



INFORME FINAL

PROYECTO FIP 2014-27

“Determinación de metodologías para el desarrollo de estudios de línea base y seguimientos ambientales en ambientes marinos según grado de impacto”

NOVIEMBRE 2016

PROYECTO FIP 2014-27

“Determinación de metodologías para el desarrollo de estudios de línea base y seguimientos ambientales en ambientes marinos según grado de impacto”

AUTORES

Jefe de proyecto
MSc. Luis Caillaux

Oceanografía Física
MSc. Sergio Rosales

Oceanografía química
Dr. Ramón Ahumada
Ing. Bruno Pacheco

Comunidades Bentónicas
MSc. Marcelo Valdebenito
Dr. (c) Alonso Vega
Dr. (c) Diego Martínez
MSc. Domingo Lancellotti

Fitoplancton
Dr. Eduardo Uribe
Dr. Gonzalo Álvarez

Conectividad larval
Dr. Gonzalo Olivares

Aves y mamíferos marinos
MSc. Yerco Vilina
Dr. (c) Jorge Gibbons
MSc. Juan Capella

Índice

ÍNDICE	3
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE ANEXOS	9
I.- RESUMEN EJECUTIVO	10
1.- OBJETIVOS	15
1.1.- OBJETIVO GENERAL	15
1.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
2.- ANTECEDENTES	16
3.- METODOLOGÍA.	19
3.1.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	19
3.2.- DESARROLLO DE FICHAS DE PROYECTOS	21
4.- RESULTADOS	22
4.1.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	22
4.1.1.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE TIPOS DE PROYECTOS INGRESADOS AL SISTEMA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.	22
4.1.2.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE IMPACTOS AMBIENTALES ASOCIADOS A LOS PROYECTOS IDENTIFICADOS.	34
4.1.3.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE METODOLOGÍAS Y CRITERIOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO Y EVALUACIÓN DE VARIABLES BIOLÓGICAS (OBJETIVO 2).	50
4.1.4.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE METODOLOGÍAS Y CRITERIOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO Y EVALUACIÓN DE VARIABLES FÍSICAS (OBJETIVO 3).	66
4.1.5.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE METODOLOGÍAS Y CRITERIOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO Y EVALUACIÓN DE VARIABLES QUÍMICAS (OBJETIVO 4).	72
4.1.6.- NORMATIVA RELACIONADA CON LA EVALUACIÓN AMBIENTAL DE PROYECTOS.	86
4.2.- GUÍAS METODOLÓGICAS POR TIPO DE PROYECTO	94

4.2.1.- GUÍA DE CRITERIOS Y METODOLOGÍAS PARA PROYECTOS PORTUARIOS	95
4.2.1.1.- DEFINICIÓN Y ANTECEDENTES DE PUERTOS Y TERMINALES MARÍTIMOS.	95
4.2.1.2.- IMPACTOS POTENCIALES DE LAS ACTIVIDADES PORTUARIAS POR ETAPA DE PROYECTO.	97
4.2.1.3.- PROTOCOLOS DE EVALUACIÓN DE COMPONENTES AMBIENTALES.	103
4.2.1.3.1.- VARIABLES FÍSICAS	107
4.2.1.3.2.- VARIABLES QUÍMICAS.	115
4.2.1.3.3.- VARIABLES BIOLÓGICAS	126
4.2.1.3.3.1. FITOPLANCTON	126
4.2.1.3.3.2. ZOOPLANCTON	131
4.2.1.3.3.3. RECURSOS PESQUEROS	133
4.2.1.3.3.4. COMUNIDADES SUBMAREALES DE FONDO BLANDO	136
4.2.1.3.3.5. COMUNIDADES SUBMAREALES DE FONDOS DUROS	141
4.2.1.3.3.6. COMUNIDADES INTERMAREALES DE ROCA	144
4.2.1.3.3.7. COMUNIDADES INTERMAREALES DE ARENA	147
4.2.1.3.3.8. MAMÍFEROS MARINOS	153
4.2.1.3.3.9. AVES	156
4.2.1.3.3.10. ICTIOFAUNA	159
4.2.2- GUÍA DE CRITERIOS Y METODOLOGÍAS PARA PROYECTOS CENTRALES TERMOELÉCTRICAS Y PLANTAS DESALINIZADORAS.	161
4.2.2.1.- DEFINICIÓN Y ANTECEDENTES DE CENTRALES TERMOELÉCTRICAS Y PLANTAS DESALINIZADORAS.	162
4.2.2.2.- IMPACTOS POTENCIALES DE LAS PLANTAS DESALINIZADORAS Y TERMOELÉCTRICAS POR ETAPA DE PROYECTO.	163
4.2.2.3.- PROTOCOLOS DE EVALUACIÓN DE COMPONENTES AMBIENTALES.	171
4.2.2.3.1.-VARIABLES FÍSICAS	175
4.2.2.3.2.-VARIABLES QUÍMICAS.	187
4.2.2.3.3.- VARIABLES BIOLÓGICAS.	198
4.2.2.3.3.1.-FITOPLANCTON	198
4.2.2.3.3.2.- PERIFITON	203
4.2.2.3.3.3.- ZOOPLANCTON	207
4.2.2.3.3.4. RECURSOS PESQUEROS	212
4.2.2.3.3.5.- COMUNIDADES SUBMAREALES DE FONDO BLANDO	214
4.2.2.3.3.6.- COMUNIDADES SUBMAREALES DE FONDO DURO	219
4.2.2.3.3.7.- COMUNIDADES INTERMAREALES DE ROCA	221
4.2.2.3.3.8.- COMUNIDADES INTERMAREALES DE ARENA	223
4.2.2.3.3.9.- MAMÍFEROS MARINOS	225
4.2.2.3.3.10.- AVES	227
4.2.2.3.3.11. ICTIOFAUNA	230

4.2.3.- GUÍA DE CRITERIOS Y METODOLOGÍAS PARA PROYECTOS EMISARIOS SUBMARINOS	233
4.2.3.1.- DEFINICIÓN Y ANTECEDENTES DE EMISARIOS SUBMARINOS	233
4.2.3.2.- IMPACTOS POTENCIALES DE LOS EMISARIOS SUBMARINOS POR ETAPA DE PROYECTO.	233
4.2.3.3.- PROTOCOLOS DE EVALUACIÓN DE COMPONENTES AMBIENTALES.	238
4.2.3.3.1.- VARIABLES FÍSICAS	243
4.2.3.3.2.- VARIABLES QUÍMICAS	253
4.2.3.3.3.- VARIABLES BIOLÓGICAS	264
4.2.3.3.3.1.- FITOPLANCTON	264
4.2.3.3.3.2.- PERIFITON	269
4.2.3.3.3.3. ZOOPLANCTON	274
4.2.3.3.3.4. RECURSOS PESQUEROS	276
4.2.3.3.3.5. COMUNIDADES SUBMAREALES DE FONDO BLANDO	278
4.2.3.3.3.6. COMUNIDADES SUBMAREALES DE FONDOS DUROS	283
4.2.3.3.3.7. COMUNIDADES INTERMAREALES DE ROCA	286
4.2.3.3.3.8. COMUNIDADES INTERMAREALES DE ARENA	288
4.2.3.3.3.9. ICTIOFAUNA	290
4.2.4.- GUÍA DE CRITERIOS Y METODOLOGÍAS PARA PROYECTOS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS	293
4.2.4.1.- DEFINICIÓN Y ANTECEDENTES DE CENTRALES HIDROELÉCTRICAS	293
4.2.4.2.- IMPACTOS POTENCIALES DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS POR ETAPA DE PROYECTO.	294
4.2.4.3.- PROTOCOLOS DE EVALUACIÓN DE COMPONENTES AMBIENTALES.	298
4.2.4.3.1.-VARIABLES FÍSICAS	303
4.2.4.3.2.- VARIABLES QUÍMICAS.	311
4.2.4.3.3.- VARIABLES BIOLÓGICAS.	321
4.2.4.3.3.1.- FITOPLANCTON	322
4.2.4.3.3.2.- QUISTES	326
4.2.4.3.3.3.- ZOOPLANCTON	330
4.2.4.3.3.4. RECURSOS PESQUEROS	332
4.2.4.3.3.5.- COMUNIDADES SUBMAREALES DE FONDO BLANDO	334
4.2.4.3.3.6.- COMUNIDADES SUBMAREALES DE FONDO DURO	339
4.2.4.3.3.7.- COMUNIDADES INTERMAREALES DE ROCA	341
4.2.4.3.3.8.- COMUNIDADES INTERMAREALES DE ARENA	343
4.2.4.3.3.9. ICTIOFAUNA	345
5.- ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	348
6.- CONCLUSIONES	351

7.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

353

ANEXO 1: PERSONAL PARTICIPANTE.

¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

Índice de Tablas

Tabla 1. Proyectos de emisarios submarinos presentados al SEIA separados por región y estado de aprobación en el sistema.	25
Tabla 2. Proyectos portuarios presentados al SEIA separados por región y estado de aprobación en el sistema.	28
Tabla 3. Proyectos de centrales termoeléctricas presentados al SEIA separados por región y estado de aprobación en el sistema.	30
Tabla 4. Proyectos de plantas desalinizadoras presentados al SEIA separados por región y estado de aprobación en el sistema.	32
Tabla 5. Proyectos de centrales hidroeléctricas presentados al SEIA separados por región y estado de aprobación en el sistema.	33
Tabla 6. Clasificación de las metodologías de muestreo según Thomson (1992) con su descripción, ventajas y desventajas. (Sacado de FIP 2005-14)	62
Tabla 7. Principales analitos y parámetros medidos en las líneas de base y planes de vigilancia ambiental desarrollados en Chile para agua de mar.	74
Tabla 8. Principales analitos y parámetros medidos en las líneas de base y planes de vigilancia ambiental desarrollados en Chile para sedimentos marinos.	81
Tabla 9. Principales analitos y parámetros medidos en las líneas de base y planes de vigilancia ambiental desarrollados en Chile para tejidos de organismos marinos.	83
Tabla 10. Laboratorios Chilenos que prestan servicio de análisis de laboratorio y su alcance de acreditación para las distintas matrices analizadas.	85
Tabla 11. Resumen de la legislación referente al ambiente marino firmadas por el estado de Chile	87
Tabla 12 Matriz de actividades e impactos potenciales de los proyectos portuarios, por componente ambiental, de acuerdo a las distintas fases de proyecto.	101
Tabla 13 Matriz de actividades e impactos potenciales de los proyectos termoeléctricas y plantas desalinizadoras, por componente ambiental, de acuerdo a las distintas fases de proyecto.	169
Tabla 14 Matriz de actividades e impactos potenciales de los proyectos de emisarios submarinos, por componente ambiental, de acuerdo a las distintas fases de proyecto.	237
Tabla 15 Matriz de actividades e impactos potenciales de los proyectos de centrales hidroeléctricas, por componente ambiental, de acuerdo a las distintas fases de proyecto.	296

Índice de figuras

Figura 1. Proyectos ingresados al Sistema de evaluación Ambiental con efectos en el ambiente marino desde el año 1992 a 2014.	23
Figura 2. Proyectos de emisarios submarinos ingresados al sistema de evaluación ambiental por tipo de ril descargado.	24
Figura 3. Proyectos de emisarios submarinos ingresados al sistema de evaluación ambiental por tipo de ril descargado y región de ubicación del proyecto.	25
Figura 4. Proyectos de puertos ingresados al sistema de evaluación ambiental por tipo de producto embarcado.	27
Figura 5. Proyectos de puertos y dragados ingresados al sistema de evaluación ambiental de acuerdo a la región de ubicación del proyecto.	27
Figura 6. Proyectos de plantas termoeléctricas ingresados al sistema de evaluación ambiental de acuerdo a la región de ubicación del proyecto.	29
Figura 7. Proyectos de plantas desalinizadoras ingresados al sistema de evaluación ambiental de acuerdo al uso del agua producida.	31
Figura 8. Proyectos de plantas termoeléctricas ingresados al sistema de evaluación ambiental de acuerdo a la región de ubicación del proyecto.	32
Figura 9. Porcentaje de proyectos ingresados al SEIA que extraen diferentes cantidades de réplicas en cada punto de muestreo para el análisis de aguas marinas.	73
Figura 10. Porcentaje de proyectos ingresados al SEIA que extraen diferentes cantidades de réplicas en cada punto de muestreo para el análisis de sedimentos marinos.	80

Índice de Anexos

Anexo 1: Personal participante.....	347
--	-----

I.- Resumen ejecutivo

Los proyectos costeros no acuícolas, es decir aquellos que no tienen relación con la pesca u acuicultura y que ingresan al sistema de evaluación ambiental, abarcan una gran variedad de actividades que generan diversos impactos en el ambiente marino. Estos proyectos evalúan sus impactos mediante metodologías diversas, que dan cuenta de los impactos potenciales de sus actividades sobre las distintas matrices susceptibles a ser afectadas, como son la columna de agua, los sedimentos marinos o las diversas comunidades que habitan el ambiente costero.

Debido a la necesidad de unificar criterios de evaluación que faciliten la identificación de los impactos potenciales de estas actividades, así como unificar criterios sobre las metodologías que permitan evaluar dichos impactos, es que la Subsecretaría de Pesca a través del Fondo de investigación Pesquera (FIP) financió el presente estudio cuyo objetivo es desarrollar guías metodológicas por tipo de proyecto para la evaluación de sus impactos en el ambiente marino. Para cumplir con este objetivo, se realizó una revisión bibliográfica de los estudios presentados al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), con el fin de establecer los tipos de proyectos ingresados, los impactos ambientales que se declaran y las metodologías utilizadas para evaluar las matrices ambientales impactadas. Esta información fue extraída de los informes enviados por los titulares de los proyectos ya sea como parte de los estudios de impacto ambiental (EIA), declaraciones de impacto ambiental (DIA) o planes de vigilancia ambiental (PVA).

Junto con la revisión de los estudios ingresados al SEIA, se revisó la literatura especializada, así como normativa internacional para comparar los impactos declarados con los descritos internacionalmente para proyectos del mismo tipo y evaluar si las metodologías utilizadas corresponden a los estándares utilizados habitualmente para la evaluación de cada una de las matrices potencialmente impactadas por los proyectos.

El desarrollo de las guías metodológicas se realizó en base a la información recopilada en la literatura y analizada por los diversos especialistas participantes en el

proyecto. Las guías desarrolladas incluyen una breve descripción de la actividad productiva a la que se hace referencia, los impactos ambientales potenciales factibles para cada etapa del proyecto y la metodología necesaria para la evaluación de cada una de las variables afectadas, ya sean estas físicas, químicas o biológicas.

La información recopilada indica que los proyectos ingresados al SEIA desde el año 1992 en adelante y cuyos efectos ambientales tienen relación con el ambiente marino, pueden clasificarse en cinco grupos principales: puertos, termoeléctricas, plantas desalinizadoras, emisarios submarinos y centrales hidroeléctricas los que corresponden a cerca del 95% del total. Por lo tanto, se desarrollaron guías metodológicas para cada una de estas actividades.

Para cada tipo de proyecto, los impactos se dividieron en aquellos generados durante la construcción o cierre del proyecto y aquellos generados durante la operación. En general los impactos asociados a la construcción son comunes a todos los proyectos ya que se relacionan a la construcción de obras costeras y a las alteraciones que estas producen en el ambiente y en las especies que habitan en los lugares intervenidos, diferenciándose sólo en su magnitud y extensión.

Los impactos ambientales asociados a la etapa de construcción tienen efectos sobre el hábitat de las especies marinas, ya sea por la destrucción de este o por su fragmentación, debido a la instalación de estructuras antrópicas que pueden ocasionar una discontinuidad en el hábitat de las especies. Tiene además efectos directos sobre las comunidades que habitan la zona costera debido a la pérdida de especies, especialmente de aquellas que no se pueden mover y que serán destruidas durante la construcción y además puede producir alteraciones en las características de la columna de agua y de los sedimentos marinos, al menos temporalmente, debido a la re suspensión de sedimentos o la introducción de contaminantes externos. También la etapa de construcción puede generar efectos negativos en los mamíferos marinos, aves y peces debido a la generación de ruido o al efecto de las ondas expansivas cuando se utilizan explosivos.

Para la etapa de operación en tanto, los impactos ambientales se relacionan con los tipos de proyectos y la actividad que se desarrolla en estos.

Para los proyectos portuarios los efectos tienen relación con la operación de las naves, las que pueden generar la introducción de especies exóticas, producir perturbación del fondo debido a las propelas y generar interferencias con mamíferos marinos los que pueden ser colisionados por los buques o perturbados por el ruido provocado por estos. En la operación habitual del puerto propiamente tal, la contaminación accidental debido al vertimiento de los productos a embarcar o desembarcar o los dragados de mantención de los sitios de embarque son los principales impactos ambientales potenciales. A esto se suma la interferencia de las luces con las aves costeras.

Para las plantas desalinizadoras y las centrales termoeléctricas los impactos ambientales corresponden a aquellos ocasionados por la succión de agua junto con la cual se destruye biomasa de fitoplancton, así como propágulos de algas y larvas de diferentes especies. Mientras que el agua de rechazo de ambos tipos de proyectos generan cambios en las características del agua de mar (temperatura/salinidad), aumento de contaminantes químicos y efectos en las comunidades marinas cercanas. Para las plantas termoeléctricas además puede existir un ingreso de contaminantes desde el aire proveniente de la quema de combustibles fósiles.

Los emisarios submarinos por su parte, generan impactos debido a la introducción de sustancias ya sean de origen biológico o químico, las cuales cambian las características de la columna de agua y sedimentos cercanos afectando a las comunidades marinas del sector.

Para las centrales hidroeléctricas en tanto los efectos ambientales tienen relación en los cambios en los caudales de los ríos intervenidos que generan cambios en los sectores costeros donde estos desembocan. Para aquellas centrales hidroeléctricas cuya transmisión eléctrica se produce mediante cables submarinos, se pueden generar efectos debido a la generación de campos magnéticos que pueden afectar a diversas especies marinas.

Para la evaluación de los distintos impactos potenciales de los proyectos no acuícolas sobre el ambiente marino, se proponen metodologías que dan cuenta de las variables físicas, químicas y biológicas. Las metodologías propuestas se corresponden con aquellas indicadas en la literatura y que en general han sido usadas en el pasado para la evaluación de las distintas componentes ambientales.

Respecto de las variables físicas del ambiente marino, todos los tipos de proyectos analizados pueden generar efectos sobre esta componente, los que van desde algunas variaciones en las corrientes entorno a las estructuras instaladas, hasta cambios que modifican la hidrodinámica alternando los patrones de circulación y los tiempos de residencias lo que genera acumulación de sedimentos en algunos sectores y pérdida de sedimentos en otros, así como el cambio de algunas características de la columna de agua como la salinidad, temperatura etc. en proyectos en que se introducen sustancias de características distintas a la del agua de mar mediante emisarios submarinos. Por lo tanto, durante la planificación de los estudios a realizar es necesario analizar que forzantes actúan más sobre las corrientes, y como la batimetría y la forma de la costa modifican las corrientes del sector.

En la evaluación de los impactos es importante evaluar mediante modelación numérica como son las corrientes sin el proyecto y que cambios producirá el proyecto. Debe tenerse en cuenta la interacción del oleaje reinante en las principales épocas de marejada (invierno y verano), y como las corrientes y el oleaje afecta el transporte de sedimentos, así como en la dispersión de sustancias que pueden derramarse o introducirse durante la operación del proyecto, teniéndose en cuenta la cercanía de áreas de manejo, reservas y otras actividades económicas que se desarrollen en las cercanías.

En los programas de vigilancia debe incluirse un conjunto de estaciones con CTD que permita describir las variaciones espacio-temporales que se produzcan durante la operación del proyecto. También es importante realizar mediciones con ADCP remolcado, por un periodo mínimo de 24 horas, para evaluar los cambios de las

corrientes en el tiempo y la estimación de los cambios que se producen en los sedimentos en suspensión por medio del análisis del back scattering.

Como las estructuras instaladas generan cambios en la dinámica del sedimento es importante hacer un seguimiento de los cambios batimétricos mediante una batimetría exploratoria.

Respecto de las variables químicas, los efectos directos en la química de los sistemas acuáticos ocurren por modificaciones en la dinámica del sistema o por vertimientos o introducción de compuestos químicos. Se debe realizar por lo tanto un monitoreo de las condiciones químicas del agua de mar, de los sedimentos marinos y de los organismos en las cercanías del proyecto. Para las variables químicas se proponen una serie de protocolos para asegurar la calidad de la toma de la muestra y de su análisis en el laboratorio, ya que es crítico para la obtención de datos representativos del sector analizado. En términos metodológicos se plantea la toma de muestras mediante botellas Niskin para agua de mar y con box core para sedimentos marinos.

Respecto de las variables biológicas se proponen una serie de metodologías para cada una de las matrices susceptibles de ser afectadas en cada tipo de proyecto, las cuales corresponden a las metodologías habitualmente utilizadas para su evaluación y que dan cuenta de un instrumento o muestreador (redes para fito y zooplancton, placas para perifitón, cuadratas o dragas) un área muestreal, etc.

Para todas las matrices evaluadas se indica además los procedimientos o documentos necesarios para la correcta trazabilidad de los datos y su aseguramiento de calidad.

1.- Objetivos

1.1.- Objetivo general

Desarrollar guía metodológica específica, acotada y categorizada por nivel de impacto, dirigida a estandarizar las metodologías y criterios técnicos para evaluar impactos y medición de variables biológicas, físicas y químicas, en ecosistemas marinos, según los intereses institucionales en estudios de líneas bases y seguimientos ambientales desarrollados por proyectos no acuícolas sometidos al SEIA.

1. 2.- Objetivos específicos

- Desarrollar documento técnico que establezca las metodologías y criterios para el dimensionamiento y evaluación de impactos en el medio marino de proyectos sometidos al SEIA por categoría de proyectos.
- Desarrollar documento técnico que establezca las metodologías y criterios para el dimensionamiento y evaluación de variables biológicas en el medio marino de proyectos sometidos al SEIA por categoría de proyectos.
- Desarrollar documento técnico que establezca las metodologías y criterios para el dimensionamiento y evaluación de variables físicas en el medio marino de proyectos sometidos al SEIA por categoría de proyectos.
- Desarrollar documento técnico que establezca las metodologías y criterios para el dimensionamiento y evaluación de variables químicas en el medio marino de proyectos sometidos al SEIA por categoría de proyectos.

2.- Antecedentes

La ley N°19.300 “Bases generales del medio ambiente”, define aquellos proyectos o actividades que son susceptibles de causar impacto ambiental, en cualquiera de sus fases y que por lo tanto deberán someterse al sistema de evaluación de impacto ambiental (SEIA). Para determinar la forma de ingreso de cualquier proyecto o actividad al SEIA se deberá tener en cuenta lo señalado en el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental y en la Ley N° 19.300. Si el proyecto genera o presenta al menos uno de los efectos, características o circunstancias que señala el artículo 11 de esta Ley, y los artículos 4 a 6 y 8 a 11 del Reglamento, deberá ingresar como Estudio de Impacto Ambiental (EIA), en el caso contrario deberá ingresar como Declaración de Impacto Ambiental (DIA). De manera sintetizada, los efectos, características o circunstancias corresponden a:

- Riesgo para la salud de la población, debido a la cantidad y calidad de efluentes, emisiones o residuos;
- Efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables;
- Reasentamiento de comunidades humanas, o alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos;
- Localización en o próxima a poblaciones, recursos y áreas protegidas, sitios prioritarios para la conservación;
- Alteración significativa, en términos de magnitud o duración, del valor paisajístico o turístico de una zona, y
- Alteración de monumentos, sitios con valor antropológico, arqueológico, histórico y, en general, los pertenecientes al patrimonio cultural (Ley N° 19.300/1994).

Diversos proyectos no acuícolas que se desarrollan en el borde costero, entran en alguna de las categorías definidas antes mencionadas, entre las que se cuentan las plantas termoeléctricas que se encuentran ubicadas en el borde costero y usan agua de mar para sus procesos productivos, puertos marítimos que cargan o descargan sustancias

potencialmente dañinas para el medio ambiente, proyectos mineros o ductos mineros que se encuentren en el borde costero, procesadoras de recursos hidrobiológicos y plantas desalinizadoras, entre otros.

La diversidad de proyectos existentes, con procesos productivos distintos y por lo tanto con impactos potenciales diversos sobre el ambiente marino, explican la dificultad de consensuar metodologías que permitan evaluar el efecto de estos proyectos sobre las comunidades y poblaciones de especies marinas, ya sean estas de interés comercial o ecológico. Las distintas matrices que se pueden ver afectadas por estos proyectos, como por ejemplo, comunidades biológicas que viven en hábitats diversos, con ciclos de vida distintos y con tolerancias distintas al estrés, también contribuyen a la complejidad de la evaluación de los impactos potenciales. Además, los impactos dependen de las condiciones ambientales específicas del lugar donde se desarrolla el proyecto y de la adaptación de las especies a dichas condiciones ambientales, lo que dificulta el desarrollo de normas de calidad, por ejemplo para límites de concentración de sustancias químicas.

Entre los impactos potenciales de los proyectos ubicados en el borde costero se han descrito aquellos que generan pérdidas larvarias y que por lo tanto pueden afectar las poblaciones adultas de dichas especies, reduciendo o afectando el reclutamiento, con efectos que pueden exceder la zona de influencia directa del proyecto. Este impacto se produce principalmente en aquellos proyectos que utilizan agua de mar en sus procesos como plantas termoeléctricas y plantas desalinizadoras que junto con el agua absorben larvas, huevos de peces e invertebrados y propágulos de algas, así como fitoplancton y zooplancton, que pueden ser destruidos en el proceso industrial (Roberts *et al.* 2010; Lattemann, 2010).

Por otro lado, el vertido al agua de mar de diversas sustancias también puede producir impactos significativos. Las plantas termoeléctricas y las plantas desalinizadoras antes mencionadas, generan un efluente cuyas características difieren del agua de origen, presentando una mayor temperatura y/o salinidad y además conteniendo productos químicos que han sido adicionados durante los procesos industriales, como antiescalantes o anti fouling, así como metales producto de la corrosión generada por el agua de mar durante su paso por las instalaciones, todo lo cual puede afectar las comunidades marinas cercanas al efluente o que estén dentro de la zona de influencia de este (Lattemann, 2010;

Cotruvo *et al.* 2010). De igual modo, emisarios submarinos de empresas sanitarias pueden generar contaminación biológica y cambiar las características de la columna de agua (Ludwig, 1988; Abbesa *et al.* 2005).

Terminales marinos que cargan diversos productos, especialmente aquellos potencialmente dañinos para la vida marina como metales o hidrocarburos, pueden generar efectos adversos sobre las comunidades marinas ya sea produciendo mortalidad, si se produce una contaminación aguda, o generando bioacumulación con efectos crónicos (Clark, 1997). Esto puede generar además efectos económicos limitando la posibilidad de la explotación de aquellos recursos pesqueros que pudiesen estar contaminados. La operación de estos terminales también puede generar efectos ambientales adversos como la interferencia con mamíferos marinos o aves (Guzmán *et al.* 2013).

La instalación de cables de alta tensión sobre el fondo marino puede generar efectos sobre distintas especies marinas mediante los campos electromagnéticos que se producen (Fisher & Slater, 2010).

Además de los impactos generados por la operación de los distintos proyectos antes mencionados, existen efectos generados durante su construcción, no sólo por la generación de contaminación, sino también por la destrucción de hábitats y de poblaciones y comunidades marinas en los sectores donde se emplazarán, en los que muchas veces se utiliza incluso el uso de explosivos.

Se requiere por lo tanto, determinar las metodologías adecuadas para cada tipo de impacto, identificando aquellas matrices que serán afectadas por el proyecto y aquellas variables dentro de dicha matriz que permiten identificar de mejor manera, lo más rápido posible y con el menor error cuando un proyecto está produciendo o no un impacto no deseable sobre las comunidades y poblaciones.

El presente informe entrega para cada tipo de proyecto que tiene injerencia en el ambiente marino una ficha que describe sus impactos potenciales por etapa de proyecto (construcción, operación y cierre) y las metodologías propuestas para evaluar cada una de las matrices ambientales afectadas.

3.- Metodología.

3.1.- Revisión bibliográfica

La revisión bibliográfica se desarrolló sobre la base de la información disponible en el Servicio de evaluación de impacto ambiental (SEIA) respecto de los proyectos de inversión que se desarrollan en el borde costero y que han declarado algún tipo de actividad o impacto sobre el ambiente marino. Se revisaron aquellos proyectos que ingresaron al SEIA como declaraciones de Impacto Ambiental (DIA) así como aquellos que ingresaron como Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIA). Entre los proyectos evaluados, se incluyeron todos aquellos que fueron ingresados al sistema, sin importar su estado, es decir si fueron aprobados, rechazados, desistidos o que aún se encuentran en calificación. Se descartaron para los análisis posteriores respecto de metodologías y variables afectadas declaradas, todos aquellos proyectos cuya información en el sistema no estaba disponible o se encontraba de manera parcial, lo que no permitía un análisis acabado de esta. La base de datos incluyó proyectos desde el año 1992 en adelante. Sin embargo, para el análisis de las metodologías utilizadas para evaluar los impactos declarados, se analizó la información de los proyectos desarrollados del año 2000 en adelante, esto se debió a mejoras en las metodologías de evaluación, sobre todo en las técnicas analíticas e instrumental, tanto de terreno como de laboratorio utilizados, por lo que el análisis de proyectos anteriores quedaría descontextualizado respecto de los estándares utilizados hoy en día.

Junto con la revisión de los proyectos ingresados al SEIA, se revisó la legislación y normativa existente en relación a la calidad ambiental y normas de muestreo tanto nacional como internacional. Estos cuerpos normativos en general tienen que ver con normas establecidas por diversos servicios nacionales tales como subsecretaría de Pesca (Subpesca), Dirección de Territorio Marítimo y Marina Mercante (Directemar), Comisión nacional del medio ambiente (Conama) relacionadas con instrucciones para el correcto desarrollo de metodologías de

muestreo, así como normas nacionales respecto de la calidad en la toma de las muestras, especialmente normas chilenas de calidad.

De igual forma se revisó experiencias extranjeras tanto en normativa como en manuales o directrices que tengan relación con los monitoreos ambientales.

Para complementar la información respecto de las metodologías utilizadas en la evaluación de las diversas matrices ambientales, se revisaron aquellos proyectos de investigación relacionados con metodologías de evaluación (proyectos FIP, Fondecyt, Fondef) y literatura científica pertinente a cada matriz.

Con la información antes descrita se efectuó el siguiente análisis y sistematización de la información:

Tipos de proyectos que generen impacto en la zona marítima: Se clasificaron los proyectos por tipo de actividad y por forma de ingreso al SEIA, ya sea como DIA o EIA y se determinó su ubicación geográfica.

