportación de recursos naturales y biodiversidad y en el aprovechamiento de los servicios ecosistémicos que ellos brindan.

Submareal²⁸: zona totalmente sumergida en el ambiente marino, comprendida entre los límites definidos por la altura mínima y máxima de la marea en un lugar dado.

Supramareal²⁹: zona de transición por sobre la zona intermareal, caracterizado por permanecer siempre expuesto. Amplitud varía dependiendo del oleaje, ya que el ecosistema recibe humedad por aspersión o vaporización de las olas o *spray* marino.

Talud continental: zona de fuerte pendiente del margen continental que se extiende desde el borde de la plataforma continental hasta el piso oceánico profundo.

Temporalidad: relaciona el cuándo y por cuánto tiempo se realizan las acciones de un proyecto, así como la permanencia en el tiempo de sus obras, lo cual permite analizar el estado en que se encuentran los OP en tal momento, en particular aquellos con un comportamiento dinámico.

Tiempo de residencia: en un determinado cuerpo de agua se define como el periodo promedio de tiempo que el agua se mantiene dentro de él. Es un indicativo de la renovación de las aguas dentro de la bahía y permite comprender mejor el comportamiento hidrodinámico y el impacto de los contaminantes que son vertidos dentro de ella.

Translocación: se refiere al movimiento de organismos vivientes de un área a otra, donde son liberados. También definido como el movimiento de individuos o poblaciones silvestres de una parte de su rango a otra.

Zona Contigua: corresponde a la porción de mar que se encuentra entre el Mar Territorial y la Zona Económica Exclusiva, su límite se encuentra a las 24 millas medidas desde la línea de base.

Zona Económica Exclusiva (ZEE): es un espacio situado fuera del mar territorial que se extiende hasta las 200 millas marinas donde solo el país soberano puede explorar y explotar los recursos marinos.

²⁸ Proyecto FIPA 2019-09.

²⁹ Proyecto FIPA 2019-09.

ANEXO 2

Bibliografía

Alveal, K. & H. Romo. 1995. Estudios Zonacionales. En: Manual de Métodos Ficológicos. Alveal, K.; Ferrario, M.E.; Oliveira, E.C. y E. Sar (Editores). pp. 611-641.

Antarctic Marine Life (AAP). 2009. Census of antarctic marine life. Australian Antarctic Program. Disponible en el sitio web [Census of Antarctic Marine Life - Australian Antarctic Program \(News 2009\) \(antarctica.gov.au\)](http://www.aad.gov.au/antarctica/science/research/antarctic-marine-life/)

Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P., Laake, J.L., Borchers, D.L. & L. Thomas. 2001. Introduction to Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations. Oxford University Press, New York.

DFO-MPO. 2014. Fisheries and Oceans Canada. Maritimes Region. Disponible en el sitio web [Maritimes Region | Maritimes Region - Dev \(dfo-mpo.gc.ca\)](http://www.dfo-mpo.gc.ca/regions/maritimes/index_e.asp)

Di Mauro, R., Capitanio, F. & M.D. Viñas. 2009. Capture Efficiency for Small Dominant Mesozooplankters (Copepoda, Appendicularia) off Buenos Aires Province (34°S-41°S), Argentine Sea, Using Two Plankton Mesh Sizes. Brazilian Journ. Oceanogr., 57: 205-214.

Downing, J.A. & F.H. Rigler. 1984. A Manual on Methods for the Assessment of Secondary Productivity in Fresh Waters (2º Edición). Blackwell Scientific Publications, Oxford.

Emery, K. 1961. A Simple Method of Measuring Beach Profiles. Limnology and Oceanography, 6(1): 90-93.

FIP. 2005. Pre-informe Final. Validación de la metodología de evaluación de bancos naturales de recursos hidrobiológicos y praderas de algas. Universidad Austral de Chile - Consultora Pupelde. Proyecto FIP Nº2005-14. 184 pp.

Frontier, S. 1969. Sur une méthode d'analyse faunistique rapide du zooplancton. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 3: 18-26.

Frontier, S. 1981. Cálculo del Error en el Recuento de Organismos Zooplanctónicos. Atlas del Zooplancton del Atlántico Sudoccidental y Métodos de Trabajo con el Zooplancton Marino. Publicación, Mar del Plata, Argentina. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (Inidep) (1981).163-167 pp.

Jirka, G. & P. Akar. 1991. Hydrodynamic Classification of Submerged Multiport-Diffuser Discharges. Technical Papers. 117-9: 1113-1128.