Tipos de impacto de acuerdo a los diferentes proyectos identificados: Para los proyectos identificados en el punto anterior, se caracterizaron los impactos ambientales potenciales que pudiesen ser ocasionados, ya sea en su construcción o su operación y se comparó con lo descrito en la literatura para cada impacto.

Metodologías de evaluación de los distintos impactos identificados: Para cada uno de los impactos identificados en el punto anterior, se revisó las metodologías utilizadas o propuestas tanto en la línea de base como en los planes de vigilancia ambiental. Se determinó la matriz ambiental evaluada, la metodología empleada, el diseño muestral (número de estaciones, presencia de estaciones control, número de réplicas etc.), el análisis de los datos y el tipo de análisis de laboratorio efectuado. Estas metodologías fueron comparadas con aquella metodología descrita en la literatura para el estudio de las mismas variables, así como con literatura respecto del correcto diseño de muestreos.

3.2.- Desarrollo de fichas de proyectos

Con la información recopilada en la revisión bibliográfica se desarrollaron guías metodológicas para cada uno de los proyectos que más ingresan al sistema de evaluación ambiental, esto es puertos, desaladoras y termoeléctricas, emisarios submarinos y centrales hidroeléctricas. Este último tipo de proyecto, si bien no es importante en término de cantidad de proyectos ingresados, si es importante desde el punto de vista de su impacto social y de repercusión pública. Cada tipo de proyectos fue analizado por los respectivos especialistas los que desarrollaron una propuesta de guía metodológica para cada una de las variables ambientales que podían ser afectadas, ya sean físicas, biológicas o químicas. De esta manera, en cada guía metodológica quedo incluido el cumplimiento de los distintos objetivos específicos planteados, relacionados al desarrollo de guías metodológicas de la parte física, química y biológica. Para cada variable ambiental en tanto se desarrollaron los siguientes aspectos:

Marco conceptual: Se indica la razón por la que el tipo de proyecto en cuestión afecta la variable ambiental estudiada.

Metodología a aplicar: Se describen las metodologías, diseños muestrales, instrumentos y equipos necesarios para llevar a cabo el desarrollo de la evaluación de dicha variable respecto a los impactos descritos sobre ella.

Trazabilidad y control de calidad: Se describen los controles de calidad necesarios para asegurar que el dato obtenido es reflejo de la calidad ambiental del sector de estudio.

4.- Resultados

4.1.- Revisión bibliográfica

4.1.1- Revisión bibliográfica de tipos de proyectos ingresados al sistema de evaluación de impacto ambiental.

La revisión de los proyectos ingresados al sistema de evaluación de impacto ambiental, que tienen influencia en el ambiente marino y que no son proyectos acuícolas (es decir, no son centros de cultivos hidrobiológicos los que son evaluados a través del reglamento ambiental para la acuicultura, RAMA), indica que se han ingresado en los últimos años (1992-2014) un total de 157 proyectos, tanto como declaraciones de impacto ambiental (DIA) como estudios de impacto ambiental (EIA). De este total, un 37,9 % corresponde a proyectos de emisarios submarinos, un 23,4% corresponde a puertos de embarque o terminales marítimos, y un 20,9 % a centrales termoeléctricas (Figura 1). En los últimos años además, se han presentado al sistema de evaluación ambiental diversos proyectos de plantas desalinizadoras las que corresponden a un 9,4 % del total de proyectos ingresados. Otros tipos de proyectos ingresados pero que representan un bajo porcentaje del total son centrales hidroeléctricas, obras costeras en general, fundiciones y refinerías y proyectos turísticos.

Como se puede apreciar, los emisarios submarinos, los puertos, las centrales termoeléctricas, las plantas desalinizadoras, y las centrales hidroeléctricas representan el 95,6 % del total de los proyectos ingresados al SEIA. A continuación se realiza una descripción de estos tipos de proyectos.

Emisarios submarinos

Los proyectos de emisarios submarinos se someten al SEIA debido a que está comprendida en la letra o) del artículo 10 de la Ley 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente, el que indica que deben someterse al SEIA los proyectos de "Saneamiento ambiental, tales como sistemas de alcantarillado y agua potable, plantas de tratamiento de agua o de residuos sólidos de origen domiciliario, rellenos

sanitarios, emisarios submarinos, sistemas de tratamiento y disposición de residuos industriales líquidos o sólidos”.

Los proyectos de emisarios submarinos presentados al sistema corresponden principalmente a emisarios submarinos que evacuan riles de plantas procesadoras de recursos hidrobiológicos las que corresponden a un 68,3% del total de proyectos ingresados, mientras que los emisarios utilizados para descargar aguas servidas corresponden a un 21,6% del total y los emisarios utilizados para descargar riles industriales corresponden a un 10% (Figura 2, Tabla 1)). En cuanto a la ubicación de los proyectos analizados, la gran mayoría de los proyectos de emisarios de plantas de procesamiento de recursos hidrobiológicos se encuentra ubicados en la X región, aunque también se han ingresado proyectos de esta índole en la XII y VIII regiones (Figura 3, Tabla 1).

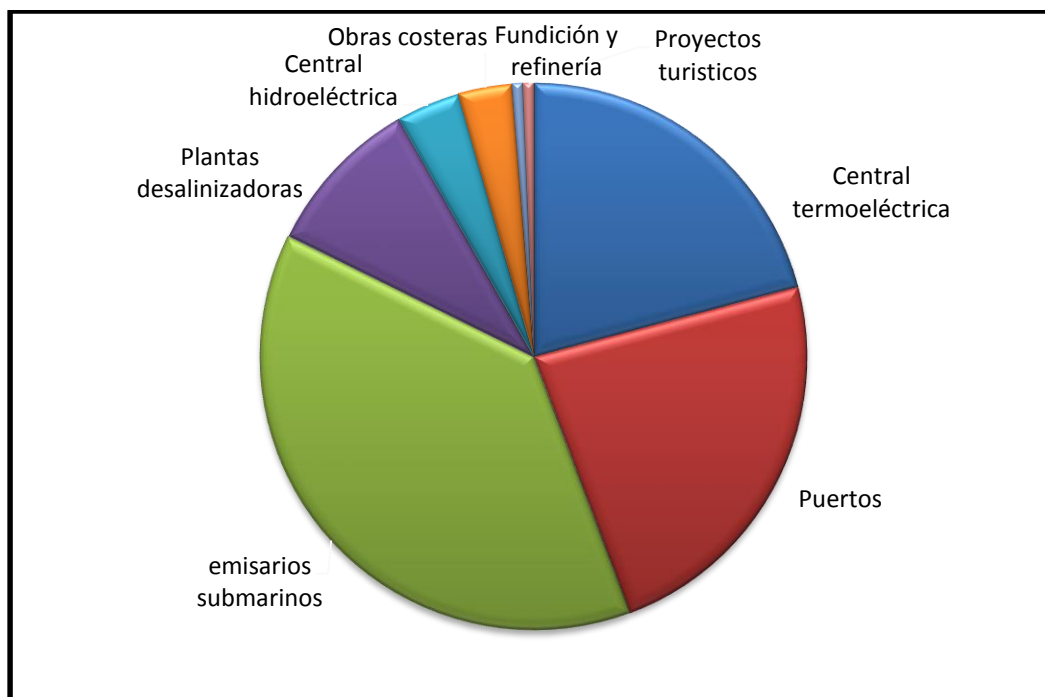


Figura 1. Proyectos ingresados al Sistema de evaluación Ambiental con efectos en el ambiente marino desde el año 1992 a 2014.

La gran mayoría de los proyectos relacionados con aguas servidas, se han ingresado en la VIII, V y II regiones. Por su parte, los emisarios de riles industriales han sido ingresados en la XII, V y II regiones (Figura 3, Tabla 1).

Respecto de la forma de ingreso al sistema de evaluación ambiental, la totalidad de los proyectos de emisarios submarinos para plantas pesqueras, fueron ingresados como DIA, mientras que los proyectos de emisarios de aguas servidas, un 38% de los proyectos fueron ingresados como EIA. Para los proyectos de emisarios submarinos industriales, sólo un proyecto fue ingresado como EIA (16,6 %) mientras que el resto ingresó como DIA. En general los emisarios submarinos, entran como DIA y no como EIA, debido a que incluyen dentro de sus operaciones el tratamiento de los riles y por lo tanto cumplen con los requerimientos del DS90 que norma respecto de la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales, estableciendo límites máximos permisibles.

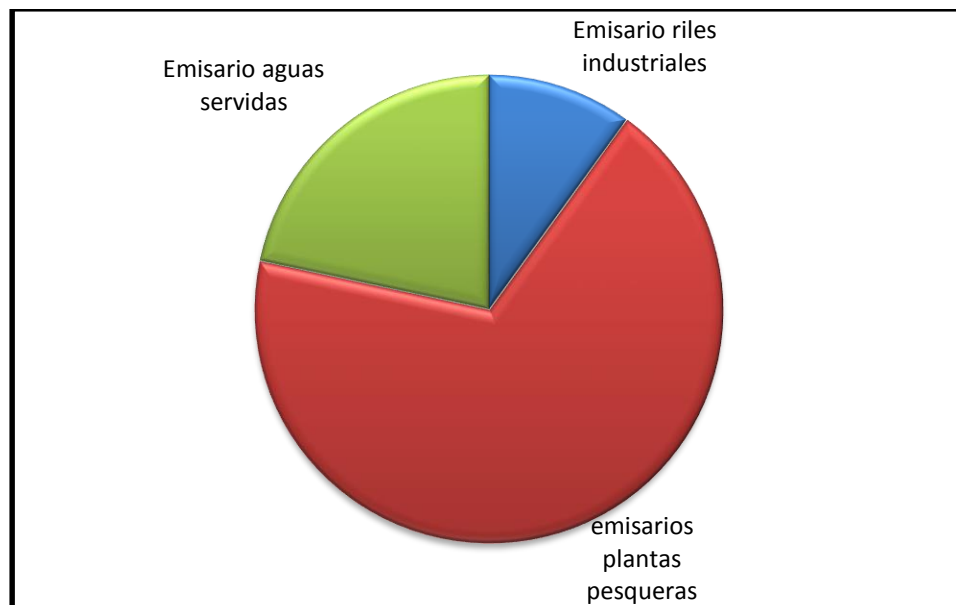


Figura 2. Proyectos de emisarios submarinos ingresados al sistema de evaluación ambiental por tipo de ril descargado.

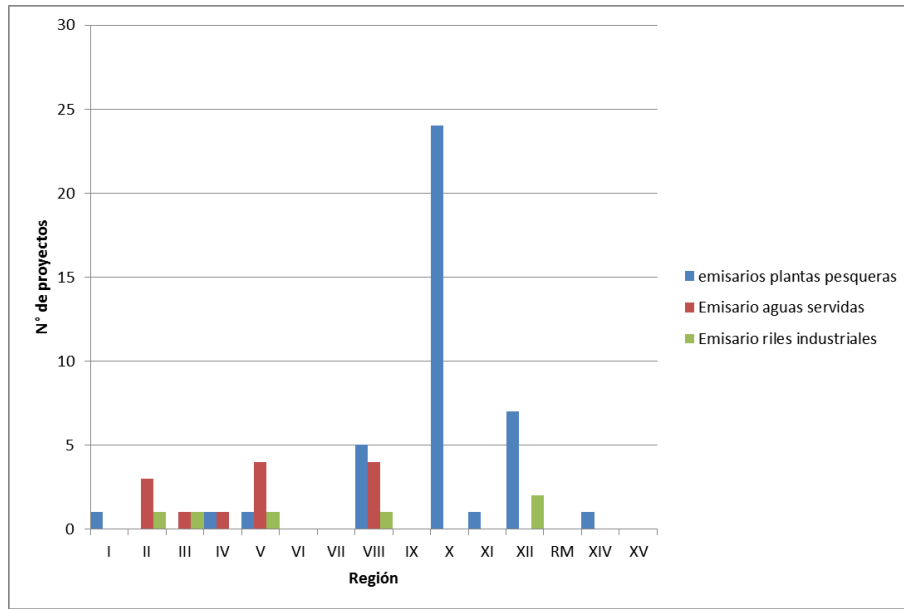


Figura 3. Proyectos de emisarios submarinos ingresados al sistema de evaluación ambiental por tipo de ril descargado y región de ubicación del proyecto.

Tabla 1. Proyectos de emisarios submarinos presentados al SEIA separados por región y estado de aprobación en el sistema.

Región	Localidad	Tipo	Nombre	Estado
II	Mejillones	Emisario industriales	Moly cop. Chile	Aprobado
II	Taltal	Emisario aguas servidas	Emisario Taltal	Aprobado
III	Huasco	Emisario industriales	Emisario planta de Pellets CMP	En calificación
IV	Coquimbo	Emisario aguas servidas	Planta tratamiento y emisario Coquimbo	Aprobado
IV	Los Vilos	Emisario aguas servidas	Emisario Los Vilos	
IV	Quinteros	Emisario aguas servidas	Planta tratamiento y emisario Quinteros	Aprobado
IV	Valparaíso	Emisario aguas servidas	Emisario aguas servidas Valparaíso	Aprobado
V	San Antonio	Emisario aguas servidas	Emisario aguas servidas San Antonio	Aprobado
V	Con con	Emisario industriales	ENAP refinерías S.A.	
VI	Pichilemu	Emisario aguas servidas	Emisario aguas servidas Central tratamiento Efluentes Planta	desistido
VII	Constitución	Emisario industriales	Constitución	Aprobado
VII	Constitución	Emisario aguas servidas	Emisario Constitución	Desistido
VIII	Lota	Emisario industriales	Compañía siderúrgica Huachipato	Aprobado
VIII	Coelemu	Emisario industriales	Sistema descarga CFI Nueva Aldea	Aprobado
XIV	Valdivia	Emisario aguas servidas	Emisario Valdivia	Aprobado
X	Puerto Montt	Emisario aguas servidas	Aguas servidas Pto. Montt	Aprobado
I-XV		61 Emisarios plantas RH	Diversas plantas de procesamiento recursos hidrobiológicos	

RH: Recurso hidrobiológico

Puertos y terminales pesqueros.

Los proyectos clasificados como puertos o terminales marítimos, son ingresados al sistema cuando estos se construyen, cuando sufren modificaciones mayores o cuando se realizan labores de mantenimiento como son los dragados. Todas estas actividades fueron consideradas y conjugadas bajo la tipología puertos para el presente análisis. En el análisis se entrega por separado los proyectos ingresados como dragados ya que estos corresponden no sólo a faenas de mantención o construcción de puertos, sino también a mantención de vías de navegación y a caletas pesqueras.

De las diferentes actividades portuarias, los puertos de carga de minerales representan un 48,6% de los proyectos ingresados al sistema de evaluación ambiental, mientras que los puertos denominados como multipropósito corresponden al 27,02% del total (Figura 4). El resto de las categorías de puerto analizadas corresponden a puerto de carga de hidrocarburos, carga o descarga de gas y puertos de carga o descarga de ácido para la industria minera (Figura 4, Tabla 2).

La mayoría de los proyectos portuarios ubicados en la zona norte de Chile corresponden a proyectos de carga de minerales, especialmente los ubicados entre el II y IV regiones. Mientras que los puertos ubicados en la V y VIII región en general corresponden a puertos multipropósito (Figura 5, Tabla 2).

Para aquellos proyectos de dragado que han ingresado al SEIA, la gran mayoría lo ha hecho como DIA y sólo uno como EIA. En general los proyectos de dragados se han concentrado en la VIII, I y V regiones del país.

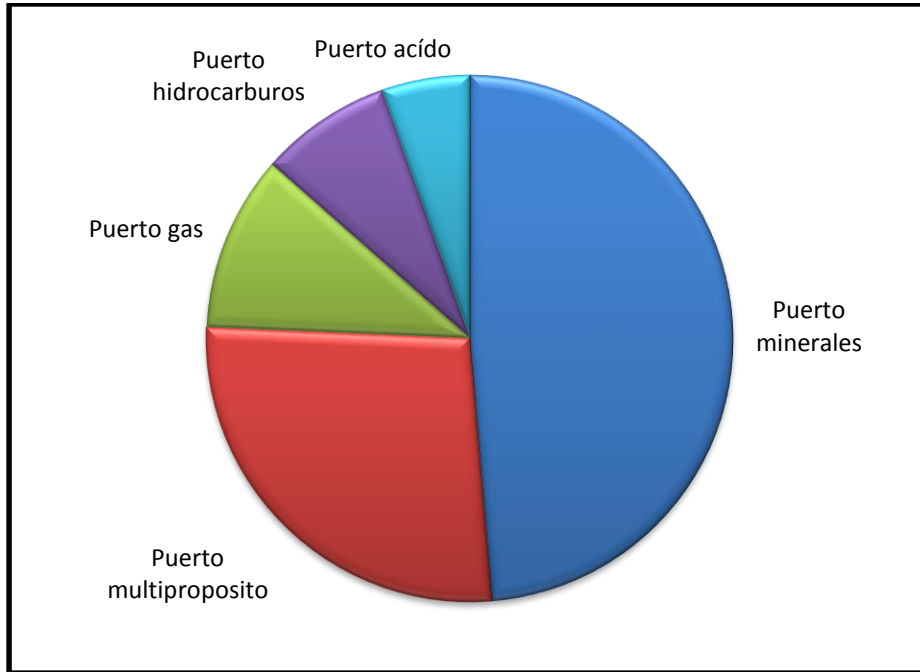


Figura 4. Proyectos de puertos ingresados al sistema de evaluación ambiental por tipo de producto embarcado.

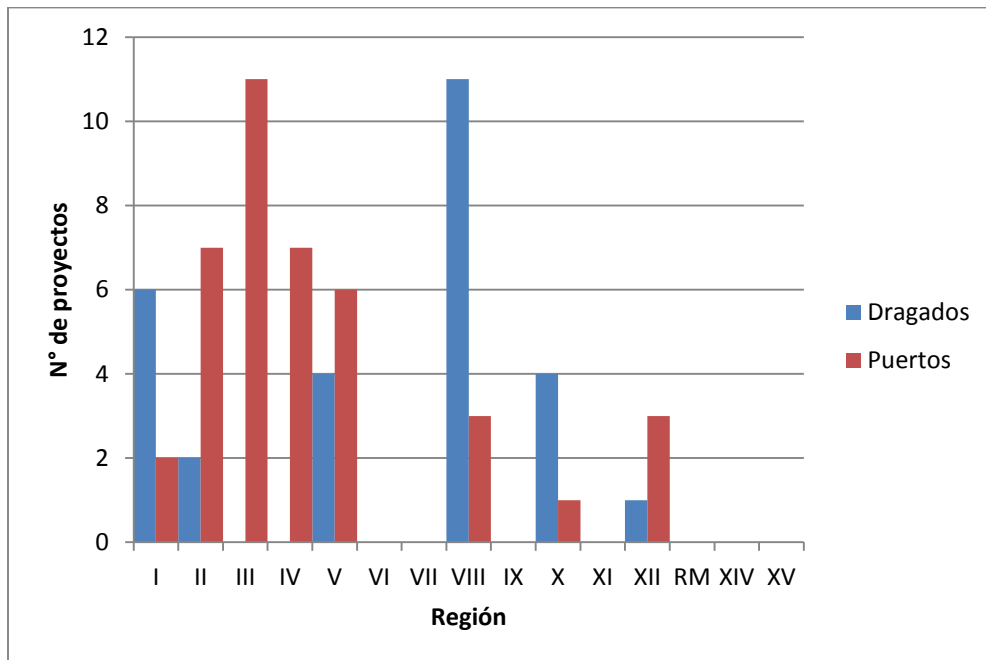


Figura 5. Proyectos de puertos y dragados ingresados al sistema de evaluación ambiental de acuerdo a la región de ubicación del proyecto.

Tabla 2. Proyectos portuarios presentados al SEIA separados por región y estado de aprobación en el sistema.

Región	Localidad	Tipo	Nombre	Estado
I	Iquique	Puerto minerales	Puerto Patillos	Aprobado
I	Iquique	Puerto minerales	Terminal marítimo Puerto pacífico	En calificación
II	Tocopilla	Puerto minerales	Almacenaje y embarque concentrado de zinc y plomo	Aprobado
II	Mejillones	Puerto gas	Terminal GNL Norte Grande	Aprobado
II	Mejillones	Puerto multipropósito	Complejo portuario Mejillones	Aprobado
II	Mejillones	Puerto hidrocarburos	Terminal carga y descarga combustible	Desistido
II	Mejillones	Puerto ácido	Terminal ácido mejillones	Aprobado
II	Mejillones	Puerto gas	Terminal marítimo flotante GNL	Aprobado
II	Antofagasta	Puerto minerales	Puerto Coloso	Aprobado
III	Chañaral	Puerto ácido	Puerto Barquito terminal de ácido sulfúrico	Aprobado
III	Chañaral	Puerto minerales	Puerto Atacama	Aprobado
III	Chañaral	Puerto minerales	Puerto desierto	En calificación
III	Caldera	Puerto minerales	Puerto Punta Totoralillo	Aprobado
III	Caldera	Puerto minerales	Puerto de embarque mineral y hierro	Aprobado
III	Caldera	Puerto minerales	Puerto Punta Padrones	Aprobado
III	Caldera	Puerto minerales	Proyecto Santo Domingo	En calificación
III	Caldera	Puerto minerales	Puerto Punta Caldera	Aprobado
III	Huasco	Puerto multipropósito	Terminal marítimo Las Losas	Aprobado
III	Huasco	Puerto minerales	Puerto Punta Alcalde	Desistido
III	Huasco	Puerto minerales	Puerto Castilla	Aprobado
IV	Coquimbo	Puerto minerales	Puerto Cruz grande	En calificación
IV	Coquimbo	Puerto minerales	Puerto Dominga	En calificación
IV	Coquimbo	Puerto minerales	Puerto Coquimbo Teck	Aprobado
IV	Coquimbo	Puerto multipropósito	Puerto Coquimbo	Aprobado
IV	Los Vilos	Puerto minerales	Puerto Minera los Pelambres	Aprobado
V	Quinteros	Puerto hidrocarburos	Terminal asfaltos y combustibles	Aprobado
V	Quinteros	Puerto gas	Descarga almacenamiento y regasificación	Aprobado
V	Quinteros	Puerto multipropósito	Puerto multipropósito San José	No admitido
V	Valparaíso	Puerto multipropósito	Dragados Puerto San Antonio	Aprobado
V	Valparaíso	Puerto multipropósito	Ampliación sitios molo sur Pto. San Antonio	En calificación
V	Valparaíso	Puerto multipropósito	Terminal Valparaíso TECVAL	Aprobado
VIII	Penco	Puerto gas	Terminal GNL Penco-Lirquén	Aprobado
VIII	San Vicente	Puerto multipropósito	Terminal marítimo de carga y descarga de GLP y otros	Aprobado
VIII	Lirquén	Puerto multipropósito	Ampliación puerto Lirquén	Aprobado
XII	Pta. Arenas	Puerto multipropósito	Puerto Punta Arenas	Aprobado
XII	Pta. Arenas	Puerto minerales	Proyecto portuario Isla Riesco	Aprobado
XII	Pta. Arenas	Puerto hidrocarburos	Terminal Cabo negro	Aprobado

Termoeléctricas.

Un total de 33 proyectos de plantas termoeléctricas han sido ingresados en el SEIA, ya sea para su construcción o en algunos casos para su modificación o ampliación. Todos los proyectos analizados ingresaron al SEIA como EIA.

La mayoría de las plantas termoeléctricas han sido construidas en el norte del país y entregan su energía al sistema interconectado del norte grande (Figura 6; Tabla 3).

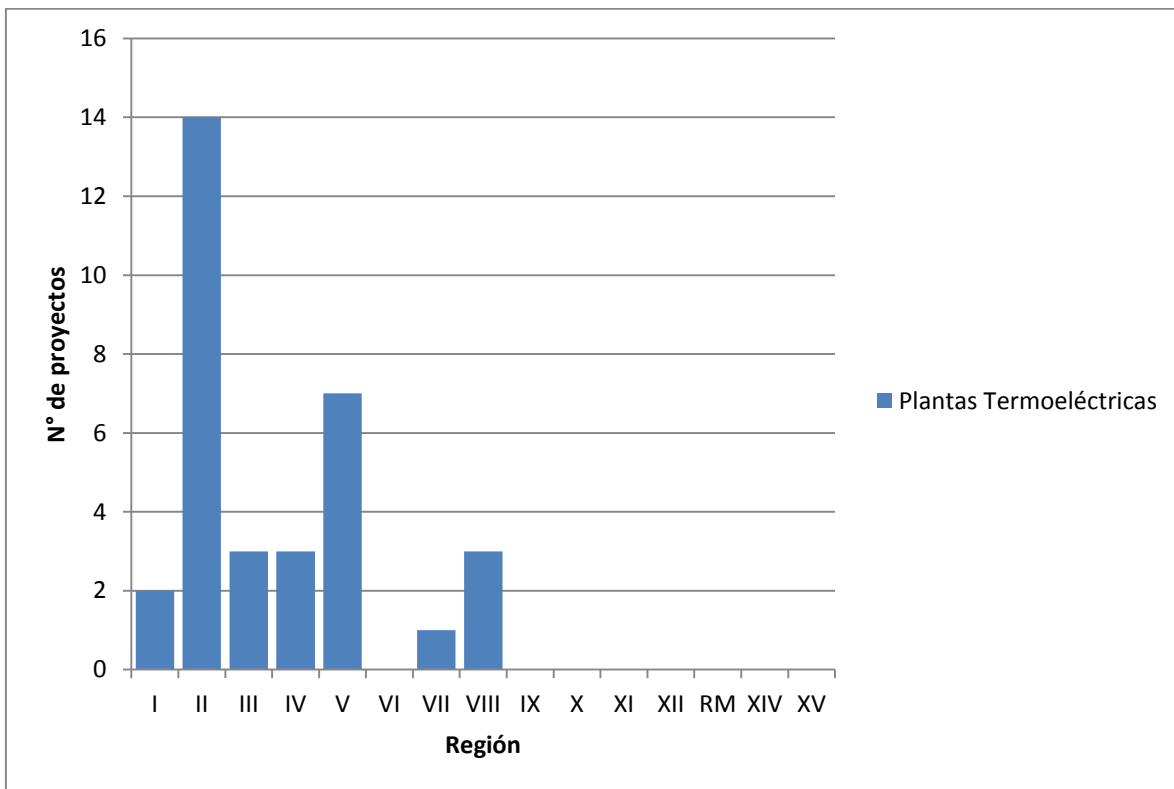


Figura 6. Proyectos de plantas termoeléctricas ingresados al sistema de evaluación ambiental de acuerdo a la región de ubicación del proyecto.

Tabla 3. Proyectos de centrales termoeléctricas presentados al SEIA separados por región y estado de aprobación en el sistema.

Región	Localidad	Nombre	Estado
I	Iquique	CT Pacífico	Aprobado
I	Iquique	CT Patache	Aprobado
II	Tocopilla	CT Nueva Tocopilla	Aprobado
II	Tocopilla	CT ciclo combinado Tocopilla	Aprobado
II	Mejillones	Central a gas Kellar	Aprobado
II	Mejillones	CT Angamos	Aprobado
II	Mejillones	CT Cochrane	Aprobado
II	Mejillones	CT Mejillones CTM3	Aprobado
II	Mejillones	CT Mejillones unidad 2	Aprobado
II	Mejillones	CT Andina	Aprobado
II	Mejillones	CT Atacama	Aprobado
II	Mejillones	CT Ttanti	En calificación
II	Mejillones	CT Luz minera	Aprobado
II	Antofagasta	CT ciclo combinado Coloso	Aprobado
II	Taltal	Central termoeléctrica Taltal	Aprobado
III	Huasco	CT Guacolda	Aprobado
III	Huasco	CT Punta Alcalde	Aprobado
III	Huasco	Central termoeléctrica Castilla	Aprobado
IV	Coquimbo	CT Barrancones	Desistido
IV	Coquimbo	CT Cruz Grande	Desistido
IV	Coquimbo	CT Farellones	Desistido
V	Quinteros	CT Ventanas	Aprobado
V	Quinteros	CT Campiche	Aprobado
V	Quinteros	CT Nueva Ventanas	Aprobado
V	Quinteros	CT RC generación	Rechazado
V	Quinteros	CT Energía Minera	Aprobado
V	Quinteros	CT Quinteros	Aprobado
V	Valparaíso	CT Laguna Verde	Aprobado
VII	Constitución	CT Los Robles	Aprobado
VIII	Coronel	CT coronel	Aprobado
VIII	Coronel	CT Bocamina	Aprobado
VIII	Coronel	CT RG	desistido

Plantas desalinizadoras

Un total de 14 plantas desalinizadoras han sido ingresadas al SEIA. Cuatro de estos proyectos han sido ingresados a través de un EIA y once como DIA. Del total de proyectos ingresados, siete corresponden a proyectos para producir agua para uso industrial, específicamente para faenas mineras en el norte grande donde el agua es un bien escaso, mientras que el resto los proyectos ingresados tiene relación con la producción de agua potable para el consumo humano (Figura 7, Tabla 4).

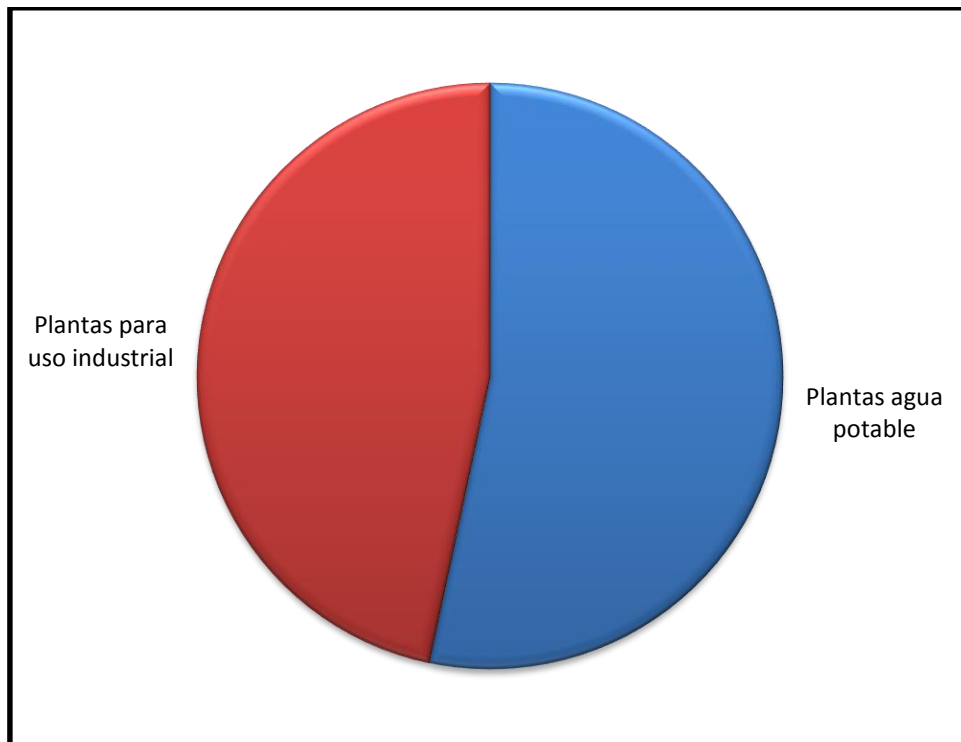


Figura 7. Proyectos de plantas desalinizadoras ingresados al sistema de evaluación ambiental de acuerdo al uso del agua producida.

La ubicación de las plantas desalinizadoras se observa en la Figura 8. Como se aprecia todas de las plantas desalinizadoras se encuentran en el norte de Chile entre la I y III regiones, donde la disponibilidad de agua es escasa, tanto para consumo humano como para actividades industriales.

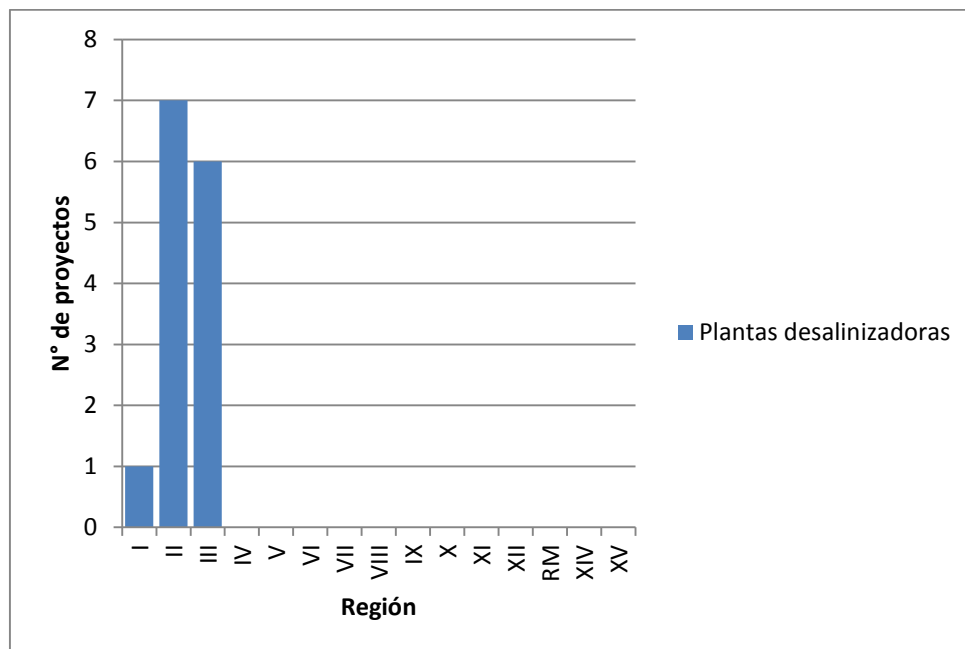


Figura 8. Proyectos de plantas termoeléctricas ingresados al sistema de evaluación ambiental de acuerdo a la región de ubicación del proyecto.

Tabla 4. Proyectos de plantas desalinizadoras presentados al SEIA separados por región y estado de aprobación en el sistema.

Región	Localidad	Nombre	Estado
I	Arica	Agua Potable Arica	Aprobado
		Planta desalinizadora agua mar La	
II	Antofagasta	Chimba	Aprobado
II	Antofagasta	Planta desalinizadora la Escondida	Aprobado
II	Antofagasta	Planta desalinizadora sur de Antofagasta	Aprobado
II	Hornitos	Planta desalinizadora Hornitos	Aprobado
II	Antofagasta	Planta desalinizadora Moly Cop.	Aprobado
II	Antofagasta	Planta Piloto	Aprobado
III	Chañaral	Planta abastecedora agua manto verde	Aprobado
III	Caldera	Planta desalinizadora CAP Totoralillo	Aprobado
III	Caldera	Planta agua potable atacama	En calificación
III	Caldera	Planta desalinizadora Candelaria	Aprobado
III	Caldera	Planta desaladora para el valle de Copiapo	Rechazado
III	Caldera	Planta desalinizadora bahía Caldera	Aprobado
IV	Los Vilos	Proyecto El Espino	En calificación

Centrales Hidroeléctricas

Los proyectos de centrales hidroeléctricas sometidos al SEIA se encuentran principalmente en el sur de Chile y tienen relación con los efectos que se generan en el mar debido a un cambio en los regímenes de los ríos luego del embalsamiento de las aguas, por lo que se evalúan sus efectos en esta matriz. También se considera la evaluación de la instalación de cableado submarino para el transporte de la energía. Una central hidroeléctrica ingreso para su evaluación al sistema en la I región de Iquique donde se va a utilizar agua de mar para generar electricidad aprovechando la geografía única de los farellones costeros del sector. En la Tabla 5 se indica la ubicación y nombre de los proyectos revisados.

Tabla 5. Proyectos de centrales hidroeléctricas presentados al SEIA separados por región y estado de aprobación en el sistema.

Región	Localidad	Nombre	Estado
I	Iquique	Espejo de Tarapacá	En calificación
X	Puerto Montt	Central de pasada Mediterráneo	Aprobado
XI	Aysén	Proyecto Alumisa	Desistido
XI	Aysén	Central Rio Cuervo	Aprobado
XI	Aysén	Energía Austral transmisión Eléctrica	En preparación
XI	Aysén	Hidroaysen	Aprobado

4.1.2.- Revisión bibliográfica de impactos ambientales asociados a los proyectos identificados.

Impactos ambientales definidos para emisarios submarinos.

Los efectos ambientales generados por los emisarios submarinos dependerán del producto que estos estén evacuando a las aguas marinas, es decir aguas servidas, desechos industriales o desechos mineros.

Los emisarios de aguas servidas han ingresado al SEIA hasta el momento a través de DIA. En estos proyectos se definen impactos ambientales asociados a la etapa de construcción y a la de operación. En la primera, los titulares de los proyectos describen impactos ambientales acotados en el tiempo durante la etapa de construcción del emisario debido al movimiento de terreno, instalación del emisario propiamente tal y en algunos casos tronaduras para abrir la brecha por donde pasará el emisario en el intermareal. De acuerdo a lo explicitado en las DIAs de los proyectos analizados, estos trabajos generarán destrucción de hábitat pero acotado espacialmente al sector donde se ubicará el emisario. Respecto de los impactos ambientales del efluente durante la etapa de operación, el impacto se establece como de reducida magnitud, debido a que el sector de sacrificio del emisario (punto de descarga del efluente al mar) donde la concentración de coliformes fecales alcanzará valores de concentración elevados, es un sector muy pequeño del área oceánica. Lo anterior debido a que parte del proceso de tratamiento aprovecha las condiciones naturales (salinidad, temperatura, pH, etc.) del medio marino para realizar el tratamiento natural. En este sentido, de acuerdo a lo estudios de T90 (decaimiento bacteriano) la zona impactada por un emisario de aguas servidas es limitada en el espacio a las cercanías de las bocas de los emisarios. El cumplimiento de la normativa del DS 90 el cual establece las normas de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales, permite a juicio de los titulares, respetando su cumplimiento, no

producir impacto en el medio marino para los parámetros indicados en dicha norma, es por esta razón que en general estos proyectos ingresan como DIA.

La literatura revisada al respecto, indica que los efluentes que son evacuados a través de emisarios submarinos permiten reducir la contaminación orgánica y bacteriológica mediante difusores, los cuales, junto a las mareas, corrientes y mezcla, pueden diluir las aguas servidas (Gauthier 1991; Huanca *et al.* 1996). Sin embargo, hoy no existe consenso a nivel científico que el agua de mar, a través del estrés osmótico elimine toda la carga bacteriana. Leonardi & Tarifeño (1996) por ejemplo, indican efectos de las aguas servidas sobre recursos naturales que habitan en las aguas costeras, particularmente sobre los lenguados *Paralichthys microps* y *Paralichthys adspersus* en la Bahía de Concepción. Del mismo modo, podrían representar un peligro para la salud humana, ya que estas descargas llevan una importante diversidad de bacterias patógenas que pueden causar graves enfermedades sobre la población, ya sea por contacto directo o por consumo de mariscos (Braga *et al.* 2000). Un ejemplo de estos efectos nocivos son la aparición del *Vibrio parahaemolyticus* con más de 1.500 personas afectadas en enero del 2004 (Rodríguez-Benito *et al.* 2004). De igual forma, Toledo *et al.* (2005), describe que a pesar de la entrada en funcionamiento de un emisario submarino, sectores adyacentes a la costa de la ciudad de Puerto Montt, aún poseían concentraciones altas de coliformes fecales, superiores a la norma (1000 Cf/100ml). Varios son los factores que pueden provocar efectos sobre la sobrevivencia de los coliformes en el agua de mar, como por ejemplo: luz, salinidad, presencia de agentes tóxicos, predación, entre otros. A pesar de esto, las bacterias fecales han mostrado una alta sobrevivencia en el mar, hasta cierto punto una alta adaptación, pudiendo permanecer en el sedimento (Davis *et al.* 1995).

Respecto de las comunidades marinas, Leppe (2006) indica que los índices de riqueza y diversidad específica de comunidades de infauna en sectores cercanos a los emisarios submarinos se encontraron reducidos, revelando una alteración de dichas comunidades.

Respecto de los emisarios de aguas industriales, Ludwig (1988) indica que en los lugares en que se descargan grandes cantidades de aguas residuales conteniendo volúmenes significativos de contaminantes de desechos industriales, las "partículas" o la materia en partículas pueden causar impacto adverso por las siguientes razones: (1) Las partículas finas tienden a flocularse en las aguas marinas y combinadas con los sólidos suspendidos descargados, pueden resultar en el enriquecimiento orgánico de los sedimentos del lecho en los alrededores del difusor, si la tasa de sedimentación es mayor que la tasa de asimilación en el lecho marino. (2) Las trazas de metales y las trazas de sustancias orgánicas tienden a adherirse a partículas y, por lo tanto, podrían acumularse hasta niveles indeseables. (3) Las partículas pueden reducir la transmisión de la luz y por lo tanto tener un impacto adverso sobre el crecimiento de algas marinas y otros organismos marinos.

Bigot *et al.* (2006) por ejemplo, describe una disminución en la riqueza y cambios temporales en las comunidades de macrofauna de fondos blandos, producto de las descargas industriales de una planta productora de azúcar, la cual vierte al mar riles ricos en sedimentos finos y materia orgánica. En Chile, Lancellotti & Stotz (2004), describen también una disminución de la abundancia en las comunidades macrofaunales en las cercanías de un emisario submarino donde se vertían los riles industriales de una planta productora de pellets de hierro. Para ambos casos no obstante, los impactos observados sobre estas comunidades son acotados espacialmente al sector cercano al vertimiento industrial. Landner *et al.* 1994, en tanto, indica que los residuos industriales líquidos vertidos al mar por la industria productora de celulosa en Escandinavia, disminuyó considerablemente luego de aplicar tratamientos más eficientes antes del vertido, observándose en la actualidad efectos menores y debidos al enriquecimiento de materia orgánica o eutroficación más que a efectos de las sustancias tóxicas producidas por la industria.

Impactos ambientales definidos para puertos

Impactos descritos en los EIA y DIA

El impacto ambiental referido a las operaciones de los puertos y descritos en los estudios ingresados al SEIA, tienen relación con aquellos generados en la etapa de construcción del puerto y aquellos generados en la etapa de operación de este.

Los impactos generados en la etapa de construcción de un puerto, son similares a los descritos en otros proyectos costeros donde se interviene un sector importante de la costa. Para esta etapa, los titulares de los proyectos describen los siguientes impactos ambientales en el ambiente marino: Destrucción de hábitats, fragmentación de hábitats, desplazamiento de especies, destrucción de bancos de especies sésiles, impacto en especies de mamíferos marinos debido al ruido durante la construcción o debido a la utilización de explosivos, cambio de las características del agua de mar debido a la re suspensión de los sedimentos y contaminación producto de residuos generados en la construcción tanto del agua de mar como de los sedimentos marinos.

Para la operación en tanto, los impactos ambientales son relativos al tipo de carga que se efectúa en el puerto y a la posibilidad que parte de los productos embarcados puedan llegar al mar. De esta forma por ejemplo, los puertos de carga de minerales declaran en sus estudios la posibilidad de contaminación de metales mientras que los puertos que cargan hidrocarburos declaran la posibilidad de contaminación por hidrocarburos. Los riesgos ambientales de estas sustancias perjudiciales incluyen daños a los recursos vivos (toxicidad), la bio acumulación, peligro para la salud humana (la ingesta oral, la inhalación y contacto con la piel) y la afectación de otras actividades económicas como son la pesca (Dabra *et al.* 2005). La liberación de estos compuestos en el medio marino puede tener efectos ambientales directos, como en el caso de la pérdida de sustancias tóxicas como metales o hidrocarburos, o efectos indirectos tales como la pérdida de sustancias ricas en materia orgánica no tóxicas que pueden resultar en el agotamiento del oxígeno del lugar con su consiguiente efecto en las comunidades marinas, esta situación se puede dar por ejemplo en los puertos de cargas de granos u otros productos orgánicos, los

que al caer al mar pueden provocar una fuerte alza de la materia orgánica presente en el sedimento marino (Clark, 1997). La gravedad de la contaminación del medio marino dependerá de la naturaleza de la sustancia y la cantidad y la concentración liberada en el entorno portuario.

Otros impactos relativos a la operación de un puerto y que son mencionados en los informes revisados, son la posibilidad de encuentros entre las naves y mamíferos marinos, la introducción de especies exóticas mediante las aguas de lastre de las embarcaciones y el efecto del ruido producido por la operación del puerto o por las naves sobre los mamíferos marinos. También han sido mencionados como impacto ambiental la posibilidad de choques de aves marinas atraídas por las luces del puerto.

Impactos portuarios y de tráfico marítimo descritos en la literatura

Los impactos descritos en los informes enviados al SEIA y comentados en los párrafos precedentes, se corresponden con lo descrito en la literatura para las operaciones portuarias de carga y sus actividades asociadas, donde las actividades que han sido identificadas como las de mayor impacto potencial sobre el medio ambiente marino son: descarga de agua de lastre; el uso de pinturas anti incrustantes; la eliminación de los desechos marinos; eliminación de desechos y aguas residuales; el dragado y la eliminación de residuos de dragado; los derrames de petróleo provenientes de las actividades de rutina o incidentes accidentales; derrames de materiales peligrosos, incluyendo productos químicos y materiales radiactivos; daños físicos a los hábitats marinos por cascos de los buques (por ejemplo, cuando se producen encallamientos o por el paso de propelas cerca del fondo); las emisiones de ruido (que puede afectar a mamíferos marinos o peces); y las emisiones a la atmósfera (Clark,1997; Dabra *et al.* 2005; Abdulla & Linden, 2008; O'Brien, 2012).

Entre los impactos producidos por la operación de los buques se han descrito efectos sobre las comunidades bentónicas así como efectos sobre los mamíferos marinos.

Las comunidades bentónicas se ven afectadas por la operación de los buques debido a la re suspensión de sedimentos por la acción de las propelas en puertos con fondos poco profundos. Los buques que naveguen en zonas de aguas poco profundas tienden a moverse los sedimentos de los fondos blandos. Esto genera que la fracción de sedimento fino puede permanecer suspendida en la columna de agua por algún tiempo, mientras que la fracción más gruesa se dispersa en una amplia zona del fondo marino, ahogando los hábitats bentónicos y la biota en el proceso. Ciertos hábitats, como los bosques de algas, los bancos de recursos bentónicos sésiles y las praderas marinas de coral, son particularmente sensibles a la perturbación, ya que esto conduce a alteración en las características físico-químicas de la columna de agua (Abdulla & Linden, 2008).

Otros impactos descritos en la literatura para la operación de puertos y con efectos en las comunidades bentónicas del sector, tienen relación con la contaminación química generada por la presencia de pinturas de antifouling en los cascos de los buques. Las pinturas anti incrustantes están diseñadas para proteger los cascos de los buques del crecimiento de organismos marinos (ANZECC, 1996). Las sustancias tóxicas en las pinturas pueden incluir óxido de cobre, óxido de mercurio y el tributilo de estaño (TBT). Estos componentes se liberan lentamente por lixiviación durante la vida del recubrimiento de manera de eliminar los organismos que se pegan en el casco del buque. Así como estas pinturas anti incrustantes evitan el crecimiento de organismos en el casco, también estas mismas toxinas se liberan al ambiente. Estudios muestran que existe un vínculo entre los anti incrustantes TBT y deformidades ostras (Lewis, 2001). Estos moluscos no puede metabolizar el TBT y por lo tanto malformaciones pueden ser inducidas incluso por bajas concentraciones de este elemento (Lewis, 2001).

Respecto de los mamíferos marinos, se ha descrito que el tráfico de los buques genera impactos ambientales debido a la producción de ruido difuso y casi continuo que puede afectar a zonas muy amplias. El ruido de la propulsión de buques representa más 90% de la energía acústica que los seres humanos ponen el mar (Green *et al.*, 1994). Esta contaminación sonora puede causar que los mamíferos

marinos abandonen su hábitat (Borsani *et al.*, 2007) y/o alteren su comportamiento ya sea por perturbación directa (Aguilar-Soto *et al.*, 2006) o mediante el enmascaramiento de las señales de su acústica en grandes áreas (Payne & Webb, 1971; Hildebrand, 2005), llegando a enmascarar la comunicación de larga distancia de las ballenas (Payne & Webb, 1971). Sonidos fuertes pueden directamente afectar sus capacidades auditivas produciendo ya sea pérdida de audición temporal o permanente (Simmonds & López-Jurado, 1991; Richardson *et al.*, 1995; NRC, 2000; NRC, 2003; Gordon *et al.*, 2004). Además del efecto del ruido sobre los mamíferos marinos, se ha reportado efectos del ruido sobre tortugas marinas e incluso sobre peces (Wahlberger & Westeberg, 2005; Mitson & Knudsen, 2003).

El tráfico marítimo además, puede generar un efecto ambiental adverso sobre las poblaciones de mamíferos marinos debido a las colisiones entre buques y ballenas, tanto odontocetos y misticetos, los que se reportan regularmente de todos los océanos del mundo. En ciertos casos la colisión de embarcaciones con mamíferos marinos puede ser una seria amenaza para la supervivencia de una especie, como en el caso de la Ballena franca del Atlántico Norte, *Eubalaena glacialis* (Knowlton & Kraus, 2004; Kraus *et al.*, 2005; Knowlton & Brown, 2007). La literatura reporta colisiones de barcos con al menos 11 especies de grandes ballenas (Laist *et al.*, 2001; Jensen & Silber, 2003). De éstas, la rorcual común (*Balaenoptera physalus*) es la especie más comúnmente registrada como golpeada por los buques en todo el mundo (Panigada *et al.*, 2006).

La introducción de especies exóticas, es otro impacto ambiental importante observado en los puertos de todo el mundo. El transporte marítimo ha estado implicado en la transferencia de numerosos organismos neríticos a costas extranjeras (Carlton, 1985; CIESM, 2002; Galil, 2006). Este transporte no intencional por parte de los buques se produce tanto a través del agua de lastre y sedimentos o por medio de incrustaciones en el casco (Carlton, 1985; Minchin & Gollasch, 2002). Se ha estimado que entre 3.000 y 4.000 especies están siendo transportadas por buques cada día (Carlton & Geller, 1993).

Respecto de la etapa de construcción de los puertos o en general estructuras costeras, en la literatura se ha descrito como impacto ambiental la destrucción de hábitats y la fragmentación de los mismos. La fragmentación se define como hábitats originalmente continuos que son subdivididos en dos o más fragmentos de menor tamaño, los cuales quedan aislados por una matriz estructural y funcionalmente diferente, usualmente de origen antrópico, la que puede modificar profundamente la biodiversidad que habita en los fragmentos remanentes. Estas modificaciones se expresan en cambios en los diferentes componentes de la biodiversidad en todos los niveles de organización biológica desde genes hasta ecosistemas y paisajes (Lindenmayer & Fischer, 2006). Esta matriz que separa ambos fragmentos de hábitat es usualmente inhóspita para los organismos (Forman, 1995; Fahrig, 1997). Para puertos por ejemplo, se podría esperar una fragmentación de hábitat para especies de mamíferos costeros como son los chungungos (Medina-Voguel, *et al.* 2007)

De acuerdo a lo establecido por las guías de evaluación ambiental para dragados marinos de la autoridad ambiental Australiana (Environmental Assessment Guideline No.7, 2011), todo dragado causa un impacto ambiental en los sitios de dragado, eliminación y potencialmente también más lejos (Victoria EPA 2001, Pianc, 2010). Estos impactos incluyen:

- Pérdida directa de las comunidades bentónicas y hábitats por la eliminación o enterramiento.
- Impactos indirectos sobre las comunidades bentónicas, debido al efecto de los sedimentos que quedan suspendidos en la columna de agua tanto en el sector de dragado como en el de eliminación. Esto se debe a que los dragados generalmente causan el aumento de la concentración de sólidos en suspensión tanto alrededor del sitio de dragado como en el sector donde los sedimentos recogidos son dispuestos (Soe, 1996). Los impactos potenciales incluyen: La asfixia de los organismos del fondo marino; obstrucción de las branquias de peces e invertebrados; la reducción de la luz disponible para las plantas; la liberación de nutrientes y metales traza tóxicos de los sedimentos contaminados; bio acumulación de toxinas en los organismos y

posiblemente la cadena alimentaria; disminución del oxígeno disuelto en la columna de agua y la reducción de la calidad del agua en general (O' Brien, 2009).

- Cambios en la morfología de la costa, batimetría y hábitats a través de la modificación de los procesos ecológicos y físicos.
- Introducción de especies de plagas invasivas trasladadas con el equipo de dragado que puede tener tanto consecuencias ecológicas como económicas;
- Liberación y dispersión de contaminantes en la calidad del medio ambiente marino. El material dragado puede estar contaminado especialmente si los sedimentos son de puertos en zonas urbanas o industriales o donde se realiza carga de metales pesados, hidrocarburos o sustancias altas en nutrientes (ANZECC, 1998).
- Conflictos con las pesquerías y los impactos sobre los recursos pesqueros, sus hábitats y la producción de la pesca;
- Impactos sobre el comportamiento y la supervivencia de la fauna marina, incluyendo las especies especialmente protegidas.

Respecto de la contaminación de los puertos con sustancias procedentes de sus productos de carga como minerales, existe numerosa literatura que da cuenta del aumento de metales pesados en los sedimentos cercanos a puertos de carga de minerales (Adams *et al.*, 1998), las que pasados ciertos límites generan efectos tóxicos en las especies que allí habitan generando efectos letales o crónicos. De igual forma, los metales son bioacumulados por las especies marinas lo que puede traer efectos en la salud humana o consecuencias económicas al limitar la actividad pesquera en el sector. De hecho, varios países poseen normativa respecto de las máximas concentraciones permitidas en sedimentos marinos bajo las cuales no se espera que existan efectos adversos en las comunidades marinas, como por ejemplo las normativas Canadienses, Australianas y de Estados Unidos (CCME,2002; ANSEEC, 1992).

Impactos ambientales definidos para plantas termoeléctricas

Además de los impactos ambientales que se producen durante la construcción de la plantas termoeléctricas, los que fueron comentados en el acápite para puertos, los informes enviados al SEIA refieren para este tipo de proyectos, dos efectos principales en el ambiente marino: 1) destrucción de zoo y fitoplancton y otros organismos marinos debido a la succión de agua de mar hacia los sistemas de enfriamiento de la planta 2) efectos del aumento de la temperatura del agua devuelta al mar luego de los procesos de enfriamiento, además de la presencia de compuestos antifouling en ella.

Respecto del primer punto, si bien los primeros estudios establecían mortalidades de un 100% del plancton que pasaba por los sistemas de enfriamiento industrial (Enright, 1977), en la actualidad con las nuevas técnicas de muestreo se estima que la mortalidad puede variar entre un 10 y 100% dependiendo de la temperatura del agua durante el paso por el sistema de enfriamiento (Mayhew, *et al.* 2000; Melton & Serviss, 2000). Mayhew *et al.* (2000) observó por ejemplo una alta supervivencia cuando la temperatura del sistema de enfriamiento no sobrepasaba los 30°C pero un 100% de mortalidad de ciertas especies cuando se superaban los 32°C. Poormina *et al.* (2005) por su parte establece que la cloración del agua del sistema de enfriamiento tiene mayor importancia en la mortalidad del fitoplancton que la temperatura. Este autor observa disminuciones importantes de la abundancia del fitoplancton y de clorofila a luego de pasar por los sistemas de enfriamiento, pero una recuperación importante de los niveles de clorofila a se observan en el punto de mezcla luego de salir del sistema de refrigeración, indicando por lo tanto efectos puntuales en el ambiente.

El efecto ecológico de la mortalidad del plancton sin embargo, ha sido mucho menos estudiado. Dado el importante rol que juegan las comunidades planctónicas en el ecosistema, ya sea como productores primarios, como larvas o propágulos de muchos organismos marinos o como fuente de alimento, la extracción de plancton en

los sistemas de enfriamiento tiene un potencial impacto en el ecosistema del lugar. De acuerdo a Roberts *et al.*, (2008), los efectos ecológicos pueden ser directos o indirectos. En el caso de la succión de plancton el efecto directo sería la mortalidad de plancton y por lo tanto una disminución de su abundancia y diversidad en el sector. Diversos estudios sin embargo, no han encontrado efectos detectables en la abundancia del plancton más allá del punto de descarga (Carpenter *et al.* 1974; Jordan *et al.* 1983; Poormina *et al.*, 2005) En los casos citados anteriormente si bien la mortalidad del plancton al pasar por el sistema de enfriamiento vario entre un 25 y 100% no se detectaron reducciones en la abundancia del plancton en las aguas receptoras. Otros estudios han determinado que los efectos son principalmente locales con disminución de la abundancia y diversidad del plancton en un rango que va desde el punto mismo de la descarga hasta 200 metros de distancia (ver resumen de efectos en Roberts *et al.* 2008). Los mayores efectos en las comunidades de plancton se observan en sectores con una bajo intercambio y movimiento de agua en especial bahías, estuarios o lagos (Younsbluth, 1976).

Los efectos indirectos de la mortalidad del plancton que pasa por los sistemas de enfriamiento pueden ser disminuciones en el reclutamiento de especies bentónicas o disminución de la abundancia de aquellas especies que se alimentan del plancton. Estos efectos por lo tanto se podrían apreciar en cambios poblacionales o comunitarios en los sectores adyacentes al sitio de descarga del efluente. Efectos similares podrían ser esperados por el aumento de la temperatura en el mar.

El efecto del efluente termal de los sistemas de enfriamiento en el ambiente marino ha sido escasamente estudiado. El aumento de la temperatura del agua podría producir disminución de la abundancia de algunas especies, reemplazo de especies incluso con especies exógenas y cambios en la diversidad. Esto debido a que el cambio de temperatura en el agua de mar podría volver el ambiente bentónico inestable. No obstante, en aguas costeras someras, así como en el intermareal, el ambiente está sujeto naturalmente a una alta variación tanto de factores físicos, como químicos (Cheng *et al.*, 2004), esto es particularmente cierto para la zona intermareal, donde las especies que allí habitan están sujetas constantemente a cambios abruptos de

temperatura de acuerdo al cambio de las mareas. De esta manera numerosos autores han reportado que los efectos de los efluentes termales son más bien localizados y cercanos al punto de descarga (Bamber & Spencer, 1984; Turnpenny & Coughlan, 1992; Cheng *et al.*, 2004; Poormina *et al.*, 2005;) Entre los efectos reportados localmente se puede mencionar, disminuciones de las algas *Fucus vesiculosus* y *Ascophyllum nodosum* debido a cambios de temperatura en la cercanía de un sistema de enfriamiento (Vedas *et al.* 1978). Naylor (1965) por su parte, informa del reemplazo de las especies de cirripedios del lugar cercano a la descarga de agua por especies introducidas las cuales se adaptan mejor a desovar a mayor temperatura. Bamber (1991) observó disminuciones de diversidad en la comunidad asociada a Laminaria con la proximidad de la fuente de descargas de aguas de una planta nuclear. Otros estudios en cambio reportan que las condiciones de las comunidades no han sido afectadas por la descarga del efluente termal y la riqueza, diversidad y abundancia de las especies se mantienen similares a las observadas en otros sectores de la costa (Rivosecchi & Gusso, 1990).

Impactos ambientales definidos para plantas desalinizadoras

Los impactos ambientales potenciales explicitados en los proyectos de plantas desalinizadoras presentados al SEIA, se refieren principalmente a los producidos por la construcción de las estructuras de los emisarios de succión y de descarga, lo cual puede causar la destrucción parcial o temporal de los hábitats costeros, impactos que fueron discutidos en el acápite de los impactos ambientales de los puertos.

Entre los impactos ambientales descritos en la literatura, destaca el efecto que la pluma salina puede tener sobre las comunidades marinas del sector cercano al emisario submarino. Esta pluma salina contiene los constituyentes naturales del agua de mar en una forma concentrada y puede además contener diversos aditivos químicos, como antiescalantes, coagulantes y antifouling, todos los cuales puede afectar los ecosistemas locales (Lattemann, 2010; Cotruvo *et al.* 2010, Ruiz, 2005). Parte de los aditivos que se agregan son hipoclorito sódico comercial, bisulfito o metasulfito sódico, derivados de polifosfatos o poliacrilatos, ácido sulfúrico y cloruro

férrico, estos aditivos son vertidos al mar junto con las aguas hipersalinas (Palomar & Losada, 2008). Ya que la pluma salina permanece en el fondo debido a su mayor densidad, sus mayores efectos se producirán sobre los organismos bentónicos del sector, especialmente sobre aquellos organismos que viven asociados al fondo marino y que tienen una movilidad limitada. Ya que estos organismos viven en un balance osmótico con su entorno, un incremento de la salinidad puede resultar en la deshidratación de las células y por tanto en la muerte de los individuos.

El incremento de la salinidad ha producido impactos ecológicos detectables en hábitats dominados por pastos marinos, en el fitoplancton y en comunidades de invertebrados y peces en áreas en las cercanías a los emisarios submarinos de descarga de la pluma salina (Fernández-Torquemada *et al.*, 2005).