Komdeur, J., Bertelsen, J. & G. Cracknell. 1992. Manual for Aeroplane and Ship Surveys of Waterfowl and

Seabirds. IWRB Spec. Publ. 19, Slimbridge, UK, 37 pp.

Kramer D., Kalin M.J., Steven E.G., Threlkell J.R. & J.R. Zweifel. 1972. Collecting and Processing Data on Fish Eggs and Larvae in the California Currentregion. NOAA Tech. Rep. NMFS Circ. 370.

Lund, J.W., Kipling, G.C. & E.D. Le Cren. 1958. The Inverted Microscope Method of Estimating Algal Numbers and the Statistical Basis of Estimation by Counting. Hydrobiologia, Vol. 11, Issue 2, pp 143-170.

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). 2018. Área Marina Costera Protegida de Múltiples usos (AMCP-MU). Pitipalena - Añihue. 16 pp. [Cartilla AMCP-MU](#).

Morales, E., Winckler, P. & M. Herrera. 2020. Costas de Chile. Medio Natural, Cambio Climático, Ingeniería Oceánica, Gestión Costera. Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile. Valparaíso: 182 pp.

Nixon, D., Salgado-Garcia, S., Gurusamy, S. & F. Rodriguez. 2017. An overview of the Mexican Crop Observation, Management and Production Analysis Services System (COMPASS) Project. Conference Paper. 10 pp.

NOAA. 2019. NOAA Teacher at Sea. Disponible en el sitio web [zooplankton – NOAA Teacher at Sea Blog](#)

Proyecto FIPA.2019-09. Guía Metodológica y de Protocolos de Muestreo y/o Registro *in situ* para Organismos Hidrobiológicos Presentes en Aguas Marítimas Costeras. Centro de Investigación en Biodiversidad y Ambientes Sustentables - CIBAS. Universidad Católica de la Santísima Concepción. 221 pp.

Ralph, C., Geupel, J., Geoffrey, R., Pyle, P., Martin, T., De Sante, D. & M. Borja. 1996. Manual de Métodos de Campo para el Monitoreo de Aves Terrestres. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR- 159. Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, 46 pp.

Ramos-Arredondo, R.I., Carvajal-Gámez, B.E., Gendron, D., Gallegos-Funes, F.J., Mújica-Vargas, D. & J.B. Rosas-Fernández. 2020. Photo Id-Whale: Blue whale dorsal fin classification for mobile devices. PLoS ONE 15(10): e0237570.

Rosenberg, R. 2001. Marine benthic faunal successional stages and related sedimentary activity. Scientia Marina 65(S2):107-119.

Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). 2015a. Guía de Evaluación de Efectos Adversos sobre Recursos Naturales Renovables

Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). 2015b. Guía para la Descripción de los Componentes Suelo, Flora y Fauna de Ecosistemas Terrestres en el SEIA.

SHOA. 2019. Instrucciones Oceanográficas N°1. Especificaciones Técnicas y administrativas para Mediciones

y Análisis Oceanográficos. PUB.3201, 4ta edición, 57 pp. Disponible en el sitio web [SHOA - PUB 3104 - 2019](#).

Silva, N. & E. Quiroga. 2010. Manual de Evaluación de Informes Ambientales de la Acuicultura. Escuela de Ciencias del Mar: Pontificia Universidad Católica de Valparaíso 1, 1-40.

Smith, P.E. & S.L. Richardson. 1977. Standard techniques for pelagic fish egg and larval surveys. FAO Fisheries Technical Paper nº 175: 100p. Fishery Resources and Environment Division, FAO, Rome, Italy.

Steedman, F.H. 1976. Zooplankton Fixation and Preservation. Monographs on Oceanographic Methodology, 4; Unesco, Paris.

Tasker, M.L., Jones, P.H., Dixon, T. & B.F. Blake. 1984. Counting Seabirds at Sea from Ships: a Review of Methods Employed and a Suggestion for a Standardized Approach. Auk 101: 567-577.

Thomson, R.E & W.J. Emery. 2014. Data Analysis Methods in Physical Oceanography. 3rd edition. Elsevier Science. 716 pp.

Utermöhl, H. 1958. Methods of collecting plankton for various purposes are discussed. Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie: Mitteilungen, 9:1, 1-38.

Wentworth, C.K. 1922. A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. Journal of Geology, 30: 377-392.

WHOI. 2022. Ocean Instrument. Video Plankton Recorder (VPR). Disponible en el sitio web <http://www.whoi.edu/instruments/gallery.do?mainid=17011&iid=1007>