Para las praderas de angiospermas marinas y el alga *Caulerpa prolifera*, que son sistemas estructuralmente complejos y constituyen el hábitat para un gran número de organismos por lo que se las considera refugios de biodiversidad (Gacía & Ballesteros, 2001), se ha detectado que el incremento de salinidad está afectando el metabolismo del nitrógeno, del carbono y está produciendo una disminución de la fotosíntesis, lo que está generando una pérdida de praderas importantes y con ello una disminución importante de comunidades asociadas (Romero *et al.* 2000; Gacía & Ballesteros 2001). Lo mismo se ha observado en España donde las aguas hipersalinas alcanzan a comunidades bentónicas que se encuentran a dos kilómetros de distancia, produciendo una disminución importante de praderas de *Posidonia oceánica* y de la diversidad de otros organismos bentónicas asociados (Ruiz, 2005). Las diatomeas bentónicas también han sido afectadas por el aumento de la salinidad y se ha observado una disminución en su riqueza y abundancia, así como un menor contenido de clorofila a que en áreas no impactadas (Crockett, 1997).

Las comunidades bentónicas de fondos blandos, también se han visto afectadas ya que se altera la estructura y diversidad de las comunidades que allí habitan (Ruso *et al.*, 2007, 2008). Entre otros efectos, se ha encontrado un incremento en la dominancia de nematodos en el sector adyacente a la descarga (Ruso *et al.*, 2007; ,

Del-Pilar-Ruso *et al.* 2008), y una reducción de la diversidad y abundancia de poliquetos hasta 400 m de distancia de la descarga (Ruso *et al.*, 2008; Crastiota *et al.* 2001). Para Chile en tanto, Seguel, (2014) indica que luego de un año de funcionamiento de una planta desalinizadora, no se observan efectos adversos en las comunidades infaunales en las inmediaciones de su emisario. A pesar de estos antecedentes, el impacto que puede generar estos vertidos sobre la flora y fauna en diversos hábitat no ha sido mayormente evaluado (Lattemann & Höpner 2008; González *et al.* 2009).

Respecto del ingreso de organismos a la planta junto con las aguas de proceso, el efecto esperable es similar al descrito para las plantas termoeléctricas y se puede dividir en dos efectos: el arrastre (entrainment) de huevos y larvas de peces e invertebrados, esporas de algas y biomasa de fitoplancton y zooplancton, que usualmente resulta en su pérdida debido a los pre tratamientos a los que se somete el agua de mar, que incluyen cloración para evitar el crecimiento de organismos marinos al interior de los sistemas de la planta y la remoción de sólidos suspendidos (Lattemann, 2010). El otro fenómeno que se observa es el atrapamiento (impingement) de organismos marinos mayores como peces, lobos marinos, tortugas etc., los que son absorbidos con el agua y pueden fallecer por sofocación, inanición o agotamiento debido a que el organismo se inmovilizó contra las rejillas de la boca de admisión (Lattemann, 2010; Khordagui, 2002)

Impactos ambientales definidos para centrales hidroeléctricas

Los proyectos de centrales hidroeléctricas ingresados al SEIA y que tienen influencia en el ambiente marino no son muy numerosos, sin embargo sus posibles impactos ambientales son distintos a los descritos en las actividades anteriormente mencionadas. Los efectos descritos en los estudios ingresados al SEIA tienen relación con dos causas principales. Por un lado, el cambio en el régimen de las aguas de los ríos que son intervenidos y represados puede tener un efecto en aquel sector del mar donde este río descarga sus aguas y por lo tanto en las comunidades marinas que allí habitan. De igual forma puede haber un efecto en aquellas especies

que migran y tienen estadios tanto en agua dulce como marina. También los estudios de impacto ambiental evalúan el impacto de la instalación de un cable submarino para la transmisión de la energía producida por las centrales generadoras.

El impacto en el ambiente marino debido al cambio de los regímenes fluviales por el represamiento de parte de las aguas de un río, se centra en tres grandes temas que afectan el sistema litoral. En primer lugar existe un problema de aumento de la salinidad en la zona de mezcla de las aguas dulces y marinas, en segundo lugar se produce un fenómeno de disminución de la productividad biológica y de cambios en la distribución de las especies, y en tercer lugar se produce una disminución del aporte de sedimentos fluviales al sistema. También hay que tener en cuenta la posible afectación por una disminución de la calidad del agua y por cambios en el régimen fluvial (Ibáñez *et al.* 1995; Ibáñez *et al.* 1996). Por ejemplo, para el río Nilo, se tiene constancia de que la disminución del caudal del río y la falta de aguas ricas en nutrientes a causa de la construcción de la presa de Aswan afectó la productividad de las aguas marinas (Wahby & Bishara 1981).

El campo magnético es un factor que influye en el comportamiento de diversas especies marinas, las que influyen en su conducta y orientación. Detección de campos magnéticos naturales, respuestas conductuales a estos campos u orientación debido a ellos, han sido demostrados para elasmobranchios (Kalmijn 1982; Meyer *et al.*, 2005), peces óseos como el atún, el salmón, la trucha y anguila (Walker *et al.* 1984; Mann *et al.* 1988; Diebel *et al.* 2000; Moore & Riley, 2009), las tortugas marinas (Lohmann *et al.* 2001; Lohmann & Lohmann 1998), los mamíferos marinos (Klinowska 1985; Kirschvink *et al.* 1986; Walker *et al.* 1992), e invertebrados incluidos moluscos y artrópodos (Lohman & Willows 1987; Ugolini & Pezzani 1995; Ugolini, 2006; Boles & Lohmann 2003). Por ejemplo, alteración de las rutas migratorias del salmón rojo (*Oncorhynchus nerka*) en Canadá se ven influidos por los cambios en el campo geomagnético de la tierra (Putman *et al.* 2013).

De acuerdo a la literatura, las especies marinas varían en la sensibilidad y la respuesta que tienen a los campos electromagnéticos generados por cables

submarinos (Normandeau *et al.* 2011; Fisher & Slater 2010; Gill *et al.* 2012; CADA *et al.* 2011).

Estudios de laboratorio desarrollados por Woodruff *et al.* (2013), muestran poca evidencia de respuestas en el comportamiento de tres especies marinas (lenguado, cangrejo y langostas) respecto de campos magnéticos generados artificialmente, no observándose evasión o atracción a estos, aunque si se evidenció cambios en el uso del espacio y nivel de actividad de estas.

4.1.3.- Revisión bibliográfica de metodologías y criterios para el dimensionamiento y evaluación de variables biológicas (Objetivo 2).

Fitoplancton

El fitoplancton marino es evaluado en casi todos los estudios que se revisaron y se incorpora como un estudio estándar dentro las líneas de base ambientales en ambientes marinos no importando el tipo de proyecto que se trate. Sin embargo, no es una matriz que se evalué en todos los planes de vigilancia ambiental. De hecho, proyectos que tienen efectos sobre esta componente como son las plantas termoeléctricas o las plantas desalinizadoras que succionan agua de mar no siempre incorporan la evaluación del fitoplancton. La evaluación de esta componente se realiza mediante un análisis cualitativo y cuantitativo de las comunidades presentes en la zona de influencia del proyecto. El análisis cualitativo se desarrolla, en la mayoría de los casos mediante arrastres verticales de la columna de agua desde el fondo hasta la superficie, aunque en algunos proyectos esto se complementa con arrastres horizontales por un tiempo determinado. La red utilizada es una red cilíndrica con una apertura de poro que varía según proyecto, reportándose redes con aperturas de 25, 35 y 60 μm , siendo la red más comúnmente usada la de 60 o 62 μm . La elección del tamaño de apertura de poro no es justificada en los proyectos y más bien depende del consultor que realiza la evaluación. Solo en proyectos desarrollados en la zona austral, específicamente en la zona de fiordos los consultores especifican la elección de redes de poro pequeño (25 μm), debido a la presencia en la zona de microalgas que generan floraciones algales tóxicas y que por su tamaño deben ser muestreadas con redes de apertura de malla menor tales como *Alexandrium catenella*, *Protoceratium reticulatum*, *Gonyaulax spinifera*, *Lingulodinium polyedrum* y evaluar la presencia del pequeños dinoflagelados del género *Azadinium*.

Las muestras obtenidas por la red son fijadas mediante formaldehído y enviadas a los respectivos laboratorios para su análisis cuya técnica utilizada es la de sedimentación.

La metodología utilizada para la evaluación cuantitativa del plancton en tanto, se realiza mediante la toma de una muestra discreta de agua a diferentes profundidades mediante una botella oceanográfica, en general del tipo Niskin. Las muestras se toman en superficie, 5 metros y 15 metros, aunque otras variaciones de profundidades también existen y depende de la profundidad de la estación donde se toma la muestra y del criterio del consultor, el cual no se encuentra especificado en los informes. Una variación a esta metodología pero no muy utilizada es la toma de muestras mediante una manguera tipo Lindhal (Lindhal, 1986). A diferencia de la toma de muestras con botella, esta manguera toma muestras de agua de un continuo de la columna mediante segmentaciones que permiten retener, en la medida que se cierran las llaves, una porción de agua equivalente a los metros de distancia entre las llaves. Esta metodología tiene como fundamento la capacidad de desplazamiento de algunos componentes del fitoplancton, especialmente los dinoflagelados que pueden moverse verticalmente en la columna de agua. De este modo, la distribución vertical del fitoplancton puede ser muy heterogénea, destacando además que algunas especies pueden formar agregaciones de alta densidad en franjas muy estrechas en la columna de agua las que pueden ser desde pocos centímetros a unos pocos metros, proceso conocido como “agregaciones en capa fina” (Durham & Stocker, 2012). En el laboratorio las muestras son analizadas mediante el método de (Utermöhl, 1958).

En la mayoría de los proyectos analizados la evaluación del fitoplancton tanto cualitativo como cuantitativo se realiza en las mismas estaciones en que se evalúa la química de agua y sedimento y por lo general se realiza mediante la obtención de una muestra única sin réplica para las muestras cuantitativas. La presencia de estaciones control es escasa y por lo general corresponde sólo a un control.

El análisis de la información obtenida incluye para la mayoría de los casos, la identificación de las especies presentes, su densidad en las distintas capas de agua muestreadas e indicadores de riqueza y diversidad y se realizan análisis de agrupamiento por lo general mediante el índice de Bray-Curtis.

Las metodologías utilizadas en los estudios de esta matriz se corresponden con la que ha sido descrita en la literatura. Por ejemplo, Suthers & Rissik, (2008) mencionan la toma de muestras de fitoplancton mediante redes para evaluaciones cualitativas y la toma de muestras puntuales a diferentes profundidades mediante botellas Niskin o bombas peristálticas para estudios cuantitativos. Estos autores mencionan sin embargo, la importancia del diseño muestral para obtener resultados confiables con una buena estimación de la variabilidad natural de las comunidades estudiadas. De esta manera se debiera estudiar la comunidad fitoplanctonica mediante una adecuada representación espacial en una grilla de estaciones que incluya sitios control y con una adecuada replicabilidad de cada muestra, recomendando entre dos y cuatro réplicas por estación y profundidad, especialmente en estudios de impacto ambiental sobre las comunidades fitoplanctonicas. Estos autores recomiendan diseños muestrales del tipo “Beyond BACI”, con múltiples controles y en múltiples tiempos (Suthers & Rissik, 2008).

Zooplancton

Los muestreos de zooplancton reportados en las líneas de base presentados el SEIA, por lo general consisten de muestreos desarrollados mediante redes tipo Nansen, la cual se recoge desde el fondo a la superficie realizando un muestreo vertical y se desarrollan de manera paralela a los estudios de fitoplancton. En algunos casos, se utilizan redes bongo que complementan las estudios realizados con redes Nansen. La red utilizada en todos los casos corresponde a una red de apertura de malla única y por lo general con una apertura de 330 o 303 μm aunque otras aperturas de malla también son utilizadas, sin justificación en general para su elección. La utilización de redes con apertura de malla única, como los utilizados en los estudios, son recomendados para muestreos cuantitativos (Omori & Ikeda, 1984). Por lo general los estudios del zooplancton presentados en los informes de las líneas de base, no dan cuenta de la distribución vertical del plancton ni tampoco sus migraciones verticales o su ciclo circadiano, salvo algunos estudios como los realizados para la planta desalinizadora de Manto Verde en la III región.

Para el cálculo de la abundancia del zooplancton e ictioplancton, si bien en algunos casos se utilizan flujómetros, para determinar la cantidad de agua filtrada y por tanto la abundancia del zooplancton por unidad de volumen, en general el método más utilizado es una transformación en que se estandariza a un volumen de agua de 100 m³. Por lo general, la metodología de muestreo y estandarización de las pescas de zooplancton e ictioplancton se realiza considerando los protocolos de pesca planctónica, estandarización y fijado de las muestras, de acuerdo a lo propuesto por Robinson *et al.* (1996) y Smith & Richardson (1979). Esto es debido a que la mayoría de los estudios del zooplancton son realizados por el especialista de la Universidad de Valparaíso Ricardo Bravo, por lo que los muestreos y análisis son similares entre los distintos estudios.

Respecto del diseño muestral, este consiste en la obtención de una muestra única en cada una de las estaciones de muestreo, aunque en algunos casos se han obtenido dos y tres réplicas. Las estaciones de muestreo varían en número entre tres y once, la mayoría de las veces sin control. Los análisis que se desarrollan una vez obtenidas las muestras son riqueza, diversidad, uniformidad y abundancia. En algunos casos comparaciones multiparámetricas son realizadas entre las estaciones de muestreo.

La metodología muestral utilizada en los estudios ingresados al SEIA se corresponde a metodologías estándar utilizadas para la evaluación del zooplancton marino, correspondiendo a una de muchas variaciones existentes y que cambian de acuerdo al objetivo del estudio y a las especies estudiadas (Omori & Ikeda, 1984). Respecto de la luz de malla, esta depende del objetivo del estudio, sin embargo el estándar propuesto por la UNESCO para el zooplancton corresponde a 200 µm (Harris *et al.* 2000) y para el estudio de larvas y huevos de peces los biólogos pesqueros habitualmente usan redes de 500 µm

No obstante y al igual que para el fitoplancton, los autores recomiendan énfasis en los diseños muestrales que permitan estimar la variabilidad espacial y temporal de su distribución. Por ejemplo, es importante establecer la relación del zooplancton con las mareas o la fase lunar, así como los ciclos circadianos de las especies de

manera de que los muestreos sucesivos sean comparables o para asegurar el correcto monitoreo de todas las especies si estas son importantes para el objetivo del proyecto (Suthers & Rissik, 2008)

Comunidades de infauna

Las comunidades de infauna submareal es una matriz evaluada en todos los proyectos revisados que se sometieron al SEIA, salvo algunas excepciones que se debieron a la no presencia de fondos blandos en el sector de estudio. La metodología utilizada para la evaluación de estas comunidades consiste en la extracción de muestras de sedimento en un número de estaciones que va desde las 6 a las 11 estaciones de muestreo, mediante draga tipo Van Veen u otra similar de 0,1 m² de área muestral o mediante *core* manual de área muestral variable. En algunas ocasiones se ha utilizado también el muestreo mediante la succión de sedimento en un cuadrante de la misma medida de área. Para cada una de las estaciones se obtienen tres réplicas con muy pocas excepciones. La razón de la uniformidad en los muestreos de esta matriz radica en que los consultores siguen las indicaciones establecidas en la “Guía Metodológica de Revisión Técnica Sectorial de Estudios de Impacto Ambiental en el Medio Ambiente Acuático de Jurisdicción Nacional para Proyectos que contemplen Descargas de Residuos Líquidos, de Puertos y Terminales Marítimos u Otros” de la Dirección de Territorio Marítimo y Marina Mercante (DIRECTEMAR). Esta guía metodológica entrega los lineamientos para el desarrollo de estudios en el ambiente marino y establece para esta matriz el monitoreo de al menos seis estaciones con tres réplicas de un área de 0,1 m² muestreada mediante draga o succión. Las muestras obtenidas son cernidas en terreno o fijadas y luego enviadas al laboratorio para la separación de la fauna presente. Para ambos casos se realiza en tamices de 1 mm de luz de malla. La fauna así separada es identificada bajo lupa, contada y pesada, donde la biomasa es expresada tanto como Peso seco libre de cenizas como peso húmedo, esto dependiendo del consultor.

La información obtenida es analizada de manera similar en todos los estudios revisados e incluye información de abundancia de los distintos *taxa*, biomasa, riqueza total, diversos índices de diversidad y uniformidad (generalmente índice de Shannon

para diversidad y de Pielou para uniformidad), así como análisis de agrupamiento para determinar diferencias entre las distintas estaciones, principalmente dendrogramas y análisis de escalamiento no métrico multidimensional (nMDS) ambos mediante el índice de disimilitud de Bray-Curtis.

También es estándar el análisis ambiental de las comunidades de la infauna mediante las curvas de k-dominancia. Este análisis es solicitado también por la guía antes citada de la Directemar. Este análisis consiste en la comparación de la curva acumulada de la biomasa respecto de la abundancia, indicando si una comunidad esta impactada o no.

El uso de dragas para obtener una muestra de las comunidades de infauna es uno de los procedimientos metodológicos más usados para estudiar esta matriz (Eleftheriou & McIntire, 2005) especialmente para atrapar organismos sedentarios de baja movilidad e infauna, sin embargo otros métodos como la obtención de muestras mediante succión del sedimento o la obtención de muestras mediante *corers* manuales sacados por un buzo también son usados habitualmente. La obtención de muestras mediante arrastres también es un método habitualmente utilizado en el muestreo de los fondos blandos submareales (Carey & Heyamoto, 1972). Por lo general el análisis posterior se realiza separando la muestra a través de cernidores con apertura de malla que varía entre 0,5 mm y 1mm (Rumohr, 1999)

Al igual que lo discutido para el fitoplancton y el zooplancton, un diseño muestral que permita determinar de correcta forma la variabilidad ambiental de las comunidades de la infauna y la correcta representación espacial y temporal de estas es el punto más importante en los estudios de impacto ambiental de esta matriz (Eleftheriou & McIntire, 2005). Se requiere por tanto, muestreos en diferentes tiempos lo cual permite tener una buena replicación temporal (Underwood, 1996). En general para evaluar el impacto de una zona intervenida, se debería contar con controles tanto temporales como espaciales, para de esta manera desarrollar diseños muestrales más apropiados como los BACI (Before After Control Impact) (Underwood, 1996; Willis *et al.* 2003). En segundo lugar, identificar verdaderos

controles espaciales es complicado y se podría necesitar muestrear una mayor cantidad de sitios en un gradiente de distancias desde el límite de la zona de influencia del proyecto a ambos lados (Halpern *et al.*, 2004).

En general la perturbación de las comunidades submareales de infauna se ha evaluado mediante las curvas de k-dominancia, sin embargo otros indicadores como métodos univariados, los cuales calculan un índice numérico que resume en una sola medida las características de la comunidad, están comenzando a ser utilizados para evaluar la condición ambiental de las comunidades (Muniz *et al.* 2012). Entre estos métodos podemos encontrar el “AZTIM Marine Biotic Index” (AMBI), índice que evalúa el impacto producido en un área particular. El índice clasifica la calidad ambiental en una escala que va de 0 (normal) a 7 (azoico). El índice se calcula en base a la proporción de cinco grupos ecológicos de macrofauna bentónica presentes en el área de estudio, considerando sus diferentes grados de sensibilidad al estrés ambiental (Borja *et al.* 2000; Muxika *et al.* 2005; Pérez 2013). El AMBI ha sido ampliamente utilizado en gran parte del mundo, debido a la efectividad de sus resultados y a la facilidad con que se calcula este índice (Pérez, 2013). Este índice está siendo incorporado en los análisis solicitados por la subsecretaría de pesca para el análisis de las evaluaciones para el Reglamento Ambiental de la Acuicultura y para el análisis ambiental general (FIP 2014-47 recientemente licitado)

Comunidades de fondos duros submareales

Esta matriz es escasamente evaluada a pesar de que los fondos rocosos son bastantes comunes en los primeros metros de profundidad de la costa Chilena a excepción de algunas bahías. La metodología con la que se evalúa esta matriz también es variada, aunque predominantemente consiste en la evaluación mediante cuadratas de 1 o 0,25 m² dispuestas azarosamente en el submareal rocoso o a lo largo de transectos distribuidos perpendicularmente a la costa. Cada cuadrata consta además de una grilla de 100 puntos de intersección en los que se evalúan las especies sésiles y las algas. Al igual que para la evaluación de la infauna, la guía metodológica de la Directemar también sugiere metodologías para evaluar las comunidades de fondos duros submareales en que se establece un mínimo de seis transectos con 10

estaciones cada una lo que condiciona los muestreos realizados a lo solicitado por la guía antes citada. Para esta matriz sin embargo, los estudios presentan numerosas variaciones, especialmente en el número de transectos evaluados, el número de estaciones por transecto y el número de réplicas en cada una de las estaciones, las que varían entre una y tres.

La evaluación de los fondos duros, especialmente la evaluación de las comunidades que habitan en ellos, definidas en los estudios revisados se corresponde con los métodos utilizados habitualmente en la literatura. Estos métodos corresponden en su mayoría a la evaluación de un área determinada del sustrato para la determinación de las especies que se observen ya sea en densidad como en cobertura. Dentro de estos métodos los más comunes son los transectos de intercepto (Bredbury *et al.* 1986) usados habitualmente para estimar coberturas de las especies presentes. Una variación a esta metodología son los transectos de punto en que se evalúa la presencia de las especies en cada uno de los puntos en que se divide el transecto (Liddel & Ohlorst, 1987). Las cuadratas en tanto son áreas menores que habitualmente pueden localizarse de manera fija o azarosa, usualmente de 1 m² (English *et al.* 1997) aunque cuadratas de menor o mayor tamaño dependerán del tamaño y distribución de los organismos a ser evaluados. Moore *et al.* (1999) en cambio, recomienda para hábitats submareales cuadratas menores a 0,1 m² para asegurar una buena representación de las comunidades con un razonable estimado de la abundancia media para las especies dominantes, aunque en este caso un número mayor de cuadratas es requerido. La elección del método de muestreo adecuado dependerá de las diferentes formas de crecimiento de las especies (algas foliosas, especies incrustantes, etc.), las diferencias entre juveniles y adultos (por ejemplo cirripedios o mitilidos) y la distribución de las especies (Eleftheriou & McIntire, 2005)

Comunidades intermareales de arena

Las comunidades intermareales de arena son evaluadas solo en aquellos proyectos que están ubicados en las cercanías de alguna playa, como por ejemplo aquellos ubicados en las bahías de Quinteros o Mejillones, por lo que no es una matriz

evaluada en todos los proyectos analizados. La mayoría de los proyectos evalúan la macrofauna en las playas de arena mediante transectas perpendiculares a la línea de costa donde en cada una de las cuales se establecen un número variable de estaciones que van desde 3 a 7 estaciones de monitoreo distribuidas a lo ancho de la playa de manera de abarcar los distintos niveles de zonación intermareal (definido en los proyectos como bajo litoral, medio litoral y supra litoral). En cada estación se saca mediante *core* una muestra única por lo general, aunque en algunos casos se extraen dos o tres réplicas en cada estación. La metodología utilizada para evaluar esta matriz es bastante consistente entre los distintos estudios analizados y esto se debe a que los consultores siguen las recomendaciones de la Guía de la Directemar antes citada. Los métodos citados en la literatura para el intermareal arenoso son similares a los descritos para las comunidades submareales de fondos blandos, con la consideración de evaluar las diferentes alturas del intermareal (Jaramillo *et al.*, 1998)

Comunidades interareales de roca

El intermareal rocoso es otra matriz que se encuentra descrita en la guía metodológica de la Directemar, lo que ha condicionado los estudios desarrollados por los consultores. Así la mayoría de los proyectos donde se desarrollan estudios del intermareal rocoso, la evaluación consiste en monitoreos mediante cuadratas de 0,25 m² distribuidas de manera equidistante en transectos perpendiculares a la línea de costa. En cada cuadrata se determina la abundancia de las especies móviles y la cobertura de las especies sésiles y de las algas. Cumpliendo con lo recomendado en la guía de la Directemar, los estudios en su gran mayoría se desarrollan en seis transectos con diez estaciones de muestreo cada uno, distribuidas entre la línea de baja marea y el supra litoral. Algunos proyectos realizan la distribución de las estaciones de muestreo considerando los diferentes estratos del intermareal de manera de dar cuenta de la zonación existente en el lugar, posicionando cuadratas en el supra litoral, medio litoral y bajo litoral. Por lo general se obtiene una muestra única por cada altura del intermareal o estación aunque estudios con dos o tres réplicas por estación también fueron observados. Al igual que para el resto de las

matrices la presencia de controles se observa sólo en algunos de los estudios revisados y consiste sólo en un control.

Con la información obtenida en terreno se realizan habitualmente análisis de diversidad, uniformidad, densidad y cobertura para especies algales y especies sésiles.

El monitoreo del intermareal mediante cuadratas o transectos es la metodología habitualmente utilizada para obtener información comunitaria (Engeman *et al.* 1994). Sin embargo, el intermareal presenta complejidades físicas y biológicas que generan una alta variabilidad en escalas pequeñas, tanto vertical como horizontal la cual debe ser tomada en consideración para el diseño de programas de monitoreo (Murray *et al.*, 2006) De acuerdo a Santelices (1980) los estudios intermareales deben considerar lo siguiente: a) Reconocimiento de la comunidad a ser estudiada; b) Determinación de forma, tamaño y frecuencia de las muestras a medir; c) Elección de los parámetros poblacionales a ser medidos en el muestreo. Esto condiciona por ejemplo, la determinación del tamaño del cuadrante o transecto la que debe basarse en el espaciamiento y tamaño de los organismos.

Para el intermareal rocoso al igual que para el resto de las matrices analizadas es de vital importancia el diseño muestral, el que debe considerar la variabilidad ambiental de las comunidades a ser evaluadas. Como se comentó, debido a la alta heterogeneidad del ambiente intermareal agrega una complejidad adicional al diseño muestral.

Bancos de recursos hidrobiológicos

Un banco de recursos se define como zonas de agregación de recursos hidrobiológicos, con límites subjetivos, de acuerdo a los intereses de quien los observe (Soto *et al.* 1999; Zaixso 2004) o de quien los utilice (Soto *et al.* 1999; Barahona *et al.* 2003). De igual forma, en la ley general de pesca y acuicultura (Titulo VI Párrafo I Ley 19.492) se refieren a bancos naturales como áreas donde existen recursos hidrobiológicos, sin embargo, en esta definición no se describen las características que deben tener estas áreas para ser consideradas como un banco.

La revisión de las líneas de base indicó que pocos estudios ingresados al SEIA realizan estudios de evaluación de recursos hidrobiológicos. Por un lado, la evaluación de los recursos hidrobiológicos se realiza como parte de la evaluación comunitaria en la cual se observan individuos de interés comercial, sin embargo una evaluación específica no se realiza. Posteriormente la autoridad solicita su evaluación cuando estos recursos son observados y dicha evaluación se entrega como parte de las adendas del proyecto. Por ejemplo, evaluaciones de los recursos hidrobiológicos de interés comercial de fondos duros fueron evaluados como parte del EIA de termoeléctrica los Robles, los que incluyeron piure, cholgas, locos y lapas. Para el proyecto desaladora sur de Antofagasta, se evaluó el banco de almejas presentes en el sector frente a las instalaciones del proyecto. Debido a la gran variedad de recursos hidrobiológicos que habitan diversos hábitats como fondos de arena o roca y a su distribución que puede ser más o menos agregada, etc., las metodologías utilizadas para su evaluación son variadas, pero incluyen por lo general la utilización de cuadratas o transectos. El número de estaciones utilizadas para evaluar los recursos bentónicos es variado, así como el número de réplicas utilizadas en cada estación. La información levantada es analizada obteniendo en general datos de abundancia y en algunos casos de biomasa y estructura poblacional de las poblaciones.

En el proyecto FIP 2005-14 realiza una validación de las metodologías para evaluar recursos hidrobiológicos y praderas de algas, para lo cual realiza una revisión bibliográfica completa de los métodos utilizados tanto a nivel nacional como internacional. En este estudio se establece que de una revisión de los estudios realizados en las Áreas de manejo y Explotación de Recursos Hidrobiológicos (AMERBs) se ha observado tres metodologías para la recolección de información (cuadratas, transectas, área barrida y una mezcla de las 3 anteriores). Estas metodologías están diseñadas para obtener estimaciones de abundancia y no para conocer la disposición espacial de los individuos en la población. La densidad obtenida del muestreo por cuadratas ha sido uno de los principales atributos descriptivos de poblaciones o subpoblaciones de recursos bentónicos en Chile. Sin embargo, se ha descrito que esta metodología no da cuenta de la estructura espacial

de las especies en el área y por lo tanto es limitada en la calidad de la información que entrega (Orensanz et al. 1996).

Respecto de los diseños muestrales, el mismo proyecto FIP establece mediante revisión bibliográfica que la elaboración de diseños muestrales apropiados en el estudio de poblaciones naturales pasa por la necesaria consideración de la variación de escalas y el grado de heterogeneidad espacial (Dutilleul 1993; Kostylev & Erlandsson 2001). En el estudio de poblaciones agregadas como es el caso de muchos de los recursos hidrobiológicos, se requiere que la escala experimental considere el tamaño del parche, lo que permite dar cuenta de la distribución espacial de los organismos en su real magnitud. El proyecto FIP 2005-14, realiza un resumen de los métodos utilizados para la evaluación de recursos hidrobiológicos el cual se entrega en la Tabla 6.

Tabla 6. Clasificación de las metodologías de muestreo según Thomson (1992) con su descripción, ventajas y desventajas. (Sacado de FIP 2005-14)

Método	Descripción	Ventajas	Desventajas
Aleatorio simple	n distintas unidades son seleccionadas de las N unidades de la población. Este diseño considera que todas las unidades tienen la misma probabilidad de ser seleccionadas.	Fácil de implementar. Bajo costo	Pérdida de información de distribución de las especies agregadas y tipos de sustrato. Alto número de réplicas para obtener una varianza pequeña. Tratamiento especial de los datos a fin de disminuir la variabilidad ocasionada por el alto número de valores cero en las muestras.
Estratificado al azar	Particiona la población en estratos o regiones. La selección de las muestras en cada estrato se hace de manera independiente. El principio de estratificación es partir la población de tal manera que las unidades en cada estrato sean lo más similares posibles.	Las varianzas de cada estrato puedan juntarse para obtener varianzas para toda la población. Adecuado para trabajar con recursos de distribución agregada como los bentónicos, ya sea para muestreos directos o indirectos (Fernández et al. 1996).	Alto número de réplicas. Alto costo.
Cluster (Conglomerado)	la población es particionada en unidades primarias compuestas a su vez por unidades secundarias. Cada vez que una unidad primaria es incluida en la muestra los valores de todas las unidades secundarias incluidas son observados. La unidad primaria consiste en un conglomerado de unidades secundarias usualmente próximas unas de otras.	Varianzas pequeñas debido a la partición de la población	Alto número de réplicas. Alto costo.
Sistemático	La población es particionada en unidades primarias compuestas a su vez por unidades secundarias. Cada vez que una unidad primaria es incluida en la muestra los valores de todas las unidades secundarias incluidas son observados	Las varianzas son pequeñas debido a la partición de la población	Alto número de réplicas. Alto costo.
Adaptativo	el procedimiento para seleccionar sitios y unidades dependerá de los valores de la	Toma ventajas de las características de la población para obtener	Difícil de implementar, Requiere un alto control de las observaciones y de

Método	Descripción	Ventajas	Desventajas
	variable de interés observados durante el estudio	estimaciones más precisas de abundancia y densidad, como es el caso de especies que presentan patrones de agregación espacial de parche. Apropiado cuando no se conoce la distribución de la población de antemano.	la técnica de observación

En el documento técnico N° 3 de la subsecretaría de pesca referente a las consideraciones técnicas para el desarrollo de estudios de base y planes de seguimiento de las AMERBs, se establece que la unidad mínima de muestreo, así como el instrumento operacional que permita definirla (transecto, cuadrata, etc.) deberá estar claramente indicada y fundamentada., de igual forma se establece que el área mínima de muestreo (o tamaño de la muestra) idealmente debería establecerse mediante un muestreo piloto. Sin embargo, por razones prácticas y de costo, el mismo documento indica que esto puede ser resuelto realizando un muestreo sistemático de manera de cubrir toda la superficie de distribución de los recursos, con un grado de error inferior al 20% en la estimación.

Mediante la resolución exenta N° 2353, la subsecretaría de pesca estableció además las metodologías para la determinación de bancos de recursos hidrobiológicos que pudiesen existir dentro de las concesiones de acuicultura. Esta resolución establece muestreos mediante transectos de 50 metros de largo por dos de ancho, para evaluar las especies presentes y el número de transectos depende del área de la concesión de acuicultura. Con la información obtenida se calcula un Índice ponderado de banco natural IPBAN el que considera la densidad del recurso evaluado, la frecuencia de ocurrencia y la superficie muestreada como porcentaje. La resolución citada establece valores para diferentes especies de recursos hidrobiológicos con los que se comparan los resultados obtenidos y de esta manera se define si se está en presencia de un banco natural o no.

Fauna Ictica

Los estudios ambientales revisados respecto de la fauna íctica se separan en dos tipos. Por un lado se realizan evaluaciones directas de las especies de peces presentes en el sector del proyecto, especialmente aquellas especies bentónicas, mediante buceo y observación directa. Una segunda metodología de evaluación de peces utilizadas por los consultores corresponde a la captura de estos mediante diferentes artes de pesca, principalmente la instalación de redes o espineles en el sector. En el primer caso la metodología consiste en el recorrido de una extensión variable de fondo marino a lo largo de un transecto, en el que un buzo cuenta todos los peces que puede observar a una distancia del transecto. El conteo se realiza de todos aquellos peces que nadan en la cercanía del transecto o en la dirección contraria al nado del buzo de manera de minimizar el conteo doble. Esta metodología debe considerar entre otras variables la visibilidad existente en el momento del conteo y la profundidad en la que se realizan las observaciones (Coté & Perrow, 2006). Una variante de este método es la observación en estaciones fijas ubicadas en el transecto por un tiempo determinado en que el buzo no se mueve y cuenta todos los peces que puede observar, antes de moverse a la siguiente estación de observación para repetir el tiempo de observación (Pérez-Matus, et al. 2007).

El método de evaluación de peces mediante captura corresponde a la instalación de redes o espineles por un tiempo determinado para capturar la mayor proporción de las especies presentes en el sector. Para esta metodología es necesario considerar algunas variables que incidirán en los peces capturados. Por ejemplo, para la captura con redes, es importante el tiempo de calado, la luz o apertura de la red, la configuración y armado (una o más mallas) y las condiciones ambientales del sector (luna, corrientes, presencia de ríos, etc.). Para los espineles en cambio, son importantes el tipo de carnada usada, el tamaño de los anzuelos, así como el tiempo de calado y las condiciones ambientales. Para los estudios ambientales una correcta elección de las redes o espineles y las distintas variables que las afectan son importantes de manera de poder capturar diversas especies así como distintos tamaños.

Mamíferos marinos, aves y reptiles marinos

Los estudios revisados, dan cuenta de la evaluación de mamíferos marinos y aves en un gran porcentaje de los proyectos ingresados al SEIA. Por lo general la evaluación de los mamíferos marinos y de las aves se desarrolla a la par utilizando metodologías similares para ambos. Dos metodologías son las más utilizadas en los proyectos revisados. Por un lado, se evalúa la presencia de mamíferos marinos y aves mediante el recorrido de transectos ubicados en la orilla de costa de extensiones variables, habitualmente de entre uno y tres kilómetros de longitud que abarca toda la zona de influencia del proyecto, el cual es recorrido por el muestreador quien cuenta todos los individuos que logra ver en su rango de visión o en un área determinada. Este muestreo en algunas ocasiones se complementa con un recorrido de la misma distancia del transecto pero por mar a bordo de una embarcación. Una segunda metodología contempla puntos de observación fijos distribuidos a lo largo de la zona de influencia desde los cuales se cuentan todos los individuos observados de las distintas especies. Por lo general el censo tanto de aves como de mamíferos marinos se realiza en dos campañas de muestreo anuales pero sólo durante un día en cada campaña, habitualmente con muestreos al amanecer y al atardecer. En algunos de los informes revisados el muestreo se realiza durante tres días seguidos.

La metodología descrita en los informes corresponde a la metodología descrita en la literatura, aunque varios de los supuestos necesarios para la correcta evaluación de aves y mamíferos no son mencionados en la descripción de la metodología.

Para la observación de la avifauna un método común descrito en la literatura corresponde al método de transecto lineal con banda o franja de avistamiento, método suficientemente flexible como para incorporar la heterogeneidad morfológica del borde costero de la zona de estudio. Este método ha sido ampliamente utilizado para los censos de las aves marinas desde tierra o con el uso de embarcación, también se ha usado para cuantificar las aves acuáticas y marinas desde el aire, en donde el método se ha especializado y se ha transformado en una aplicación cara, pero que permite la cuantificación de la avifauna en grandes superficies (Sutherland *et al.*, 2004, Gibbons & Gregory, 2006). También es utilizado para estudiar individuos,

especies, o grupos de especies en donde se ha determinado medidas relativas y absolutas de la abundancia (Gibbons & Gregory, 2006).

Para el uso de la metodología de transectos en banda o franja hay una serie de principios a considerar en el estudio de campo. Uno de ellos es la velocidad, ya sea de la caminata o del recorrido, esta debe ser constante, elemento particularmente importante para los transectos, como también la definición precisa en las instrucciones de conteo para el o los observadores. Otra consideración elemental es la estimación de la distancia, es decir, debe estar claro el límite de las bandas, cinturón o franja en la cual se cuentan las aves (Ralph et al., 1996, Sutherland et al., 2004, Sélem-Salas et al., 2004, Márquez et al., 2004).

4.1.4.- Revisión bibliográfica de metodologías y criterios para el dimensionamiento y evaluación de variables físicas (Objetivo 3).

La mayoría de los proyectos evaluados como parte de su línea de base realizan una caracterización de las condiciones oceanográficas del sector donde se ubicará el emisario. Esta caracterización, salvo algunas excepciones se realiza en dos campañas anuales desarrolladas en épocas contrarias, por lo general invierno y verano, en las que se caracterizan las corrientes del lugar, los vientos predominantes, las variaciones de marea y de olas y la capacidad de dispersión y dilución de sustancias en la columna de agua. La metodología empleada para realizar esta caracterización es estándar entre los diversos estudios revisados, con pocas variaciones entre sí que tienen que ver con la cantidad de correntómetros instalados o la cantidad de puntos en que se realizan las experiencias de correntometría lagrangiana o de deriva litoral. Estas variaciones por lo general tienen relación con la extensión del área de estudio o simplemente de acuerdo al criterio del consultor que realizó el estudio. La poca variación en la metodología empleada radica en que esta se encuentra contenida en la “Guía Metodológica de Revisión Técnica Sectorial de Estudios de Impacto Ambiental en el Medio Ambiente Acuático de Jurisdicción Nacional para Proyectos que contemplen Descargas de Residuos Líquidos, de Puertos y Terminales Marítimos u Otros” de la Dirección de Territorio Marítimo y Marina Mercante (DIRECTEMAR), documento que

se ha transformado en el estándar básico a cumplir en los estudios de impacto ambiental en el ambiente marino a falta de otras guías metodológicas o normativa pertinente. De hecho, la falta de alguno de los requerimientos establecidos en esta guía en la línea de base presentada, ha sido causal de la solicitud de su incorporación en una adenda posterior del proyecto. De esta forma, los consultores citan esta guía habitualmente en la justificación de las metodologías utilizadas en los estudios de impacto ambiental en el ambiente marino. Existen también otros instructivos de la armada que entregan los requerimientos metodológicos para los estudios oceanográficos, como por ejemplo la publicación 3201 “Instrucciones Oceanográficas N° 1”.

Las metodologías utilizadas son las que se describen a continuación:

Corrientes Eulerianas o Fijas

El objetivo básico de esta actividad es caracterizar el comportamiento temporal de las corrientes costeras en el área de proyecto, así como su variación en dirección y magnitud a través de la columna de agua. Este estudio por lo general se ejecuta por un lapso mínimo de 30 días efectivos, tal como lo solicita la guía de la Directemar, aunque estudios ejecutados por menos días también son observados entre los presentados al SEIA, como es el caso de la DIA presentada para la planta desalinizadora de Hornitos. En general, en los últimos años esta actividad se realiza mediante el anclaje de un perfilador de corrientes acústico Doppler (ADCP) en un punto característico del área de emplazamiento del proyecto. Aunque en los últimos años aún se observan estudios realizados con correntómetros fijos. Estos estudios, se realizan superpuestos temporalmente a las mediciones de vientos y marea, con la finalidad de determinar posibles relaciones causa efecto entre los distintos agentes forzantes de la circulación marina (marea, vientos).

Los análisis de gabinete que se realizan con la información levantada en terreno corresponden en general a análisis de la frecuencia de magnitudes y direcciones, determinando las magnitudes medias y máximas para cada capa de agua

o profundidad y generando diagramas de vector progresivo y el patrón de variación diurno y/o semidiurno. Los análisis incluyen también, el cálculo del autoespectro de las corrientes y la correlación cruzada con las otras forzantes como son viento y marea

Corrientes Lagrangianas

Además de la caracterización de las corrientes eulerianas del sector del proyecto, se realiza una descripción de las corrientes lagrangianas. Esta actividad se desarrolla superpuesta a la actividad de correntometría euleriana y permite determinar los patrones advectivos de las líneas de flujo de las corrientes marinas en el área de proyecto mediante el uso de boyas de deriva. El objetivo básico de esta actividad es caracterizar el comportamiento espacial que experimentan las corrientes, describiendo el patrón general de circulación. Por lo general, y de acuerdo a lo establecido en la guía de la Directemar, se desarrolla esta experiencia en base a la medición del desplazamiento de derivadores en 3 estaciones ubicadas en el área de estudio, aunque en muchos de los proyectos analizados esta actividad se desarrolla sólo en dos puntos de monitoreo. Para todos los proyectos sin embargo, la medición se realiza en cada estación en dos estratos de la columna de agua (en superficie y 5 metros de profundidad), los que son seguidos continuamente mediante un sistema de posicionamiento GPS o con taquímetros desde estaciones fijas en tierra.

Esta actividad, se realiza tanto en cuadratura como en sicigia lunar y en marea vaciante como marea llenante con el fin de establecer las circulaciones en las distintas condiciones imperantes en el ciclo de marea y lunar, lo que entrega resultados para las situaciones más favorables o más desfavorables para un probable vertimiento de sustancias al mar.

Deriva litoral

El estudio de corrientes litorales tiene como objetivo determinar las corrientes paralelas a la línea costera, entre la zona de rompiente y la orilla. Estas corrientes se

producen cuando el oleaje incide de manera oblicua a la costa, debido a los vientos dominantes en la zona. En general esta actividad se realiza soltando botellas de deriva con boyantes neutra, en puntos cercanos a la rompiente (generalmente en tres, pero con gran variabilidad en la cantidad de puntos de estudio entre los informes realizados), en las cuales se analizan las condiciones lunares de cuadratura, en fases de marea llenante y vaciante, al igual que para el estudio de correntometría lagrangiana y por las mismas razones. El recorrido y posicionamiento de las botellas es seguido desde una embarcación y posicionado con tecnología GPS o con taquímetros desde estaciones fijas en tierra.

Estudio de dispersión con trazadores químicos

La capacidad de dispersión de un contaminante o partícula depende del transporte generado por el sistema de corrientes locales, los vientos predominantes y el grado de difusión estimado a través del gradiente de concentración de un trazador donde se asume un comportamiento pasivo de este, lo que implica que la distribución del trazador depende exclusivamente de los forzantes físicos y no existe reacción con el agua.

Para determinar el grado de dispersión en el área de interés se utiliza el trazador químico, por lo general, rodamina WT. Las experiencias se realizan en el período de cuadratura lunar (peor escenario ambiental), durante la marea vaciante y llenante.

Algunos de los proyectos revisados junto con determinar la dispersión, también reportan la dilución mediante la medición en terreno mediante fluorómetros de campo.

Los análisis de gabinete reportados en las líneas de base para esta actividad incluyen la generación de cartas de trayectoria y grado de dispersión y un análisis efectos del viento y de las mareas sobre la dispersión de los trazadores y tasas de cambio.

Estudio de Vientos

En conjunto con las mediciones oceanográficas se realiza una caracterización de los vientos del sector, determinando su intensidad y dirección a escala local. Por lo general este análisis se realiza mediante la instalación de una estación meteorológica que registra los vientos *in situ* durante 30 días. En algunos de los estudios revisados, la caracterización del régimen de vientos se realiza mediante análisis de data histórica del lugar, cuando esta está disponible.

El objetivo de estas mediciones es la generación de una base de datos que permita establecer y analizar las relaciones causa efecto con las mediciones de corrientes Eulerianas y Lagrangianas.

Estudio de Mareas

El ascenso y descenso del nivel del mar en respuesta al efecto gravitacional de la luna y el sol sobre las aguas, puede representar una fuerza fundamental en la dinámica de un determinado lugar. El objetivo del estudio de las mareas entregado como parte de las líneas de base de los proyectos, es analizar las variaciones que experimenta el nivel del mar en el área de interés, describiendo el comportamiento que exhibe la marea en las distintas condiciones y fases lunares. Además, la información colectada permite evaluar el efecto forzante de esta variable sobre las corrientes medidas como se comentó anteriormente. La revisión de los distintos estudios ingresados al SEIA permite establecer que el estudio de las mareas es abordado mediante tres aproximaciones distintas. Por un lado, se realiza un análisis de las tablas de mareas publicadas por el Shoa para la localidad más cercana. Una segunda aproximación es la medición de las mareas mediante la instalación de un mareógrafo y por último, la determinación de las mareas mediante el equipo ADCP instalado para la medición de corrientes, el que al tener un sensor de presión adosado permite establecer también el régimen de mareas.

Estudio de olas

El estudio de olas, es realizado también como parte de las líneas de base de los proyectos en su componente oceanográfica, aunque no es un estudio que se verifique en todos los informes revisados. Por lo general, el objeto de esta actividad es precisar las condiciones de oleaje en el sitio de proyecto, y se desarrolla mediante una campaña de medición de olas por medios instrumentales con una duración mínima de 30 días efectivos. El instrumental utilizado en general corresponde a un ADCP el cual es capaz de registrar el período, altura y dirección de las olas características de aguas interiores (de baja energía).

La mayor parte de las metodologías oceanográficas descritas en los párrafos a anteriores y recomendadas en las guías de la Directemar, están basados en los métodos utilizados en Estados Unidos en la costa Atlántica, en la cual la marea tiene una influencia día importante que se refleja tanto en la dinámica física como en los procesos biológicos. En el caso de nuestras costas el forzante principal es el viento junto con la corriente de Humboldt, en especial desde el Canal Chacao al norte, mientras que del Chacao al Sur la marea en el mar interior es el principal forzante, mientras que en el mar exterior dirá que es la combinación viento, marea y Corriente de Cabo de Hornos.

Lo anterior hace que según la zona donde se realice un proyecto las mediciones que se hacen muchas veces no permiten obtener una buena caracterización de la hidrodinámica, y por ende de su influencia en los procesos biológicos. Por lo tanto se debe indicar una metodología básica para el estudio de las condiciones oceanográficas, recomendaciones según zonas de estudio, y recomendaciones según tipo de proyecto (Centrales Térmicas, plantas desaladoras, puertos, dragado, etc.)

4.1.5.- Revisión bibliográfica de metodologías y criterios para el dimensionamiento y evaluación de variables químicas (objetivo 4).

Columna de agua marina

La evaluación de la calidad ambiental de la columna de agua es una de las matrices que se estudia en todos los proyectos ingresados al SEIA y que fueron analizados en el presente informe.

Esta matriz se caracteriza mediante la toma de datos *in situ* y la toma de muestras para su envío y análisis posterior en el laboratorio.

En terreno la columna de agua es evaluada en sus características físicas como temperatura, salinidad, conductividad, densidad y pH mediante sensores de terreno, por lo general incorporados en una sonda tipo CTD. De igual forma se evalúa en terreno variables como la saturación de oxígeno. Todas estas variables se miden de manera estándar en los últimos años siendo comunes a todos los proyectos evaluados. El muestreo se desarrolla en las estaciones predefinidas descendiendo la sonda entre la superficie y el fondo generando un perfil batimétrico: en algunos casos, especialmente en los estudios más antiguos, la caracterización de la columna de agua se realiza mediante sensores individuales de cada uno de los parámetros midiendo sus condiciones en muestras de agua obtenidas en diferentes profundidades mediante botellas oceanográficas.

La toma de muestras para su envío al laboratorio en tanto, se realiza mediante una botella oceanográfica, por lo general del tipo Niskin, para posteriormente traspasar las muestras a las botellas enviadas al laboratorio para su despacho. Por lo general, se toman muestras a dos profundidades, en superficie y a un metro del fondo. No obstante también existen evaluaciones que toman muestras en tres profundidades adicionando a las dos muestras mencionadas una muestra a media agua. En los informes analizados no se explicita las razones para la toma de dos o tres muestras, aunque en los casos en que si se menciona, se justifica la toma de una tercera muestra a media agua cuando existe la presencia de termoclinas en el sector. Para la mayoría

de los proyectos analizados, se obtiene solo una muestra por profundidad y estación aunque para algunos proyectos se obtienen réplicas las que no superan las tres por profundidad y estación (Figura 9). Las muestras obtenidas son enviadas a los respectivos laboratorios para su análisis.

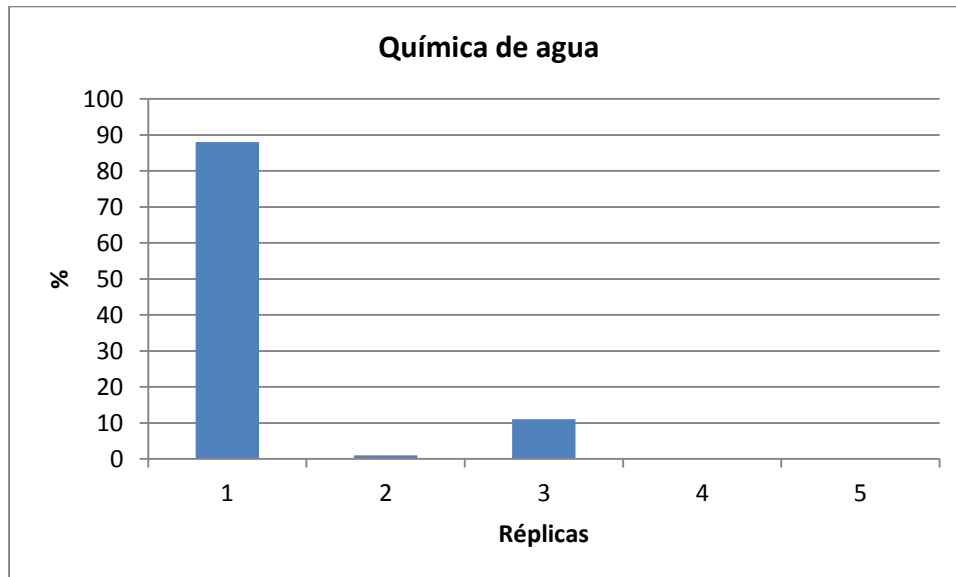


Figura 9. Porcentaje de proyectos ingresados al SEIA que extraen diferentes cantidades de réplicas en cada punto de muestreo para el análisis de aguas marinas.

Análisis de laboratorio

La complejidad en el análisis de las aguas marinas radica en que no es solo una solución de cloruro de sodio y muchas veces los parámetros de interés se encuentran en concentraciones extremadamente bajas inmersos en una gran cantidad de sales disueltas, por lo que los procedimientos de aislación del parámetro de interés, para que este pueda ser medido, se hacen más complejos. En la Tabla 7 se observan los parámetros que comúnmente se solicitan para distintos proyectos en la columna de agua marina.

Tabla 7. Principales analitos y parámetros medidos en las líneas de base y planes de vigilancia ambiental desarrollados en Chile para agua de mar.

Fisicoquímico	Inorgánicos			Orgánicos	Microbiológicos
	Nutrientes	Metales			
Sólidos disueltos	Fluoruro	Aluminio	Litio	Clorofila A	Coliformes Fecales
Sólidos suspendidos	Nitrato	Arsénico	Magnesio	Hidrocarburos volátiles	Coliformes Totales
Sólidos sedimentables	Nitrito	Bario	Manganeso	Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares	Enterococos
pH	Fosfato	Berilio	Mercurio	Compuestos orgánicos volátiles	
Oxígeno disuelto	Fosforo	Boro	Molibdeno	Compuestos Orgánicos Halogenados	
Salinidad	Nitrógeno	Cadmio	Níquel	Demanda Bioquímica de Oxígeno	
Turbiedad	Amoniaco	Cianuro	Plata	Demanda Química de Oxígeno	
Cloro Libre	Sulfuro	Calcio	Plomo	Fenoles	
color	Sulfato	Cobalto	Potasio	Carbono orgánico total	
	Amonio	Cobre	Selenio	Carbono orgánico disuelto	
	Cloruro	Cromo	Sodio		
		Hierro	Uranio		
			Vanadio		
			Zinc		

Métodos de análisis para parámetros físico químicos

Los parámetros fisicoquímicos, corresponden a variables ambientales que representan una condición del medio más que una concentración, como por ejemplo sucede con el pH, Salinidad, cantidad de sólidos, color, olor, entre otros.

Para ello las técnicas disponibles son básicas, pasando por electrodos, gravimetrías, volumetrías y titulaciones. Como se comentó además, el pH, salinidad, turbiedad y cloro libre residual en la actualidad son medidos en terreno con sensores ad hoc de cada parámetro.

Métodos de análisis para parámetros inorgánicos

En los parámetros inorgánicos, encontramos los nutrientes y en general aniones, como por ejemplo nitratos, nitritos, cloruros, fluoruros, cianuros, amonios, bromuros, etc.

Las técnicas de análisis que se aplican, son en general dos, para una gran mayoría la colorimetría y una técnica más avanzada que corresponde a la cromatografía iónica, particularmente para las matrices marinas hay que tener consideraciones especiales, principalmente debido a la alta concentración de cloruros, que por ejemplo en el caso de la cromatografía podría opacar las lecturas de los aniones minoritarios.

Métodos de análisis para metales

La matriz columna de agua marina, presenta particular complejidad para el análisis de metales, debido a la cantidad de sólidos disueltos que presenta la matriz, para las técnicas instrumentales es complejo lidiar con esta cantidad de sólidos y también analitos tan mayoritarios como el sodio y el calcio, que obligan a realizar diluciones continuas que pueden generar interferencias en las lecturas.

Al estar casi todos los sólidos de la muestra en fracción disuelta, también suele suceder que la fracción total de los metales sea muy similar a la disuelta, por lo que podemos encontrar muchos informes de ensayo donde los metales disueltos superan en concentración a los totales, incluso aplicando los criterios de control de calidad, por lo que las tareas de filtrado son de especial cuidado.

Los métodos para la determinación de metales típicamente caen dentro del alcance de un pequeño número de métodos instrumentales y variaciones de esos procedimientos. Estos incluyen, pero no se limitan a, absorción atómica con llama (FLAA), Voltametría de redisolución anódica, Espectroscopia de Emisión Atómica con Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-OES), Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS).

En cualquiera de los casos, podemos dividir el proceso de análisis en fases de lectura instrumental y preparación de las muestras. Siendo común para todas las técnicas, el filtrado en el caso de metales disueltos y la digestión en el caso de la fracción total.

Absorción Atómica con llama FLAA:

La cantidad de luz absorbida después de pasar a través de la llama determina la cantidad de analito existente en la muestra. Hoy día se utiliza frecuentemente una mufla de grafito (u horno de grafito) para calentar la muestra a fin de atomizarla, aumentando la sensibilidad del método. Respecto de la preparación existen dos acercamientos que buscan disminuir la concentración de sólidos disueltos y con ello las posibles interferencias, el primero es aplicando diluciones consecutivas, esto sube los límites de detección enmascarando metales que pudieran ser de importancia y que se encuentran en el medio en concentraciones baja respecto de los mayoritarios, como es el caso del cadmio y cobre.

Para el caso anterior, se puede utilizar como alternativa una extracción especial, llamada quelación, que corresponde una extracción haciendo uso de un solvente, por ejemplo metil isobutil cetona (MIBK) o Pirrolidin-ditiocarabamato de amonio (APDC), que forma complejos iónicos que luego pueden ser leídos por llama, esto es aplicable generalmente para los metales Al, Ag, Cd, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn.

Voltametría de redisolución anódica

Este procedimiento esencialmente consiste en una pre concentración del analito de interés sobre la superficie de un electrodo, por medio de la aplicación de un potencial eléctrico (pre concentración electroquímica) o por la adsorción de un complejo del metal en la superficie del electrodo. Estos métodos han demostrado una alta eficiencia en la matriz agua marina para algunos metales, la desventaja es que no se encuentra estandarizado internacionalmente, como por ejemplo en el "standard

methods for the examination of water and wastewater”, donde aparece mencionado como una técnica alternativa para las aguas marinas pero sin mucho detalle ni número de apartado específico para esta técnica. También cabe destacar que el analista debe tener bastante experiencia con el método que al pre concentrar, puede tender a sobreestimar los valores de concentración.

Espectroscopia de Emisión Atómica con Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-OES)

En esta técnica, la introducción continua de la muestra líquida y un sistema de nebulización forma un aerosol que es transportado por el gas carrier Argón a la antorcha del plasma, acoplado inductivamente por radio frecuencia. En el plasma, debido las altas temperaturas generadas, los analitos son atomizados e ionizados generándose los espectros de Emisión atómicos de líneas características. Los espectros son dispersados por la red de difracción y el detector sensible a la luz se encarga de medir las intensidades de las líneas. La información es procesada por el sistema informático.

Las ventajas de este método, es que permite obtener un barrido de varios metales, en una sola inyección, sus rangos de tolerancia permiten el análisis de aguas marinas sin intervenir la matriz y por temas de incertidumbre estadística, permite un control de calidad aplicable a todo el listado de analitos leídos, el cual depende del mix estándar que se utilice en la comparación, cabe destacar que cuando se necesita obtener resultados de varios metales en cualquiera de las matrices marinas, es bastante más económico y estable en cuanto a sus resultados que el resto de las metodologías.

Su gran desventaja es el rango de lectura, ya que el ser un método óptico no permite llegar a límites de detección bajos, que son deseados en ciertos metales de interés como el cadmio, cobre, arsénico entre otros, pero si es una gran técnica complementaria para muestras de agua marina y especialmente adecuado para muestras de sedimentos.

Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS)

Un ICP-MS utiliza como fuente la alta temperatura del ICP (plasma de acoplamiento inductivo) con un espectrómetro de masas. La fuente ICP convierte los átomos de los elementos en la muestra a iones. Estos iones se separan a continuación y se detectan por el espectrómetro de masas.

El espectrómetro de masas es un artefacto que permite analizar con gran precisión moléculas y la composición de diferentes elementos químicos e isótopos atómicos, separando los núcleos atómicos en función de su relación carga-masa (z/m). Puede utilizarse para identificar los diferentes elementos químicos que forman un compuesto, o para determinar el contenido isotópico de diferentes elementos en un mismo compuesto.

Al igual que en el caso del ICP OES, permite obtener un barrido de varios metales, en una sola inyección, pero al utilizar un detector de masas, podemos llegar a límites de detección bastante bajo (ppb o incluso ppt en algunos casos), el control de calidad también permite hacerse según el estándar mix que se esté utilizando y tiene una velocidad de análisis muy alta. Tampoco es necesario intervenir la matriz para lograr buenos límites de detección. Por otro lado, su mayor desventaja está en el costo del análisis, que lo hace conveniente cuanto es necesario un listado de analitos.

Métodos de análisis de parámetros orgánicos

Los parámetros orgánicos, se subdividen dependiendo de la técnica en los que se realizan por extracciones y lectura con métodos clásicos y los que se realizan con cromatografía de gases.

En el primer grupo, podemos encontrar parámetros como, aceite y grasas, SAAM, compuestos fenólicos, hidrocarburos fijos, DBO5, DQO, Carbono orgánico, entre otros. Las técnicas de análisis son clásicas como la gravimetría, titulación, colorimetría etc., pero involucran una extracción, la cual busca llevar a los analitos de interés a fase orgánica.

En el caso de los parámetros que se realizan por cromatografía, encontramos analitos particular, debido a la capacidad del cromatógrafo, ya sea de masas o FID, de determinar un número exacto de carbonos presentes en la molécula o una configuración particular, esto comparándolo contra un estándar de lectura. En este grupo podemos encontrar parámetros como, Compuestos orgánicos volátiles, hidrocarburos policíclicos aromáticos, hidrocarburos del petróleo, pesticidas organoclorados u organofosforados, herbicidas, fenoles, entre otros

Métodos de análisis microbiológicos

Los parámetros microbiológicos, corresponden a ensayos de cultivo, que permiten verificar la presencia de patógenos, en la matriz de análisis, en Chile en casi la totalidad de los casos se realiza el cultivo de coliformes que corresponden a un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos. Dentro de estos se encuentran los coliformes totales, coliformes fecales, *Escherichia coli*, entre otros. Tradicionalmente se los ha considerado como indicadores de contaminación fecal en el control de calidad del agua destinada al consumo humano en razón de que, en los medios acuáticos, los coliformes son más resistentes que las bacterias patógenas intestinales y porque su origen es principalmente fecal. Importante mencionar que los resultados de estos ensayos, se entregan en unidades de “número más probable”.

Sedimentos Marinos

Los sedimentos marinos es otra matriz que se evalúa en casi todos los proyectos ingresados en el SEIA tanto en la línea base presentada en el EIA o DIA como en los planes de vigilancia posteriores. La evaluación química de esta matriz se realiza mediante la obtención de muestras de sedimento desde el fondo marino los que posteriormente son enviadas al laboratorio para su análisis. La obtención de estas muestras se realiza principalmente mediante dos métodos, extracción mediante

dragas o extracción mediante *core* manual. La extracción mediante draga es el método más común y se utiliza generalmente una draga tipo Van Veen de 0,01 m² de área de mordida, esto se debe a que generalmente esta es la misma draga con la que se realiza el muestreo de macrofauna de fondos blandos. La extracción mediante *core* manual se realiza mediante un buzo que colecta la muestra enterrando el core unos centímetros en el substrato y subiendo posteriormente con la muestra hasta el bote para su traspasso a los frascos enviados por el laboratorio. En general esta técnica se utiliza para estaciones con profundidades menores a los 20 metros.

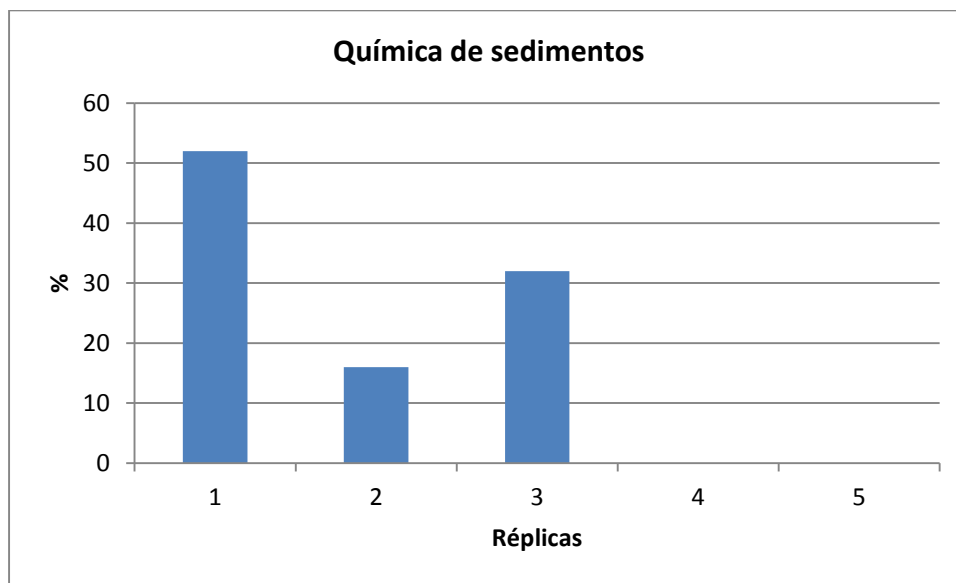


Figura 10. Porcentaje de proyectos ingresados al SEIA que extraen diferentes cantidades de réplicas en cada punto de muestreo para el análisis de sedimentos marinos.

La mayoría de los estudios analizados obtienen una muestra única para el análisis de la química de sedimentos marinos (Figura 10). El máximo de réplicas con las que se analiza esta matriz fue de tres.

Análisis de parámetros químicos

Los parámetros que se miden en el sedimento marino en general corresponden a la granulometría, la determinación de materia orgánica presente y a la presencia de metales, los cuales tienen que ver con las características del proyecto, por ejemplo para puertos de cargas de minerales se hace énfasis en los minerales que se cargan en el puerto o para los proyectos termoeléctricos se miden derivados de la quema de los combustibles fósiles para su producción como son níquel y vanadio. No obstante lo anterior no existe un patrón común para proyectos similares en los parámetros que se miden. El potencial *Redox* es otro parámetro que se mide comúnmente en los estudios analizados y se realiza mediante sensores *in situ*.

Los parámetros más usuales que se miden dependiendo por supuesto de la necesidad de cada proyecto se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. Principales analitos y parámetros medidos en las líneas de base y planes de vigilancia ambiental desarrollados en Chile para sedimentos marinos.

Parámetros Generales	Metales	
Materia Orgánica	Aluminio	Manganeso
Carbono Orgánico Total	Arsénico	Mercurio
Carbono Inorgánico Total	Bario	Molibdeno
Carbono Total	Berilio	Níquel
Hidrocarburos totales	Cadmio	Plata
Hidrocarburos volátiles	Cianuro	Plomo
Hidrocarburos aromáticos polinucleares	Cobre	Selenio
Granulometría	Cromo	Uranio
pH	Hierro	Vanadio
Potencial Redox	Litio	Zinc

En el caso del análisis de muestras de sedimentos es muy importante contar con una definición precisa de lo que constituye la muestra de análisis que se está interesado en caracterizar. Luego existen referencias para distintos análisis, en el caso de algunos orgánicos se recomienda que el exceso de agua se decante antes del submuestreo. Esto no es recomendable para el análisis de metales, en cambio la recomendación es que el agua en exceso se debe escurrir en campo y luego lo restante

debe revolverse en la muestra. Las muestras luego se pueden analizar en húmedo, se puede secar a temperatura ambiente, se puede secar en un horno a 60 ° C o secado liofilizado. Se recomienda debe elegir el análisis de muestras húmedas o liofilizados cuando es importante mantener la distribución de tamaño de partícula de la muestra original (ASTM, 1995a). Se debe tener cuidado en el proceso de secado para minimizar la volatilización de analitos y la contaminación de las muestras. Una vez preparadas se someten a una digestión acida, similar a la que se utiliza para la fracción total en el análisis de muestras de columna de agua.

Tejidos Marinos animal/vegetal

Aunque parezca extraño, de las matrices marinas, los tejidos biológicos marinos son los más estandarizados, pues no existen muchas diferencias en términos analíticos entre un tejido biológico de un organismo terrestre, de agua dulce y uno de aguas saladas, en general el análisis consiste aislar el tejido de interés y someterlo a procedimientos de limpieza (cleanup), para así evitar problemas de representatividad o incertidumbre en el análisis, se analizan con el objetivo de evaluar el grado de acumulación de un contaminante en el tejido de interés y por consiguiente en el organismo, finalmente con esto, lograr relacionarlo con el estado del medio en el que se desarrolla. Los parámetros usualmente medidos en tejidos, se observan en la Tabla 9.

Tabla 9. Principales analitos y parámetros medidos en las líneas de base y planes de vigilancia ambiental desarrollados en Chile para tejidos de organismos marinos.

Compuestos Orgánicos	Metales	
Hidrocarburos totales	Aluminio	Litio
Hidrocarburos Alifáticos	Arsénico	Manganeso
Hidrocarburos Aromáticos	Bario	Mercurio
Hidrocarburos Aromáticos polinucleares	Berilio	Molibdeno
Compuestos Orgánicos Halogenados	Cadmio	Níquel
	Cianuro	Plata
	Cobalto	Plomo
	Cobre	Selenio
	Cromo	Uranio
	Hierro	Vanadio
		Zinc

Al igual que en el caso de los sedimentos marinos, las muestras de tejido deben someterse a una preparación mecánica y deben ser homogeneizadas antes de la digestión para asegurarse de que las alícuotas para el análisis son representativas del organismo y para mejorar la eficiencia de la digestión. Se debe minimizar la manipulación de la muestra durante esta etapa para reducir el riesgo de contaminación. Si las muestras se van a analizar para otros parámetros, además de los metales, se debe considerar los problemas de contaminación en la manipulación de las muestras de todos los parámetros durante la etapa de homogeneización, es muy recomendable que las herramientas utilizadas en el proceso, sean de titanio o acero inoxidable en buen estado. Luego de homogeneizadas y congeladas, se proceden a digerir con técnicas similares a las muestras de sedimentos marinos mencionadas anteriormente.

Laboratorios de análisis químico ambiental y sus acreditaciones

En este capítulo se hará una revisión de los institutos dedicados al análisis medioambiental, que cuentan con métodos para análisis de matrices marinas, también los que han participado en estudios presentados en el sistema de evaluación de impacto ambiental. También respecto de las acreditaciones con las que cuentan, para realizar analítica específica en medios marinos.

El sistema de acreditación que asegura la calidad en los procesos de análisis corresponde a la **ISO 17025**; la cual es una normativa internacional desarrollada por ISO (International Organization for Standardization) en la que se establecen los requisitos que deben cumplir los laboratorios de ensayo y de calibración. Se trata de una norma de Calidad, la cual tiene su base en la serie de normas de Calidad ISO 9000. Aunque esta norma tiene muchos aspectos en común con la norma ISO 9001, se distingue de la anterior en que aporta como principal objetivo la acreditación de la competencia de las entidades de Ensayo y calibración. En específico sus métodos y matrices de análisis.

De acuerdo a lo anterior, es importante destacar que está basada en la ISO 9001, por lo que los certificados emitidos por el INN, se refieren a dos temas diferentes. Primero cualquier laboratorio que cuente con un certificado ISO 17.025 implica que su sistema de gestión de calidad está acreditado, luego de ello se debe revisar un segundo documento, que corresponde al alcance de esta acreditación, el cual indica que métodos analíticos y matrices ambientales cuentan con acreditación ISO.

Matrices ambientales acreditadas en Chile

A continuación se presenta en la Tabla 10, un resumen de las matrices ambientales en las que los laboratorios más importantes y presentes en la mayoría de los estudios de línea base, presentan acreditación específica.

Tabla 10. Laboratorios Chilenos que prestan servicio de análisis de laboratorio y su alcance de acreditación para las distintas matrices analizadas.

	Alcance de acreditación							
	Sistema de gestión	Aguas Marinas	Sedimentos Marinos	Tejidos biológicos	Aguas crudas	Suelos	RILES	Microbiología
SGS Laboratorios	x				x	x	x	x
Hidrolab	x				x	x	x	x
Agriquem América	x			x	x	x	x	x
CESMEC	x			x	x	x	x	x
GCL Eurofins	x			x	x		x	x
Silob Chile	x			x	x	x	x	
ANAM análisis ambientales	x				x	x	x	x
Analab	x				x	x	x	x
ALS Laboratorios	x				x	x	x	
Activation Lab	x							
Biodiversa	x				x		x	x
Laboratorio de Oceanografía Química UDEC	x	x	x	x				
Dictuc	x				x	x	x	x
Laboratorio Manuel Ruiz y Cia	x				x	x	x	x
Centro nacional del medio ambiente	x				x	x	x	
Andes Control	x			x	x			
Laboratorios Rilab	x				x	x	x	x
Asesorías Algoritmos	x				x		x	
Universidad de la frontera	x				x	x	x	x
Universidad de playa ancha	x				x		x	
Centro de ecología aplicada	x				x		x	
Biotecmar Universidad Católica de la Santísima Concepción	x				x	x	x	
POCH Ambiental	x				x	x		

4.1.6.- Normativa relacionada con la evaluación ambiental de proyectos.

Normativa nacional

En Chile no existe normativa ambiental de calidad ni primaria ni secundaria, específica para medios marinos, dejando en manos de los titulares de los proyectos la responsabilidad de mostrar la condición del medio con las mejores herramientas técnicas y estadísticas con las que cuente y compararlo contra estándares y referencias generalmente internacionales. Salvo por la guía para la generación de normas secundarias de calidad ambiental emitida por la CONAMA, que al ser la única herramienta que existe, es habitual encontrarla citada en los proyectos.

Respecto de la legislación ambiental relacionada con el ambiente marino que Chile ha suscrito, un resumen se entrega en la Tabla 11.

Es muy usual en Chile aplicar una adaptación de las normas de emisión, que si existen tanto para límites permisibles como para técnicas de análisis, existen tres cuerpos normativos al respecto, el que es liderado por la Superintendencia de servicios sanitarios – SISS, que cuenta con 3 manuales operativos para aguas potables y residuales, el primero de ellos es el manual operativo de la norma chilena 411, “Norma de Muestreo de Aguas Residuales”, en este documento se mencionan las técnicas, herramientas y equipos para la colecta de muestras de aguas residuales y cuerpos de agua dulce.

El segundo documento de la SISS, corresponde al manual SISS, de métodos de ensayo, donde se mencionan procedimientos adaptados del Standard Methods APHA, para el análisis de agua potable.

El tercero corresponde a la serie de normas técnicas Nch 2313, que tratan sobre métodos de ensayo para aguas residuales.

Tabla 11. Resumen de la legislación referente al ambiente marino firmadas por el estado de Chile

Norma	Título
Decreto 827	Promulga el protocolo para la conservación y administración de las áreas marinas y costeras protegidas del pacifico sudeste
Decreto 173	Promulga el protocolo sobre cooperación preparación y lucha contra los sucesos de contaminación por sustancias nocivas y potencialmente peligrosas y su anexo
Decreto 174	Promulga el protocolo de 1997 que enmienda el convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques 1973 modificado por el protocolo de 1978 y las enmiendas al anexo del protocolo de 1978 relativo al aludido convenio
Decreto 656	Promulga protocolo complementario del acuerdo sobre la cooperación regional para el combate contra la contaminación del pacifico sudeste por hidrocarburos y otras sustancias nocivas
Decreto 263	Aprueba reglamento de sanidad marítima aérea y de las fronteras
Decreto 432	Aprueba las declaraciones y convenios entre Chile Perú y Ecuador concertados en la primera conferencia sobre explotación y conservación de las riquezas marítimas del pacifico sur
Decreto 295	Promulga el protocolo para la protección del pacifico sudeste contra la contaminación proveniente de fuentes terrestres y sus anexos
Decreto 1393	Promulga la convención de las naciones unidas sobre el derecho del mar y sus anexos y el acuerdo relativo a la aplicación de la parte xi de dicha convención y su anexo
Decreto 1	Reglamento para el control de la contaminación acuática
Decreto 720	Promulga el protocolo para la protección del pacifico sudeste contra la contaminación radiactiva
Decreto 296	Promulga el convenio para la protección del medio ambiente y la zona costera del pacifico sudeste
Decreto 320	Reglamento ambiental para la acuicultura
Decreto 107	Promulga el convenio internacional sobre cooperación preparación y lucha contra la contaminación por hidrocarburos 1990 y su anexo
Decreto 476	Promulga el convenio sobre prevención de la contaminación del mar por vertimiento de desechos y otras materias con sus anexos i ii y iii del año 1972
Decreto 425	Promulga el acuerdo sobre la cooperación regional para el combate contra la contaminación del pacifico sudeste por hidrocarburos y otras sustancias nocivas en casos de emergencia suscrito en Lima el 12 de noviembre de 1981
Decreto 475	Promulga el convenio internacional sobre responsabilidad civil por daños causados por la contaminación de las aguas del mar por hidrocarburos con su anexo del año 1969
Decreto 90	Establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales
Decreto 144	Establece normas de calidad primaria para la protección de las aguas marinas y estuarinas aptas para actividades de recreación con contacto directo
Decreto 102	Aprueba el reglamento de permisos para la explotación de las riquezas del pacifico sur
Decreto 474	Convenio internacional para prevenir la contaminación de las aguas del mar por hidrocarburos de 1954 con sus enmiendas de 1962 y 1969 y un anexo sobre "libro registro de hidrocarburos"
Decreto 358	Promulga el convenio internacional relativo a la intervención en alta mar en casos de accidentes que causen una contaminación por hidrocarburos de 1969 y el protocolo relativo a la intervención en alta mar en casos de contaminación por sustancias distintas de los hidrocarburos de 1973
Decreto 292	Aprueba la ley orgánica de la dirección general del territorio marítimo y de marina mercante
Decreto 208	Crea Consejo Consultivo de Pesca y Caza y dicta disposiciones en fomento de las actividades pesqueras nacionales (Art. 8)
Decreto 2222	Ley de Navegación (Título VIII párrafo 4° Restos Náufragos arts. 132 a 141)

De la misma forma, se suele ocupar equivocadamente como estándar de calidad en algunos proyectos, el Decreto supremo 90 “Emisión de residuos líquidos a cuerpos de agua continental y marino”, que como su nombre lo indica es una norma de emisión de contaminantes, que busca caracterizar la emisión de RILes y hace uso de las normas técnicas Nch 2313 para el análisis.

Lo más usual es de todas maneras, es que los consultores sean asesorados por los laboratorios de ensayo, incluyendo en las baterías de análisis diseñadas por los titulares de los proyectos, métodos de ensayo provenientes tanto del APHA, como de las SISS y el 2313. Lamentablemente en la gran mayoría de los proyectos de línea base revisados, no se encuentran referencias técnicas estudiadas en forma específica para medios marinos. Lo normal es encontrar una comparación de los resultados de ensayos realizados con técnicas para RILes, con estándares extranjeros para medios marinos, que utilizan recomendaciones de parámetros, preparación de muestras y análisis instrumental más adecuados para las matrices en estudio.

Normativa internacional

Existen numerosos convenios internacionales que buscan combatir la contaminación marina producida en los puertos de embarque de todo tipo así como la contaminación originada por los buques, la que incluye el Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques 1973/1978 (MARPOL), que se ocupa de aceite, líquidos tóxicos, alcantarillado y basura.

La Organización Marítima Internacional (OMI) es un organismo especializado de las Naciones Unidas agencia integrada por los 158 Estados que han aceptado la Convención. Es responsable de mejorar la seguridad marítima y la reducción de los desechos procedentes de los buques (Juliano, 2000).

Normativa de calidad referente a la química en medios marinos

Australia

La Ley de Protección del Medio Ambiente y Conservación de la Biodiversidad de 1999 (la Ley EPBC) es la pieza central de la legislación ambiental del Gobierno de Australia. Proporciona un marco legal para proteger y gestionar a nivel nacional e internacional flora importantes, la fauna, las comunidades ecológicas y lugares patrimoniales - se define en la Ley EPBC como asuntos de importancia ambiental nacional. De esta normativa nacen 2 guías metodológicas de calidad ambiental la principal de ellas es la "Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality".

Las Guías de Calidad del Agua de Australia para agua dulce y marina (ANZECC 1992) es una serie de 21 documentos que forman el NWQMS y fue lanzado en 1992 como uno de los primeros documentos de orientación. En 1993, el Comité Permanente ANZECC sobre Protección Ambiental (SCEP) acordó revisar las directrices de calidad del agua para incorporar la información científica, nacional e internacional actual en un documento claro y comprensible.

Dado que las Directrices ANZECC fueron publicadas en 1992 se han producido una serie de avances importantes. En primer lugar, se han producido algunas de las principales iniciativas políticas a nivel federal y estatal que, combinado con la Estrategia Nacional de Gestión de la Calidad del Agua, han aumentado el foco de atención en una gestión sostenible de los recursos hídricos en Australia y Nueva Zelanda (por ejemplo, Consejo de Gobiernos Australianos (COAG) marco de la reforma del Estado del Medio Ambiente de informes y la modificación y aplicación de la Ley de Ordenación de los Recursos NZ). En segundo lugar, hay una tendencia agradable hacia un enfoque más holístico para la gestión de los sistemas acuáticos. En tercer lugar, como se recomienda inicialmente en las Directrices ANZECC 1992, ha habido un aumento en el uso de indicadores biológicos para evaluar y monitorear la "salud" de los ecosistemas acuáticos. Por último, una serie de importantes estudios ambientales (por ejemplo, el Estudio de Port Phillip Bay en Victoria, el Estudio de las aguas costeras del Sur Metropolitana, en Australia Occidental) han dado lugar a avances

significativos en el conocimiento acerca de los estuarios y ecosistemas costeros. Aparte de esta guía/norma de calidad ambiental, existe la “Great Barrier Reef Marine Park Acts”, basada en la primera y que busca presentar herramientas y estándares específicos para estos ecosistemas de interés particular.

Canadá

Canadá no está exenta de leyes para proteger sus ambientes marinos. En 1997, Canadá aprobó la “Oceans Act 2002”, bajo la dirección de la Ley de los Océanos, el gobierno federal ha desarrollado la “Oceans Strategy”, que esboza un camino estratégico para la realización de los compromisos internacionales y mandatos nacionales para la conservación marina a través de un enfoque de gestión basado en el ecosistema. En virtud del artículo 35 (2), la Ley ordena al Ministro de Pesca y Océanos de “dirigir y coordinar el establecimiento de un sistema nacional de áreas protegidas marinas en nombre del gobierno de Canadá”.

Tristemente, Canadá no está cumpliendo con sus compromisos. Otros países, entre ellos Estados Unidos, Australia y Nueva Zelanda, que hizo compromisos con estrategias océano casi al mismo tiempo hizo Canadá en 1997, se han movido muy por delante en la planificación, protección y gestión de los recursos biológicos marinos dentro de sus zonas económicas.

Aun así, cuentan con normativas sectoriales y específicas con relevancia marina ambiental al respecto y que se listan a continuación.

- Arctic Waters Pollution Prevention Act
- Canada Fisheries Act
- Canada Water Act
- Canadian Environmental Assessment Act, 1992
- Canadian Environmental Protection Act, 1999 – Principal normativa ambiental del país
- Migratory Birds Convention Act
- Navigable Waters Protection Act
- Transportation of Dangerous Goods Act (Canada), 1992

España

La Ley 41/2010, de 29 de diciembre, de Protección del Medio Marino constituye la transposición al sistema normativo español de la Directiva 2008/56/CE, de 17 de junio de 2008, por la que se establece un marco de acción comunitaria para la política del medio marino (Directiva marco sobre la estrategia marina).

El principal objetivo de dicha normativa es lograr o mantener un buen estado ambiental del medio marino a más tardar en el año 2020, para cuya consecución se crean las estrategias marinas como herramienta de planificación del medio marino.

La Comisión ha aprobado la Decisión de la Comisión 2010/477/UE sobre los criterios y las normas aplicables al buen estado ambiental de las aguas marinas. Esta Decisión contiene los criterios e indicadores asociados que permiten evaluar el buen estado ambiental, en relación a los 11 descriptores recogidos en el Anexo I de la Directiva.

Cada una de las estrategias marinas comprende una serie de pasos consecutivos:

- Evaluación inicial
- Definición del buen estado ambiental
- Identificación de objetivos ambientales
- Establecimiento de programas de seguimiento
- Puesta en marcha de programas de medidas

Las estrategias marinas se elaboran para todas los espacios marinos de soberanía o jurisdicción española (mar territorial, zona económica exclusiva, plataforma continental y Zona de Protección Pesquera del Mediterráneo). Para facilitar la planificación, la Ley establece la subdivisión del medio marino español en cinco demarcaciones marinas: noratlántica, sudatlántica, Estrecho y Alborán, levantino - balear y canaria, para cada una de las cuales se deberá elaborar una estrategia marina.

Estados Unidos

La legislación norteamericana es la más desarrollada en temas ambientales con relevancia marina, ellos han creado el concejo nacional de los océanos “National Ocean Council”

El Consejo Nacional del océano está a cargo de la implementación de la Política Nacional del Océano. La pertenencia a la NOC incluye inicialmente los siguientes, con los oficiales designadas por los Copresidentes, según sea necesario:

- Los Secretarios de: Estado, Defensa, Interior, Agricultura, Salud y Servicios Sociales, Comercio, Trabajo, Transporte, Energía y Seguridad Nacional
- El Fiscal General
- Los Administradores de: la Agencia de Protección Ambiental (EPA) y la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA)
- Los Presidentes de: El Consejo de Calidad Ambiental (CEQ), la Comisión Federal Reguladora de Energía (FERC), y los jefes del Estado Mayor Conjunto
- Los Directores de: la Oficina de Administración y Presupuesto (OMB), la Inteligencia Nacional, la Oficina de Política Científica y Tecnológica (OSTP), la Fundación Nacional de Ciencia (NSF)
- Los Asistentes: el Presidente para Asuntos de Seguridad Nacional, Seguridad Nacional y Contraterrorismo, la política interior, la política económica, y energía y cambio climático
- Un empleado de los Estados Unidos designado por el Vicepresidente
- El Subsecretario de Comercio para los Océanos y la Atmósfera (NOAA Administrador)

Bajo esta figura legal, se han creado regulaciones específicas para medios marinos para diferentes temáticas, como se listan a continuación.

Protección de Cuencas Costeras

- Programa Nacional de Estuarios
- Consejo de Grandes Ecosistemas Acuáticos

- Clima de estuarios
- Cuencas Costeras (watershed)

Prevención de la Contaminación del Mar

- Vertidos de Buques
- Disposición y dragados en los océanos
- Hipoxia
- Los desechos marinos
- Ley de Navegación limpia

Monitoreo y Evaluación

- Evaluación de la Condición Costera Nacional
- Evaluación de Daños a los Recursos Naturales

Asociaciones Oceánicas y Costeras

- Grupo de trabajo Arrecifes de Coral
- América Costera
- Comisión de Marina para el Sistema de Transporte
- EPA - Howard University Partnership
- Subcomité para la Gestión Integrada de

4.2.- Guías metodológicas por tipo de proyecto

Con la información obtenida de la revisión bibliográfica, cada uno de los expertos participantes en el proyecto realizó un análisis de los impactos ambientales de cada uno de los tipos de proyectos definidos y se establecieron las metodologías que permitan evaluar cada una de las variables potencialmente afectadas. La información así obtenida se compiló en guías metodológicas de cada uno de los tipos de proyectos identificados en la etapa anterior y que ingresan al SEIA. Estas guías contienen una descripción del tipo de proyecto al que se refiere la guía, los principales impactos asociados a cada una de las fases del proyecto (construcción, operación y cierre), las metodologías para evaluar cada una de las variables afectadas por el impacto ambiental identificado (variables físicas, químicas y biológicas) y las medidas de control y trazabilidad. A continuación se entregan las guías metodológicas de cada tipo de proyecto.

4.2.1.- Guía de criterios y metodologías para proyectos portuarios

Los puertos y terminales marítimos, en adelante proyectos portuarios, comprenden una variedad de configuraciones espaciales y de infraestructura y equipamiento, de acuerdo a las necesidades que dicho puerto o terminal deba atender. Sin perjuicio de ello, y para los fines de este trabajo, existen actividades genéricas y específicas, tanto en las etapas de construcción, operación y abandono o cierre, que pueden agruparse para realizar un análisis ambiental de éstos proyectos.

De acuerdo a esto, se presenta en los párrafos siguientes: i) un listado de los tipos de carga movilizada y los puertos y terminales marítimos asociados a éstas, ii) una matriz de actividades y componentes ambientales susceptibles de ser afectados por las obras asociadas a este tipo de proyectos, por etapa del mismo, iii) una descripción de los impactos potenciales derivados de las actividades portuarias; y, iv) un listado de protocolos y metodologías utilizadas para la evaluación de los impactos señalados anteriormente.

4.2.1.1.- Definición y antecedentes de puertos y terminales marítimos.

La operación de los puertos puede generar impactos ambientales diferenciados dependiendo de los productos embarcados o desembarcados y sus características. En general las cargas movilizadas se pueden caracterizar de la siguiente manera:

Carga general: aquellas cargas transferidas, manipuladas y o almacenadas como bultos individualizados. Incluye las mercancías empacadas, ensacadas, envasadas, automóviles y/o cualquier otro tipo de embalaje (pacas, barriles, costales o recipientes de gran volumen). Este tipo de carga se puede clasificar, también, en carga general contenerizada y carga general no contenerizada (dentro de la cual se encuentra aquella que entra y sale por sus propios medios de la embarcación - automóviles, maquinaria- o carga *roll-on/roll-off*).

Graneles: son aquellas cargas que pueden transferirse, manipularse y/o almacenarse de manera suelta, no embalada, que pueden vaciarse o bombearse libremente en las bodegas de un barco o un puerto. Al mismo tiempo, éstos pueden subdividirse en sólidos (concentrados minerales, cereales, etc.), líquidos (hidrocarburos) y gaseosos (amoníaco).

De acuerdo a lo anterior, es posible reconocer los siguientes tipos de Puertos y Terminales Marítimos

- ✓ De Carga General
- ✓ De graneles sólidos
- ✓ De graneles líquidos
- ✓ Turísticos y Deportivos (de cruceros, marinas)
- ✓ Multipropósito
- ✓ Pesqueros
- ✓ Militares

En todos ellos existen obras fundamentales, complementarias y de apoyo, las cuales, para efectos de este estudio, serán tratadas en su conjunto como obras portuarias. Sin perjuicio de lo anterior, el diseño, en términos de configuración y extensión espacial, número y tipo de obras involucradas, así como la tecnología constructiva utilizada y la localización específica de un determinado tipo de puerto, tienen una influencia significativa en la intensidad, magnitud, duración, extensión y reversibilidad de los diferentes impactos y sus consecuencias sobre los diferentes componentes ambientales que se consideren en el análisis. En ese sentido y para los fines de este trabajo, se han considerado, para las diferentes fases de los proyectos (Construcción, Operación y Cierre o Abandono), actividades e impactos ambientales potenciales, de tipo genéricos; de modo de entregar un modelo base que sea considerado a la hora de evaluar ambientalmente este tipo de proyectos.

Para el análisis que sigue, han quedado excluidos los puertos militares.

4.2.1.2.- Impactos potenciales de las actividades portuarias por etapa de proyecto.

Etapa construcción.

La etapa de construcción corresponde a todos aquellos trabajos tendientes a la preparación del sector donde se establecerá el puerto y a la edificación de todas aquellas estructuras que permitirán su operación. Contempla el impacto tanto de las actividades de construcción de las instalaciones, así como la utilización de los equipos y maquinaria necesarios para este fin. Durante esta etapa se podrían producir los siguientes impactos ambientales:

Destrucción o modificación de hábitats: La construcción de las estructuras correspondientes a las instalaciones del puerto se realiza mediante movimiento de tierra en la zona costera, además habitualmente se realizan detonaciones de explosivos, ya sean estas intermareales o submareales y se instalan estructuras como pilotes, lozas, molos de abrigo, etc. Todas estas actividades destruyen el hábitat existente en el sector inmediatamente intervenido o lo modifican de manera significativa. La destrucción de hábitats podría acontecer en sectores alejados de la zona de construcción del proyecto si es que este contempla dragados donde los efectos descritos podrían también afectar el sector de vertimiento del material extraído.

Destrucción de bancos de especies sésiles: Por las mismas actividades descritas en el punto anterior, se destruyen aquellos bancos de especies sésiles o con bajo movimiento que no tienen posibilidad de emigrar a otros sectores durante la etapa de construcción. Estas especies pueden tener importancia económica (recursos pesqueros) o ecológica (por ejemplo algas u otras especies estructuradoras de hábitats).

Efecto de la generación de ruidos y ondas expansivas sobre mamíferos marinos y aves: Los mamíferos marinos, especialmente aquellos que son residentes, pueden ser afectados durante la etapa de construcción, debido a la generación de ruidos intensos que podría generar cambios de conducta, abandono del lugar o incluso la muerte de individuos. De igual manera, el uso de explosivos puede también generar abandono del lugar o la muerte de los individuos.

Alteración de la calidad de la columna de agua y sedimento mediante resuspensión de este: El movimiento de los sedimentos marinos, rocas etc. genera resuspensión de sedimentos, que pueden o no contener metales traza u otros contaminantes, los cuales pueden afectar las características de la columna de agua aumentando la turbidez o cambiando las características de esta.

Introducción de contaminantes externos: La etapa de construcción también puede generar incorporación de contaminantes externos tales como hidrocarburos u otros provenientes de las actividades de construcción. Estos cambios químicos pueden afectar tanto a las comunidades planctónicas como bentónicas del sector.

Etapa de operación.

La etapa de operación contempla todas las actividades relativas al embarque, desembarque o acopio de productos y sustancias, la operación de las embarcaciones ya sea durante las maniobras de aproximación o su atraque al muelle, y todas las actividades y desechos de la operación portuaria que puedan afectar el mar contiguo. Durante la etapa de operación se podrían producir los siguientes impactos ambientales:

Cambios en las condiciones hidrodinámicas y de sedimentación debido a las estructuras construidas: La construcción de estructuras en el mar pueden constituirse en obstáculos que cambien las condiciones hidrodinámicas del sector y

con esto las tasas de sedimentación en distintos puntos cercanos al proyecto, cambiando por lo tanto las condiciones ambientales del sector.

Contaminación de agua y sedimentos marinos por vertimiento de los productos a embarcar: Dependiendo de la actividad portuaria, existe siempre la posibilidad que parte de los productos a ser embarcados o descargados puedan ser vertidos al mar. Estos pueden ser metales (en el caso de carga de minerales) hidrocarburos, compuestos orgánicos, etc. Esto podría generar aumento de contaminantes tanto en agua como en sedimentos o cambios en sus características o calidad (turbidez, pH, potencial *redox*, oxígeno disuelto, etc.). La presencia de pinturas antifouling, que eventualmente se disuelven en el mar también genera contaminación de la columna de agua.

Efectos de la contaminación de agua y sedimentos marinos en las especies hidrobiológicas: Debido a la contaminación descrita en el punto anterior, se puede generar bio-acumulación en organismos marinos y efectos en las comunidades marinas presentes, como cambios en su abundancia, riqueza, diversidad, distribución, reclutamiento u cambios en otros parámetros poblacionales o fisiológicos.

Destrucción o modificación de hábitats y especies debido a dragados u operación de naves: Los dragados de mantención que se realizan periódicamente en los puertos generan destrucción de hábitats y de las especies que habitan en los fondos blandos así como el enterramiento de estas especies en los sectores de vertimiento. La re suspensión de sedimentos durante el dragado también puede provocar asfixia de las especies presentes en el sector. La operación de las naves en sectores de baja profundidad puede afectar las comunidades marinas debido al efecto de las propelas en el fondo. También, la modificación del sector costero por las instalaciones portuarias puede generar fragmentación de hábitat. Esto último se produce cuando las estructuras construidas son de tamaño suficiente para generar una discontinuidad entre los sectores de costa separados por las estructuras portuarias.

Interferencia entre naves y mamíferos marinos: El desplazamiento de los buques puede producir colisiones con mamíferos marinos especialmente en sectores reconocidos como áreas de alimentación, reproducción descanso o áreas de circulación de estas especies. De igual manera, la generación de ruido difuso y continuo debido a la operación de los buques, puede causar abandono de hábitats por parte de mamíferos marinos o alterar su comportamiento, lo mismo podría suceder con las aves marinas.

Interferencia de las luces de las instalaciones portuarias con las aves marinas: Las luces de los puertos por su parte, podrían afectar las rutas de migración y las áreas de anidación de las aves marinas ya que algunas especies se ven atraídas por estas.

Fragmentación de hábitats: Dependiendo de la exención de las estructuras portuarias a construir y su configuración, se podría generar una fragmentación de hábitats, para especies que no podrían ocupar el sector intervenido como parte de su hábitat habitual.

Introducción de especies exóticas: La presencia de buques que vienen del extranjero o de otra zona biogeográfica dentro de Chile, puede producir la entrada accidental y no intencional de especies exóticas ya sea a través del agua de lastre o por incrustaciones en el casco.

Etapas de cierre.

La etapa de cierre corresponde a todas las actividades que se requieren para poner término a las operaciones de los puertos, entre las que se cuentan el desmantelamiento de las instalaciones y la limpieza del sector donde se ubica el puerto, con el fin de evitar que sustancias contaminantes puedan afectar el ambiente. Los posibles impactos ambientales que pueden ocurrir durante esta etapa, son similares a los que se reportan para la etapa de construcción.

En la Tabla 12 se presenta, para las diferentes fases de los proyectos portuarios, una matriz general de actividades e impactos potenciales, por tipo de componente ambiental.

Tabla 12 Matriz de actividades e impactos potenciales de los proyectos portuarios, por componente ambiental, de acuerdo a las distintas fases de proyecto.

Proyecto		Actividades	Impacto	Matriz / Componente Ambiental Impactado													Total			
Tipo	Fase			Agua		Sedimentos		Biota												
				F	Q	F	Q	FP	ZP	IS	II	ESfd	EIfd	P	A	R		M		
Portuario	Construcción	Movimiento de tierra en borde costero/dragado	Alteración de la calidad de la columna de agua y los sedimentos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	14	
		Tronaduras intermareales	Efectos generación de ruidos y ondas expansivas en mamíferos y aves												X	X			X	3
			Destrucción o modificación de hábitats								X		X	X	X	X				5
			Destrucción de bancos de especies sésiles								X		X	X	X	X				5
		Tronaduras submareales	Efectos generación de ruidos y ondas expansivas en mamíferos y aves											X	X			X		3
			Destrucción o modificación de hábitats							X		X		X				X		4
			Destrucción de bancos de especies sésiles							X		X		X				X		4
		Hincado de pilotes con martinete hidráulico	Efectos generación de ruidos y ondas expansivas en mamíferos y aves											X	X			X		3
		Construcción y hormigonado de obras de arte	Destrucción o modificación de hábitats							X		X								2
			Destrucción de bancos de especies sésiles							X		X								2
	Cambio de condiciones hidrodinámicas		X	X																
	Operación	Tránsito de naves	Efectos generación de ruidos y ondas expansivas en mamíferos y aves															X	1	
			Interferencia entre naves y mamíferos marinos															X	1	
			Introducción de especies exóticas					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	9

F: físico; Q: químico; FP: fitoplancton; ZP: zooplancton; IS: Infauna submareal; II: Infauna intermareal; ESfd: Epibiota submareal fondos duros; EIfd: Epibiota intermareal fondos duros; P: Peces; A: aves; R: Reptiles; M: mamíferos.

Continuación Tabla 12 Matriz de actividades e impactos potenciales de los proyectos portuarios, por componente ambiental, de acuerdo a las distintas fases de proyecto.

Proyecto		Actividades	Impacto	Matriz / Componente Ambiental Impactado													Total					
Tipo	Fase			F	Q	Agua		Sedimentos		Biota												
						F	Q	FP	ZP	IS	II	ESfd	Elfd	P	A	R		M				
	operación	Carga/Descarga de graneles sólidos	Alteración de la calidad de la columna de agua y los sedimentos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					12	
			Destrucción o modificación de hábitats					X	X	X	X	X	X	X	X	X						8
		Carga / Descarga de graneles líquidos	Alteración de la calidad de la columna de agua y los sedimentos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						12
			Destrucción o modificación de hábitats					X	X	X	X	X	X	X	X	X			X			9
			Destrucción de bancos de especies sésiles					X	X	X	X	X	X	X	X		X				9	
		Operación general del Puerto	Interferencia de las luces de las instalaciones portuarias con las aves marinas														X				1	
	Cierre / Abandono	Movimiento de tierra en borde costero	Alteración de la calidad de la columna de agua y los sedimentos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		14
			Efectos generación de ruidos y ondas expansivas en mamíferos y aves															X		X		2
		Tránsito de naves	Interferencia entre naves y mamíferos marinos															X		X		2
			Efectos generación de ruidos y ondas expansivas en mamíferos y aves															X		X		2
Desmontaje de estructuras		Alteración de la calidad de la columna de agua y los sedimentos	X	X	X	X															4	
		Destrucción o modificación de hábitats								X	X	X	X			X	X				6	
	Destrucción de bancos de especies sésiles								X	X	X	X								4		
Total				5	5	5	5	7	7	13	11	13	11	14	14	5	15					

F: físico; **Q:** químico; **FP:** fitoplancton; **ZP:** zooplancton; **IS:** Infauna submareal; **II:** Infauna intermareal; **ESfd:** Epibiota submareal fondos duros; **Elfd:** Epibiota intermareal fondos duros; **P:** Peces; **A:** aves; **R:** Reptiles; **M:** mamíferos.

4.2.1.3.- Protocolos de evaluación de componentes ambientales.

Los protocolos de evaluación de impacto ambiental de las actividades previamente descritas, deben de dar cuenta de la variabilidad ambiental intrínseca de cada una de los parámetros o matrices a ser estudiados y ser capaz de diferenciar los efectos provocados por las actividades portuarias de aquellos cambios que se producen de manera natural en el ambiente o de aquellos provocados por otras actividades antrópicas que se desarrollen en el borde costero cercano al proyecto como son la pesca artesanal, acuicultura u otras actividades industriales. Además, debe en lo posible evaluar la probable sinergia con dichas actividades. De igual manera, el dimensionamiento de un impacto en los sistemas acuáticos debe tener en cuenta como elementos principales las características del lugar (sistemas cerrados; semi cerrados o sistemas abiertos; profundos o someros; características ecológicas y/o usos compartidos), la dinámica física y química del sistema y su condición de conservación actual. El dimensionamiento debe poder guardar las proporciones del impacto con las características de unidad geográfica local (bahía, costa expuesta, un fiordo, una ensenada pequeña, etc.).

A continuación se desarrolla una propuesta de diseño muestral para ser aplicado a todas las matrices ambientales estudiadas que requieren la toma de muestras ya sea para la evaluación química o biológica. Se exceptúan aquellas matrices que por sus características deben ser evaluadas por metodologías diferentes como son los mamíferos marinos o la oceanografía física.

Zona de influencia

De acuerdo al Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental “El área de influencia del proyecto o actividad se definirá y justificará, para cada elemento afectado del medio ambiente, tomando en consideración los impactos ambientales potenciales relevantes sobre ellos” .La determinación de la zona de influencia del proyecto, deberá considerar entonces al menos la siguiente información

que deberá ser analizada y cuyo análisis deberá quedar explícito en la definición de la zona de influencia presentada en el estudio o declaración de impacto ambiental:

- Presencia de otras actividades antrópicas (áreas de manejo de recursos pesqueros, áreas de acuicultura, actividades industriales)
- Áreas de pesca
- Presencia de reservas o parques marinos
- Tipo de carga del puerto, método, cantidad cargada.
- Información de literatura respecto de características de la zona donde se instalará el puerto para la componente física (corrientes, vientos, batimetría, etc.)
- Información de literatura respecto de características de la zona donde se instalará el puerto para la componente química.
- Información de literatura respecto de características de la zona donde se instalará el puerto para la componente biológica (Plancton, comunidades submareales e intermareales, mamíferos marinos, aves, etc.)
- Modelaciones de derrames y vertimientos
- Para la zona de vertimiento de dragados, se debe determinar si existe zona de pesca de especies comerciales

La información recolectada deberá ser considerada para establecer la mayor área posible de impacto, considerando las posibles sinergias existentes. Se debe incluir en una carta un polígono que dé cuenta del área de influencia del proyecto.

Diseño muestral estudios de impacto ambiental y planes de vigilancia ambiental

Un diseño muestral adecuado debería poder caracterizar de buena manera la zona de influencia del proyecto, para poder determinar dónde y en que magnitud se producen los impactos. En general, los diseños muestrales tanto de las líneas de base

como de los planes de vigilancia ambiental posteriores se basan en una serie de estaciones o puntos de muestreo distribuidos de manera aleatoria en la zona de influencia del proyecto o de manera equidistante alejándose del punto de impacto, incluyéndose uno o dos puntos de control alejados del proyecto y no influenciados por este. Sin embargo, no existe una metodología estandarizada que establezca cuantas estaciones de muestreo son necesarias ni cómo se deben distribuir estas, así como tampoco existe una referencia a las consecuencias que tiene la observación de cambios ambientales en alguna de estas estaciones. De esta manera, el diseño muestral debe comenzar en el “punto cero” del Impacto, lugar donde se encuentra la fuente de emisión, y terminar en un “punto L”, distancia que define un Área de Impacto. El “punto L” será el límite último de dicho impacto potencial, posterior al cual no se espera efecto alguno bajo ninguna circunstancia debido al proyecto en cuestión. Este “punto L” debiera ser convenido entre lo expresado por la actividad productiva, lo considerado por la Autoridad competente y por los intereses de la comunidad, entendiendo en esta última a otras empresas productivas, organizaciones sociales, organizaciones culturales, Estado, etc.

La actividad productiva no debiera impactar negativamente el “punto cero” (entendiendo impacto negativo desde una disminución significativa de la diversidad biológica hasta la desaparición local de ella o cambios significativos en las características fisicoquímicas del sector), sin embargo, cualquier impacto negativo en dicho punto será una primera luz de alerta (una luz amarilla) de eventos potencialmente riesgosos para el ambiente y deberá ser explicado a la Autoridad competente por la actividad productiva. Habrá un promedio de 3 estaciones para el “punto cero”, que dependiendo de los puntos de embarques podrá ser desde 1 estación (un único punto de embarque) hasta 5 estaciones (megapuertos), distribuidos según propuesta de la actividad productiva pero a discreción de la Autoridad.

Desde el “punto cero” al “punto L” habrá un número determinado de estaciones en función de la distancia de ambos. Este número adicional de estaciones puede ser definido por la fórmula $1+3,22*\log(n)$ (regla de Sturges), siendo n la distancia del

“punto cero” al “punto L” en metros dividido por 10 (en números de decámetros). Por ejemplo, si la distancia entre ambos puntos es de 1.000 metros, n será igual a $1.000:10 = 100$ decámetros. Entonces, $1+3,22*\log(100) = 7,44$ que al aproximararlo al entero correspondiente resulta en 7 estaciones (si fuesen 100 metros corresponderían a 4 [4,22] estaciones; si fuesen 10.000 metros habrían 11 [10,66] estaciones; etc.). Estas estaciones serán distribuidas equidistante entre el “punto cero” (o entre el “punto cero” más proximal al “punto L”, si existe más de uno) y el “punto L”.

En una línea de costa, el potencial impacto negativo de la actividad productiva podría darse en ambos sentido de la costa, como también en profundidad. Paralelo a la costa, la uni o bidireccionalidad de un potencial impacto negativo lo dará la oceanografía y/o topografía del sector. Dada la naturaleza de los elementos que contemplan los embarques en los puertos y la eventual dispersión de su impacto negativo, las estaciones estarán distribuidas en un veril de profundidad determinado por la profundidad del “punto cero” (o de la profundidad promedio de los “puntos cero” cuando exista más de uno). Finalmente, la bidireccionalidad de un potencial impacto negativo implicaría dos “puntos L” por lo que la estimación de las estaciones adicionales deberá considerar la distancia entre estos dos “puntos L” y deberán estar distribuidas proporcionalmente (y equidistante) entre el “punto cero” (o “puntos ceros” proximales a los “puntos L”) y los respectivos “puntos L”. En el caso de estimar un número impar de estaciones adicionales y en presencia de un potencial impacto bidireccional, el número de estaciones adicionales será llevado al número par inmediatamente superior (por ejemplo, de 3 a 4, de 5 a 6, etc.). El número adicional de estaciones no incluye el (los) “punto(s) cero(s)” y tampoco el (los) “punto(s) L”.

Cuando se evidencie un impacto negativo en la estación adicional más proximal al “punto cero” corresponderá una segunda luz amarilla, luego una tercera luz amarilla y, así, sucesivamente hasta alcanzar el “punto L”, lo que encenderá la luz roja originando el cese de la actividad. Sin embargo, antes de llegar a ese último punto, al encenderse cada luz amarilla gatillará medidas de mitigación específicas que serán fiscalizadas por la Autoridad.

Si bien el número de estaciones será dependiente de la extensión de área de impacto, el número de réplicas por estación es fijo. Tradicionalmente, el número mínimo de réplicas (y el aceptado por todos a nivel nacional) es 3, sin embargo, no hay una fórmula única basada en datos empíricos que unifique criterios. Es claro que mientras mayor es el número de réplicas, mejor es la representación de la comunidad de interés o del parámetro de interés; pero también aumenta la representación de la variabilidad del sistema y aumenta el registro de la biodiversidad a niveles tales que complejiza el umbral entre lo que consideramos un sistema sano de uno no-sano. Esta información necesaria para nuestro conocimiento y entendimiento de la biodiversidad, va más allá de los alcances de un programa de vigilancia ambiental enfocado en cautelar la salud del sistema mediante la detección precoz y poniendo límites a intrusiones dañinas. Estudios disponibles que usan un mayor número de réplicas por estación muestran números que van desde los 5 a 9 réplicas por estación, entregando información valiosa sobre lo primero pero no necesariamente evidenciando una mejora en la detección precoz de los eventuales impactos negativos de una actividad productiva. Hasta no contar con información específica para este tópico, pero entendiendo que una mínima mejora permitirá mejorar la argumentación de cambios precoces, el número de réplicas por estación será subido a 4 (cuatro).

4.2.1.3.1.- Variables físicas

- **Marco conceptual**

De acuerdo al diseño del puerto y/o muelles a medida que se vaya construyendo se irán produciendo variaciones en la hidrodinámica. Los impactos que se pueden producir en esta componente van desde algunas variaciones en las corrientes entorno a las estructuras instaladas, hasta cambios que modifican la hidrodinámica alternando los patrones de circulación y los tiempos de residencias lo que genera acumulación de sedimentos en algunos sectores y pérdida de sedimentos

en otros. La resuspensión de sedimentos además trae riesgos de liberación de contaminantes desde los sedimentos a la columna de agua, mientras que la acumulación de sedimentos genera reducción de la capacidad de carga tanto de los sedimentos como de la columna de agua.

Durante la operación los cambios estarán a las zonas de retención de los sedimentos, y las zonas donde el sedimento es removido, lo que irá modificando los patrones de las corrientes y sedimentación y por ende modificando la profundidad. Estos cambios producen la necesidad de realizar dragados lo que además de modificar los patrones de circulación y de retención produce la liberación de contaminantes. Por lo que es importante monitorear los cambios de las corrientes para tomar las medidas preventivas apropiadas.

- **Diseño muestral**

De acuerdo con el diseño del proyecto, considerando los distintos cambios que generará el proyecto tanto en el medio marino, como terrestre en especial si hay marismas o sistemas estuarinos, se deberá definir la metodología a utilizar en la línea base marina, evaluación de impactos y en los programas de vigilancia ambiental.

En las líneas base ambiental se debe hacer como mínimo lo indicado por la DIRECTEMAR y el SHOA, teniendo en cuenta los procesos dominantes, por ejemplo, en la zona de los canales la marea es el principal forzante, mientras que al norte del Canal Chacao el forzante dominante es el viento. Por lo tanto, durante la planificación de los estudios a realizar es necesario analizar que forzantes actúan más sobre las corrientes, y como la batimetría y la forma de la costa modifican las corrientes del sector.

En la evaluación de los impactos es importante evaluar mediante modelación numérica como son las corrientes sin el proyecto y que cambios producirá el proyecto. Debe tenerse en cuenta la interacción del oleaje reinante en las principales épocas de marejada (invierno y verano), y como las corrientes y el oleaje afecta el transporte de sedimentos, así como en la dispersión de minerales, granos e hidrocarburos que

pueden derramarse durante la operación del puerto, teniéndose en cuenta la cercanía de áreas de manejo, reservas y otras actividades económicas que se desarrollen en las cercanías.

En los programas de vigilancia debe incluirse un conjunto de estaciones con CTD que permita describir las variaciones espacio-temporales que se produzcan durante la operación del proyecto. También es importante realizar mediciones con ADCP remolcado, por un periodo mínimo de 24 horas, para evaluar los cambios de las corrientes en el tiempo y la estimación de los cambios que se producen en los sedimentos en suspensión por medio del análisis del backscattering.

Como las estructuras instaladas generan cambios en la dinámica del sedimento es importante hacer un seguimiento de los cambios batimétricos mediante una batimetría exploratoria.

Las mediciones de las variables físicas deben realizarse a lo menos en las estaciones de verano y de invierno durante la línea de base de manera de establecer las condiciones oceanográficas previas a la intervención del proyecto. Estas mediciones deben desarrollarse como mínimo durante 30 días para corrientes eulerianas, vientos y mareas y mediciones durante marea llenante y vaciante en sicigia y cuadratura para corrientes lagrangianas deriva litoral y dispersión.

- **Metodología y análisis**

En la línea base del proyecto se debe caracterizar las condiciones dinámicas de la zona del proyecto y de sus alrededores, para este efecto y acorde con los requerimientos de la autoridad marítima, se deberá ejecutar un estudio de correntometría de tipo Euleriana, Lagrangiana, corrientes litorales y dispersión con trazador químico (Rodamina WT). El objetivo básico de esta actividad es caracterizar el comportamiento temporal de las corrientes costeras en el área de proyecto, así

como su variación en dirección y magnitud a través de la columna de agua, de tal modo de poder caracterizar adecuadamente la dinámica costera del área de interés.

Estudio de corrientes Eulerianas o fijas

El estudio de correntimetría euleriana se realizará por un período de 30 días para lo cual se deberá instalar como mínimo un perfilador acústico con tecnología Doppler (ADCP), que permita medir corrientes y mareas. La programación de los instrumentos deberá considerar la medición de la corriente en capas de agua entre 0.5 y 1 m de espesor, desde la superficie hasta las cercanías del fondo marino, con intervalo de registro de 10 minutos. Tanto el espesor de las capas, como la estructura con la cual se instala el correntómetro determinaran la fracción en la columna de agua que no contará con información: en el fondo está definido por la capa de blanking y la distancia de los transductores del fondo; y en superficie tanto por el espesor de cada capa de medición, las variaciones de la marea y el oleaje, además de la mezcla turbulenta en superficie.

El análisis de los registros eulerianos deberá incluir un análisis espectral, correlación con viento y marea, efecto de la brisa marina y de la marea, direcciones y probabilidades de ocurrencia, persistencia e intensidades de los flujos y sus estadísticas básicas. Asimismo, se deberán determinar los valores modales y máximos, la fluctuación diurna y semi diurna de la corriente y los diagramas de vector progresivo. Es importante que la discusión y conclusiones de los resultados estén en función del proyecto y de los posibles impactos.

Control de Vientos y Marea

Con la finalidad de determinar posibles relaciones causa efecto entre los distintos agentes forzantes de la circulación marina (marea, vientos), los estudios de correntimetría Euleriana se deberán realizar superpuestos temporalmente a estudios de vientos y marea.

Estudio de Vientos

Las mediciones de vientos se deberán desarrollar en el mismo período de ejecución de los estudios de corrientes, para lo cual se instalará y operará una estación meteorológica automática durante 30 días. La estación de medición deberá ser programada al menos para registrar la rapidez y dirección media del viento en intervalos de 10 minutos. Es importante que la estación meteorológica se instale en el sector del proyecto, esto que en muchas ocasiones por motivos de seguridad del instrumento se instala en un sector poco representativo del viento del lugar de desarrollo del proyecto.

El análisis de los registros deberá incluir espectros que permitan comprender la circulación atmosférica, ciclos diurnos e intensidades de los flujos atmosféricos y sus estadísticas básicas. En la discusión y conclusiones de estas mediciones se debe tener presente los aspectos topográficos del sector y si el sector está directamente expuesto a las condiciones marítimas.

Estudio de Marea

Se deberá analizar los registros de marea medidos por el perfilador ADCP que se instalará en el sector. La información de las mareas del sector de estudio deberá comprender al menos los siguientes análisis: Análisis no armónico, Análisis armónico, Régimen de marea y Planos de marea (NMM, Amplitud media, marea mínima, etc.). Aun cuando la marea es un parámetro que se puede predecir su comportamiento sin mayores problemas, es importante tener en cuenta aspectos topo batimétricos, así como aportes de ríos en el sector, pueden modificar la propagación de la marea. En los casos necesarios en la discusión y conclusión debe quedar bien indicados la influencia de estos sobre la propagación

de la marea.

Estudio de corrientes Lagrangianas

Como complemento a las evaluaciones de la correntometría euleriana, se deberán determinar las trayectorias de las corrientes lagrangianas al menos en dos sitios representativos del área donde se establecerá el puerto. Para tal efecto se deberán realizar mediciones con boyas de deriva, considerando condiciones de marea llenante y vaciante, así como el viento dominante. En cada sitio de medición, se deberán efectuar lances de derivadores en dos estratos de profundidad: en superficie y media agua. La trayectoria seguida por las boyas de deriva deberá ser demarcada con sistema de posicionamiento GPS, durante un período variable entre 1 a 1,5 horas o hasta estos que encallen en la costa. Se deberán utilizar derivadores tipo cruceta, debido a que su diseño fue optimizado para eliminar la influencia del viento en el arrastre del elemento derivador. De acuerdo con las Instrucciones Oceanográfica N°1 del SHOA las mediciones deben ser efectuadas en períodos de sicigia y cuadratura lunar, considerando condiciones de marea vaciante y llenante. Aun cuando en dichas instrucciones se indica que el posicionamiento de los derivadores sea realizado por un GPS instalado en la proa de la embarcación, demarcado la posición aproximando la proa a cada derivador, se recomienda que se instalen en la banderola del derivador un GPS con registro continuo con una frecuencia de registro entre 1 y 5 segundos, de forma que el elemento derivador no sea alterado por la aproximación de la embarcación. Esta metodología además permite un estudio más detallado de la trayectoria del derivador, permitiendo una mejor comprensión de su desplazamiento.

En la discusión y conclusiones de los resultados obtenidos debe tenerse en cuenta tanto las condiciones de marea como el viento al momento del seguimiento de los derivadores.

Deriva litoral

El estudio de corrientes litorales tendrá como objetivo determinar las corrientes asociadas a la zona costera. Al menos se deberá realizar esta experiencia en 3 estaciones de lance dentro de la zona de influencia del proyecto, analizándose las condiciones asociadas a cuadratura y sicigia lunar, en fases de marea llenante y vaciante.

En cada estación se deberán desplegar elementos derivadores (botellas de deriva) con boyantes neutra. El recorrido y posicionamiento de las botellas deberá ser seguido desde una embarcación y posicionado con tecnología GPS o equivalente. Al igual que con los derivadores usados en las corrientes lagrangiana se recomienda instalar al interior del elemento utilizado para determinar la deriva un GPS con registro continuo con una frecuencia de registro entre 1 y 5 segundos. Esta metodología permite un mejor seguimiento de la deriva litoral, en especial considerando que en pocos metros se producen variaciones importantes en su desplazamiento.

Se entregará el análisis de las corrientes asociadas a la franja litoral, incluyendo análisis estadísticos y cálculos de corrientes en la zona surf generada por las olas y vientos, así como la interacción con la orilla (rocosa, arenosa, o mixta).

Estudio de dispersión con trazadores químicos

La capacidad de dispersión de un contaminante o partícula en el mar depende del transporte generado por el sistema de corrientes locales, los vientos predominantes y el grado de difusión estimado a través del gradiente de concentración de un trazador donde se asume un comportamiento pasivo de este, lo que implica que la distribución del trazador depende exclusivamente de los forzantes físicos y no existe reacción con el agua (Smart & Laidlaw, 1976).

Se deberá desarrollar, por lo tanto, mediciones con el objeto de determinar el grado de dispersión en el área de interés. Para tal efecto, se deberá utilizar un trazador químico (por ejemplo, rodamina WT) y determinar su dispersión y dilución en experiencias desarrolladas en el período de cuadratura lunar (peor escenario ambiental), en un punto definido con el mandante, durante la marea vaciante y llenante. Para la cuantificación del trazador químico, se deberá utilizar un Fluorómetro de campo. Los resultados de este estudio deberán incluir la descripción geométrica de las manchas del trazador, incluyendo una representación gráfica de ellas, las que deberán estar referidas a la topografía de la línea de la costa, con sus correspondientes coordenadas geográficas y/o UTM.

Un elemento importante a considerar es la profundidad en que se libera el trazador, lo que debe ser realizado en función del tipo de contaminante o partícula de interés que puede generar un impacto. En el caso de los puertos normalmente se considera derrames en superficie, o un par de metros de la superficie por lo que el trazador debería ser inyectado entre la superficie y dos metros de profundidad.

Estudio de Olas

Se deberán realizar mediciones de oleaje durante 30 días continuos, mediante la utilización de un medidor direccional de olas y correntómetro perfilador acústico con tecnología Doppler. El instrumento debe registrar al menos cada 3 horas el régimen del oleaje. El informe de esta experiencia deberá incluir una caracterización del régimen de oleaje, considerando su dirección, periodo y altura de ola.

Normalmente el estudio del oleaje es considerado con propósitos de diseño de ingeniería, pero desde el punto de vista de impacto ambiental su estudio es importante ya que con los cambios en la costa introducidos por las estructuras instaladas se introducen alteraciones en la propagación de las olas y de la energía transportada por estas. Alteraciones que pueden generar cambios en la dispersión de sedimentos, alterando el fondo marino, las corrientes debido al embancamiento, etc. Por tanto, en las discusión y conclusiones es importante hacer un análisis de los posibles impactos que producirán las estructuras, lo que en las Instrucciones Oceanográficas del SHOA es pedido que se realice mediante modelos de propagación de oleaje.

Análisis de la información

El análisis de toda la información generada en el ámbito de la dinámica costera será en conformidad con lo establecido en los instructivos y publicaciones del SHOA (Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile) para tales efectos.

- **Control de calidad y trazabilidad**

Para garantizar la trazabilidad de los datos obtenidos con los instrumentos oceanográficos, se deben conservar y entregar como parte de los informes los reportes de datos de cada uno de estos en su formato original (ADCP, Estación de vientos, etc.). De igual manera se deberá contar con registró audiovisual de cada una de las actividades realizadas en terreno. Además, se debe entregar un detalle de la metodología utilizada en el procesamiento de la información.

4.2.1.3.2.- Variables químicas.

- **Modelo conceptual**

Los efectos directos en la química de los sistemas acuáticos ocurren por modificaciones en la dinámica del sistema o por vertimientos o introducción de compuestos químicos. Para los puertos, el ingreso de sustancias químicas puede producirse durante la construcción y cierre de las operaciones pero principalmente durante la operación de este. Las sustancias químicas que podrían ingresar al medio ambiente marino dependerán del tipo de puerto y de la carga que circule por sus instalaciones. A continuación se describen las distintas sustancias que podrían ingresar al sistema durante el funcionamiento de las instalaciones portuarias:

a) Materia orgánica residual o externa al sistema. Dependiendo de su volumen y de la capacidad asimilativa del sitio puede influir en la turbidez, disminución del Oxígeno disuelto, pH y Eh de la columna de agua. Considerándose así en una variable a monitorear para mantener la salud natural del ecosistema (su concentración nunca debe alcanzar menos del 70% del valor de saturación. Valores menores producirán en plazos mayores eutroficación de los sistemas acuáticos con el consiguiente daño.

- b) Un segundo grupo de contaminantes son los metales tóxicos, su clasificación de tóxicos está relacionada con su concentración, biodisponibilidad, y efecto letal (toxicología=dosis/efecto o eco-toxicología = concentración efecto). Los de mayor toxicidad son tóxicos en baja concentración (ppb o ppm) y por lo tanto de difícil detección en la matriz agua. Sin embargo, su detección puede realizarse por su concentración en las matrices sedimento y organismos. En estas matrices pueden alcanzar dos a tres órdenes de magnitud mayor.
- c) Un tercer grupo son los compuestos derivados del petróleo y combustibles. Para ellos hay tres formas de contaminación: a) derrames accidentales durante el transporte, ruptura de ductos o en plataformas de producción y b) Manejo de protocolos de desembarque de refinerías (contaminación persistente) y c) carga y descarga de combustible en embarcaciones en la zona costera. Las fracciones livianas producen daños importantes porque actúan como solventes de los tejidos larvales. Sin embargo, su fugacidad establece cortos periodos en la fase acuosa. Las fracciones medias y pesadas son de mayor peligro y persistencia en los ecosistemas actuando físicamente sobre los organismos (plumajes, branquias, etc.) y/o como tóxicos cuando son ingeridos por los organismos,
- d) Un cuarto grupo corresponden a Compuestos Orgánicos Persistentes corresponden a: bifenilos policlorados (PCBs), biocidas: pesticidas y herbicidas; subproductos químicos residuales de la industria, como dioxinas y furanos. Se originan en fluidos dieléctricos (condensadores y transformadores), sistemas hidráulicos, navegación, astilleros, minería, sistemas de transferencia de calor, lubricantes, selladores de empaquetaduras, adhesivos, pinturas, etc. Son compuestos producidos artificialmente de alta persistencia en el ambiente y las bacterias y organismos no tienen la capacidad de degradarlos fácilmente. Estos compuestos pueden producir comportamientos sexuales anormales, disminución del sistema inmunitario y presencia de ambos órganos sexuales. Son disruptores hormonales, inducen

pérdida de capacidad reproductiva, esterilidad elevada y pérdida de la fertilidad; deformaciones y muerte temprana de invertebrados.

- **Metodología y análisis**

El muestreo requiere de definir el número de estaciones, sitios o puntos de muestreo. Su número dependerá del área que se desee muestrear y una configuración de puntos que cubran la totalidad de la cuenca natural, como se especifica en el acápite 4.2.1.3. El diseño de muestreo debe considerar áreas con una profundidad mayor a 10 m ya que profundidades más someras tienen una alta variabilidad por el efecto del stress del viento, corrientes y marejadas. Una vez establecidos los puntos de muestreo se deben fijar geográficamente en una carta o mapa a través de coordenadas geográficas, coordenadas UTM o sistema de posicionamiento global (GPS).

Como norma general, cada una de las muestras tomadas debe estar contempladas en una estrategia de muestreo, con sus respectivas identificaciones, planillas, de toma de muestra, conservación, transporte y análisis y las personas que participaron en cada uno de las etapas de muestreo. Recepción de Laboratorio, analistas y resultados. Esto corresponde a la cadena de custodia, trazabilidad y calidad de los análisis realizados.

Para poder caracterizar y evaluar los posibles cambios químicos relacionados a las distintas épocas del año, los muestreos deberán ser realizados al menos en las estaciones de invierno y verano, tanto para la línea de base como para los seguimientos posteriores. La duración del muestreo dependerá de la cantidad de muestras, pero deberá ser realizado en el menor tiempo posible de manera que no se pierda la relación temporal entre todas las muestras.

Antecedentes previos al muestreo.

Previo al desarrollo del muestreo de las variables químicas ya sea de agua o sedimentos, se deberán realizar las siguientes actividades:

- a. Elaboración de las listas de chequeo de equipo y material de muestreo.
- b. Verificación de la limpieza de todos los envases para las muestras, conforme a los procedimientos de conservación y analíticos.
- c. Verificación de la existencia de productos químicos y materiales para limpieza. Elaboración de una lista de verificación en la que deberán figurar los siguientes conceptos: suministros de envases para las muestras, hieleras; mapas, descripciones de estaciones, etiquetas para los recipientes, y formularios para reportar información de las estaciones; manuales, herramientas, piezas de repuesto; equipo de seguridad.
- d. Contar con un plano o carta para la ubicación de los sitios de muestreo, coordenadas de los puntos a muestrear además de protocolos y planillas de terreno.
- e. Se debe de contar permisos exigidos, cartas de presentación a autoridades civiles, militares y organismos gubernamentales, que en algún momento debieran controlar y/o pudieran apoyar el trabajo de campo.
- f. Transporte de las muestras y destino: En este punto se señalara de qué forma serán transportadas (camioneta, mensajería, etc.) las muestras y el destino de las mismas (laboratorio(s) regional(es) o central).

Métodos de muestro de agua de mar.

Los muestreos de agua de mar (o aguas continentales) requiere de baldes de polipropileno, para las muestras superficiales, muestreadores Niskin, con diferentes capacidades de acuerdo al volumen de muestra que se requiera (1,7 a 10 L) para muestreos estratificado. Las botellas Niskin tipo Go-Flow se usan para muestres estratificados de metales. Cuando se requiere volúmenes de muestra mayores se recomienda el muestreo de agua mediante bombas sumergibles.

Para determinaciones de analitos que se encuentran disueltos en concentraciones trazas es posible usar muestreadores pasivos.

Debe realizarse protocolos de muestreo que consideren:

- a) Planillas de muestreo: fecha, hora, condiciones atmosféricas, condiciones del mar, tipo y número de muestreadores usados, profundidad, transparencia del agua, temperatura superficial.
- b) Rotulación de muestras: Nro botella, analitos, profundidad,
- c) Protocolo de guardado, conservación y traslado de muestras hasta el laboratorio de análisis.
- d) Protocolo de entrada de las muestras al Laboratorio. Certificados de análisis e informe de datos.
- e) Todos los protocolos y panillas deben ir con el nombre de los técnicos que realizaron el muestreo.

Métodos de muestro sedimentos marinos.

Los muestreos de los sedimentos debería hacerse mediante un Box Corer (30x20x20 cm) y/o un saca testigo de gravedad de tres réplicas y con un liner de al menos 32' cm de diámetro de polipropileno. Los sedimentos así obtenidos permiten realizar muestras estratificadas a diferentes profundidades del sedimento, que entrega información adicional para la línea base de una zona o para los programas de vigilancia ambiental.

Debe realizarse protocolos de muestreo que consideren:

- a) Planillas de muestreo: fecha, hora, tipo, color y olor del sedimento. Número de muestras, profundidad y temperatura superficial del sedimento.
- b) Rotulación de muestras: Nro. envase, Nro. estación, procedimietos preanálisis, (secado o liofilizado de a muestra) analitos a determinar, profundidad de la muestra,
- c) Protocolo de guardado, conservación y traslado de muestras hasta el laboratorio de análisis.

- d) Protocolo de ingreso de las muestras al Laboratorio. Certificados de análisis e informe de datos.

Todos los protocolos y panillas deben ir con el nombre de los técnicos que realizaron el muestreo.

Una vez obtenida la muestra e independientemente de los parámetros que se soliciten para su medición, se deberá determinar in situ la temperatura, pH y potencial redox de la muestra recién extraída de manera de poder establecer relaciones posteriores con los parámetros químicos estudiados.

Métodos de muestreo químico de organismos (Bioacumulación).

La bioacumulación consiste en la capacidad de los organismos de acumular selectivamente contaminantes en sus tejidos respecto de las concentraciones existentes en el medio en que habitan. Para determinar la concentración de los contaminantes relacionados al proyecto a ser evaluado, se requiere recolectar organismos de la zona de influencia del proyecto mediante rastras, buceo autónomo, trampas o cualquier otro método que no contamine la muestra. Dependiendo del porte de los organismos a analizar estos pueden incluir el fraccionamiento de ellos para su análisis. Los organismos pequeños es común separar las partes duras (caparazones o conchas) y partes blandas (tejidos). Cuando los organismos son de pequeño tamaño es posible hacer un "compositae" de muestra. En organismos de tamaños mayores es posible separar los órganos para análisis parciales (estrategia de muestreo). De ser posible se deben recolectar organismos de diversas tallas, edades y sexos debido a las posibles diferencias en bioacumulación dependiendo de las características biológicas de los individuos a evaluar. Se recomienda también utilizar organismos filtradores como bivalvos cuando esto sea posible (mitilidos por ejemplo).

Una vez obtenidas las muestras a analizar estas se lavan con agua destilada, se secan con papel absorbente y se procede a liofilizar los tejidos. Los tejidos secos,

lío filizados y molidos quedan listos para los procedimientos analíticos respectivos, entre los que se cuentan espectrofotometría de adsorción atómica u ICP de masa.

Parámetros químicos a ser medidos

Los parámetros químicos a ser medidos dependerán de las características del puerto y de la carga que se transporte a través de él. De esta manera se deberán determinar aquellos metales componentes de las cargas de un puerto de embarque de minerales o nutrientes en puertos de carga de graneles o hidrocarburos en puertos de embarque de este producto. De todas maneras, como parámetros basales deberían ser medidos los siguientes:

Metales disueltos y totales

Cobre, cadmio, mercurio, plomo, zinc

Parámetros inorgánicos

Sólidos suspendidos, sólidos sedimentables

Parámetros orgánicos

Hidrocarburos totales, hidrocarburos volátiles, Hidrocarburos fijos.

Además de oxígeno disuelto, potencial redox, temperatura, pH y salinidad

Métodos de laboratorio para el análisis químico.

Seleccionar o recomendar métodos individuales para ser usados, previendo los cuidados de muestreo, transporte, conservación y riesgos analíticos, es un tema que está por sobre este proyecto. No obstante, existen instituciones que han desarrollado manuales de métodos analíticos con propósitos de ser utilizados en el medio ambiente y análisis de residuos. Es el caso del *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*, preparado y publicado por: American Public Health Association, American Water Works Association & Water Pollution Control Federation. Este

manual de métodos se inicia en 1905 y ya se han reeditado 20 ediciones. Actualmente *Standard Methods* está en línea con la edición número 22 del 21 de Enero de 2014, con correcciones y precisiones metodológicas. Este manual de métodos se recomienda como una guía sólida para la aplicación en estos estudios. De todas maneras los laboratorios deberían ser reconocidos y acreditados por el INN bajo la norma ISO 17.025, al menos para aguas crudas y en lo posible matriz específico para cada uno de los analitos a ser evaluados.

- **Control de calidad y trazabilidad**

Las muestras químicas requieren un control de calidad adecuado para garantizar que los valores obtenidos son representativos de la realidad del ambiente, debido a que son muestras que son muy fáciles de contaminar. Por lo tanto, se requieren importantes controles de calidad, tanto en la toma de muestras en terreno y su transporte, como en el laboratorio.

Control de calidad en la toma, transporte y almacenamiento de las muestras.

El proceso de control y vigilancia del muestreo, preservación y análisis (*chain-of-custody procedure*) es esencial para asegurar la integridad de las muestras desde su recolección hasta el reporte de los resultados; incluye monitorear las condiciones de toma de muestra, preservación, codificación, transporte y su posterior análisis. Este proceso es básico e importante para demostrar el control y confiabilidad de la muestra, no sólo cuando hay un litigio involucrado, sino también para el control de rutina de las muestras. Se considera que una muestra está bajo la custodia de una persona si está bajo su posesión física individual, a su vista, y en un sitio seguro. Los siguientes procedimientos resumen los principales aspectos del control y vigilancia de las muestras.

1. Etiquetas. Para prevenir confusiones en la identificación de las muestras, se debe verificar el etiquetado de cada botella y que este haya sido realizado antes de o en el momento del muestreo, mediante el uso de papel engomado o etiquetas

adhesivas en las que se anote, con tinta a prueba de agua, por lo menos la siguiente información: número de muestra, nombre del recolector, fecha, hora y lugar de recolección, y preservación realizada.

2. Sellos. Para evitar o detectar adulteraciones de las muestras, es conveniente que los recipientes sean sellados con papel autoadhesivo, en los que se incluya por lo menos la siguiente información: número de muestra (idéntico al número en la etiqueta), nombre del recolector, fecha y hora de muestreo; también son útiles los sellos de plástico.
3. Libro de campo. Debe existir un documento maestro donde este registrada toda la información pertinente a observaciones de campo o del muestreo, en el que se incluya como mínimo lo siguiente: propósito del muestreo; localización de la estación de muestreo, tipo de muestra y método de preservación si es aplicable. Describir también la posible composición de la muestra y las concentraciones; número y volumen de muestra tomados; descripción del punto y método de muestreo; fecha y hora de recolección; número(s) de identificación del (los) recolector(es) de la muestra; distribución y método de transporte de la muestra; referencias tales como mapas o fotografías del sitio de muestreo; observaciones y mediciones de campo; y firmas del personal responsable de las observaciones. Debido a que las situaciones de muestreo varían ampliamente, es esencial registrar la información suficiente de tal manera que se pueda reconstruir el evento del muestreo sin tener que confiar en la memoria de los encargados. Guardar el libro en un sitio seguro.
4. Registro del control y vigilancia de la muestra. Se debe llenar un formato de control y vigilancia de cada una de las muestras o grupo de muestras, las cuales deben estar acompañadas siempre de este formato; en él se incluye la siguiente información: número(s) de la(s) muestra(s); firma del recolector responsable; fecha, hora y sitio de muestreo; tipo de muestra; firmas del personal participante

en el proceso de control, vigilancia y posesión de las muestras y las fechas correspondientes.

5. Transporte de muestras al laboratorio. Las muestras se deben entregar en el laboratorio lo más pronto que sea posible después del muestreo; si el tiempo de almacenamiento y preservación es menor, debe planificarse el procedimiento para asegurar su entrega oportuna en el laboratorio respetando los holding times de cada uno de los parámetros a medir. En caso de que las muestras sean enviadas por correo a través de una empresa responsable, se debe incluir el formato de la compañía transportadora dentro de la documentación del control y vigilancia de la muestra. La solicitud de análisis debe estar acompañada por el registro completo del proceso de control y vigilancia de la muestra. Entregar la muestra a la oficina de recepción en el laboratorio; el recepcionista a su vez debe firmar el formato de vigilancia y control, incluyendo la fecha y hora de entrega.
6. Recepción y registro de la muestra. En el laboratorio, el recepcionista debe inspeccionar la condición y el sello de la muestra, comparar la información de la etiqueta y el sello con el registro o formato del proceso de control y vigilancia, le asigna un número o código para su entrada al laboratorio, la registra en el libro del laboratorio, y la guarda en el cuarto o cabina de almacenamiento hasta que sea asignada a un analista.
7. Asignación de la muestra para análisis. El coordinador del laboratorio asigna la muestra para su análisis. Una vez la muestra está en el laboratorio, el auditor y los analistas son responsables de su cuidado y vigilancia.

Control de calidad en el laboratorio

La información ambiental tanto para realizar una Línea base, reconocer químicamente una matriz ambiental, realizar una evaluación del impacto ambiental o realizar un Programa de vigilancia, requiere de una información confiable. Para ello

no solo se requiere un laboratorio acreditado (se acredita la gestión y procedimientos de análisis mas no los resultados), por lo que debe verificarse las calibraciones de los equipos pero a la vez establecer el error de las mediciones mediante la revisión de los resultados del control de calidad aplicado por el laboratorio en el proceso de análisis de las muestras. A continuación se muestran los controles de calidad aplicados comúnmente en laboratorios comerciales y que son un estándar básico para asegurar la competencia de los ensayos ante los institutos de acreditación ISO 17.025.

- **Blanco analítico:** el blanco de método corresponde a un ensayo que se realiza con una matriz limpia, la cual se somete al mismo proceso analítico de las muestras. Se utiliza para evaluar la potencial contaminación que exista en la aplicación del método.
- **Adición estándar o "Spike":** La adición una solución estándar secundario, que agrega una cantidad conocida de analito(s) a la muestra antes de ser sometido al proceso analítico. Entrega información sobre los efectos de matriz en los resultados analíticos.
- **Réplicas:** corresponde al proceso de obtener muestras paralelas y someterlas a un tren de análisis y metodologías en paralelo, esto permite tener una referencia de la precisión variabilidad de la matriz analizada. Pueden ser duplicadas o triplicadas.
- **Pseudoréplicas:** corresponde al proceso de obtener una muestra, dividir las en dos o tres muestras y someterlas a un tren de análisis y las metodologías en paralelo, esto permite tener una referencia de la precisión del método de ensayo.
- **Estándar de Control:** Corresponde a una de solución patrón primario, que es utilizado para verificar que los estándares de calibración fueron adecuadamente preparados. Este estándar proviene de un lote de fabricación distinto al estándar de la curva de calibración.
- **Material de Referencia Certificado (MRC):** corresponde a una solución o material con certificación analítica de sus concentraciones de diferentes analitos de interés y que tienen disponibilidad comercial. El MRC elegido debe

considerar la matriz de análisis, cercanía al rango de concentraciones a analizar y verificación de su tiempo de vencimiento. El MRC debe ser analizado con las mismas técnicas y metodologías que se aplicaran a las muestras. Los resultados deberán contrastarse con los valores certificados y a partir de allí, determinar el error metodológico (incerteza) de los análisis realizados.

4.2.1.3.3.- Variables biológicas

4.2.1.3.3.1. Fitoplancton

Marco conceptual

La composición, abundancia y biomasa del fitoplancton son fuertemente influenciadas por cambios en las condiciones medioambientales, siendo uno de los más importantes la composición química del medio en el que viven. Dado su corto ciclo de vida, sensibilidad y rápida capacidad de respuesta a estos cambios, el fitoplancton puede ser utilizado como un indicador biológico eficaz para determinar la contaminación por actividad antropogénica. Para evaluar los posibles efectos de la contaminación, se deberán realizar análisis de la composición y abundancia del fitoplancton durante el estudio de línea base y posteriormente en las etapas de construcción y operación de los terminales portuarios. Estos estudios, permitirán describir preliminarmente y/o detectar cambios en la composición, abundancia temporal, distribución espacial y la presencia de floraciones del fitoplancton e identificar especies fitoplanctónicas que puedan ser utilizadas como indicadores biológicos.

Metodología y análisis

Para cada una de las estaciones definidas de acuerdo a la metodología determinada, se deberá establecer la frecuencia de muestreo durante el estudio de línea base, donde se sugiere un estudio de alta frecuencia para identificar las especies características de la zona de estudio y establecer (si es posible) alguna especie como indicador biológico. Para proyectos ubicados en bahías abiertas con altas tasas de renovación de agua la frecuencia de muestreo deberá ser quincenal. En tanto, para proyectos ubicados en zonas de canales y fiordos con bajas tasas de renovación de agua la frecuencia de muestreo debe ser mensual.

Durante el periodo de construcción y operación, los muestreos deberán ser realizados considerando la variabilidad estacional (durante las cuatro estaciones del año), o un plan de contingencia durante un evento de contaminación accidental del terminal portuario. El tiempo de ejecución de los muestreos dependerá del número de muestras a tomar, las cuales deberán ser obtenidas en el tiempo más acotado posible para una comparación efectiva de las distintas muestras, idealmente tomadas en un día.

Tamaño muestral: en cada estación se debe tomar una muestra de red para el análisis cualitativo y una muestra por cada estrato (0-5, 5-10, 10-15 y 15-20 m) o profundidad (5, 10, 15 y 20 m).

Instrumentos y toma de muestras

Red de fitoplancton: el cuerpo filtrante debe tener forma cónica y será confeccionado con malla de 20 μm de apertura. Estará unido a la boca (confeccionada en acero inoxidable) por su parte más ancha y al colector (copo) por su parte más angosta. Además, debe considerar un peso muerto (1 a 2 kg) que permita su descenso vertical. Las medidas de la red, deberá mantener una relación de aspecto de 1:2 ó 1:3 entre el diámetro de la boca y la longitud del cono.

Botella oceanográfica: se recomienda utilización de botella Niskin con un volumen que no supere los 30 litros.

Manguera segmentada (tipo Lindhal): consiste en una manguera de 20 m divisible en cuatro segmentos de 5 m cada uno. El diámetro de la manguera debe ser de 1 pulgada, mientras que las conexiones y llaves de paso deben ser de PVC. En uno de sus extremos debe tener un peso (plomo) de 2 kg, cuidando que la ubicación de este no interfiera con la toma de la muestra.

Muestras cualitativas: para determinar la composición de la comunidad fitoplanctónica, se debe obtener muestras para análisis cualitativo utilizando una red de fitoplancton. Las muestras deben ser tomadas realizando tres arrastres verticales desde la profundidad de la capa fótica (estimada a partir de la profundidad de visión del disco de Secchi) hacia la superficie, con la precaución de evitar tocar el fondo con la red para no resuspender sedimentos. Una vez recuperada la red, desmontar o abrir el colector, verter el contenido en el recipiente y fijar con formaldehído con una concentración final del 4%. Al final cada estación, la red debe ser lavada con el propósito de no contaminar las muestras siguientes, para lo cual se debe disponer de un recipiente a bordo de la embarcación con agua dulce.

Muestras cuantitativas: para determinar la abundancia y distribución vertical de la comunidad fitoplanctónica, se debe obtener muestras para análisis cuantitativo mediante la utilización de botellas oceanográficas o mangueras segmentadas.

Fijadores y recipientes

Formaldehído: se utiliza para evitar el deterioro de las muestras obtenidas con red de fitoplancton. La concentración final de formaldehído en la muestra debe ser al 4%.

Solución de lugol ácido: Se utiliza para evitar el deterioro de las muestras obtenidas con botella o manguera. Para su preparación se utilizan 200 mL de agua destilada, 20

g de yoduro de potasio (KI), 10 g de yodo (I₂) y 20 mL de ácido acético glacial. Se recomienda una concentración entre 0,2 a 0,5 mL por cada 100 mL de muestra.

Recipientes: se recomienda utilizar recipientes de plástico (125 a 200 mL) con tapa rosca y contratapa. Cada recipiente, debe ser etiquetado indicando nombre de la estación, tipo de muestra y fecha de muestreo.

Contenedor: se recomienda disponer de contenedor (5 L) que permita contener temporalmente y homogenizar las muestras de agua obtenidas con botella oceanográfica o manguera segmentada.

Equipos

Microscopio: el análisis de la muestra debe ser realizado utilizando un microscopio con contraste de fase para todos los grupos fitoplanctónicos. Se debe utilizar un microscopio con sistema de epifluorescencia para el estudio e identificación de dinoflagelados tóxicos mediante tinción con calcofluor. Se sugiere disponer de cámara fotográfica para micrografiar las especies dominantes, así como también aquellas tóxicas y nocivas.

Análisis de la muestra

Análisis cualitativo: previo al análisis, las muestras deben sedimentar por un tiempo mínimo de 3 horas. Se analizará 3 réplicas de la muestra de 0,1 mL (aproximados) utilizando portaobjetos (76 x 21 x 1 mm) y cubreobjetos (22 x 22 mm). El resultado de los análisis corresponde al promedio de las células de cada replica. Adicionalmente, para clasificar la presencia de las especies se sugiere la utilización de un índice de abundancia relativa.

Análisis cuantitativo: los análisis deben ser realizados siguiendo el método descrito por Utermöhl (1958), utilizando cubetas de sedimentación. El mínimo volumen a utilizar será de 10 mL, y podrá aumentar a 25 mL dependiendo de la abundancia de la

muestra. En cada análisis, se contabilizará la cantidad de células sedimentadas en el fondo de la cámara expresando los resultados en células L-1. En el caso del nanoplacton (2 – 20 μm) se recomienda el conteo mediante observación con una magnificación entre 100 a 400X, mientras que para el microplancton (> 20 μm) se recomienda un magnificación 100X.

Análisis de datos

Con el propósito de determinar los atributos de la comunidad fitoplanctónica se deben estimar los índices de diversidad. Para esto se determinará la abundancia relativa, riqueza específica, biomasa, diversidad específica (Shannon-Wiener), índice de uniformidad de Pielou y el índice de dominancia de Simpson. Adicionalmente, para determinar los patrones de zonación de la comunidad fitoplanctónica se debe realizar un análisis de agrupamiento, mediante un análisis de clúster utilizando el índice de similitud de Bray-Curtis.

- **Control de calidad y trazabilidad**

Para asegurar la calidad de la toma de muestras y su trazabilidad, se deberán realizar las siguientes actividades:

Confección de Cadenas de custodia: la recepción de muestras por los laboratorios debe ser acompañada por su respectiva cadena de custodia. En esta, se debe registrar lugar de muestreo, nombre de proyecto, identificación del muestreador, identificación de la muestra, fecha y hora de muestreo.

Mantenimiento de Material audiovisual: se sugiere disponer de biblioteca de micrografías de las especies dominantes, así como también aquellas tóxicas y nocivas.

Controles de calidad y calibraciones: se debe considerar la realización de controles de calidad periódicos que incluyan auditorías internas, revisión de protocolos internos, no conformidades, etc. Además, se requiere mantener calibrado el equipamiento

utilizado para la identificación de la muestra (microscopio, software de procesamiento de imágenes) y su cuantificación (cámaras de sedimentación).

4.2.1.3.3.2. Zooplancton

- **Marco conceptual**

El zooplancton ha sido usado ampliamente como indicador de diversos procesos oceanográficos como surgencias o procesos de mezcla, así como indicador para monitorear diversas formas de polución, incluyendo acidificación, eutroficación, polución debido a pesticidas o a la presencia de toxinas algales. Todos estos procesos pueden ser afectados en los puertos cuando accidentalmente o por las actividades diarias de este se introducen sustancias extrañas al ambiente marino. De igual forma el monitoreo de las comunidades zooplanctónicas en las cercanías de los puertos podría entregar una alerta temprana a la introducción de especies exóticas que fueron transportadas en las aguas de ballast o en los cascos de los buques que recalen en él.

- **Metodología y análisis**

El diseño muestral para el zooplancton debiera considerar al menos muestreos durante la época invernal y estival, tanto durante la construcción del proyecto como durante la operación de este, realizado al menos un muestreo en cada una de estas estaciones. Las muestras en lo posible deberán ser tomadas lo más cercanas en el tiempo en cada estación, en lo posible dentro del mismo día de monitoreo.

Instrumentos y toma de muestras

Las muestras se deberán obtener mediante Red Nansen o red WP2. La red a utilizar, deberá tener una apertura de boca mínima de 50 cm de diámetro, mientras que la luz de malla a utilizar dependerá de las especies presentes en el sector de estudio y del objetivo del estudio. Sin embargo, el estándar determinado por la UNESCO corresponde a una luz de malla de 200 μm .

Para determinar la cantidad de agua que pasa por la red y así determinar la abundancia del zooplancton, la red deberá contar con un flujómetro.

Las muestras deberán ser obtenidas mediante arrastres verticales u oblicuos de la red, dependiendo de la profundidad de las estaciones de monitoreo. Para evitar la evasión de las larvas en el momento de muestreo, la velocidad de la embarcación no deberá superar los 3 nudos, girando en sentido contrario al puesto de operación de la red, arrastrando ésta a una velocidad constante de 50 m/min.

La fijación de las muestras mediante formaldehído (generalmente al 5%) permite detener la actividad biológica e incrementa la resistencia mecánica de los tejidos. Otros preservantes como el alcohol o la sal reducen o detienen la actividad biológica sin fijar químicamente los tejidos. Por lo tanto, el tipo y cantidad de preservante a usar dependerá del objetivo del estudio y de las especies presentes, pero deberá asegurar que las muestras sean claramente identificables una vez en el laboratorio. Las muestras de zooplancton deberán ser transportadas en recipientes adecuados, con tapas adecuadas que eviten la pérdida de muestra.

Análisis de la muestra

Las muestras deberán ser analizadas bajo lupa o microscopio y en lo posible analizadas en su totalidad sin la realización de sub muestras. En caso de que la abundancia de zooplancton sea alta o el objetivo del estudio sea analizar algún grupo en específico se podrá sub muestrear la muestras dejando constancia de esto.

Análisis de datos

Para determinar las características de las comunidades zooplanctónicas, se deben estimar los índices de diversidad. Para esto se determinará la abundancia relativa, riqueza específica, biomasa, diversidad específica (Shannon-Wiener), índice de uniformidad de Pielou y el índice de dominancia de Simpson. Adicionalmente, para determinar los patrones de zonación de la comunidad zooplanctónica se debe realizar un análisis de agrupamiento, mediante un análisis de clúster utilizando el índice de similitud de Bray-Curtis.

- **Control de calidad y trazabilidad**

Para asegurar la calidad de la toma de muestras y su trazabilidad, se deberán realizar las siguientes actividades:

Confección de Cadenas de custodia: la recepción de muestras por los laboratorios debe ser acompañada por su respectiva cadena de custodia. En esta, se debe registrar lugar de muestreo, nombre de proyecto, identificación del muestreador, identificación de la muestra, fecha y hora de muestreo.

Mantenimiento de Material audiovisual: se sugiere disponer de biblioteca de micrografías de las especies dominantes, así como también aquellas tóxicas y nocivas.

Controles de calidad y calibraciones: se debe considerar la realización de controles de calidad periódicos que incluyan auditorías internas, revisión de protocolos internos, no conformidades, etc. Además, se requiere mantener calibrado el equipamiento utilizado para la identificación de la muestra (microscopio, software de procesamiento de imágenes) y su cuantificación.

4.2.1.3.3.3. Recursos pesqueros

- **Marco conceptual**

Los recursos pesqueros existentes en la zona del puerto, pueden ser impactados tanto por la construcción del proyecto como por la operación posterior. Durante la construcción pueden ser destruidos aquellos recursos pesqueros de nula o baja movilidad que se encuentren tanto en la zona intermareal como submareal cercana, así como se puede alterar el hábitat necesario para su subsistencia. Durante la operación, también puede ser afectada la sobrevivencia de las especies por la contaminación accidental por sustancias embarcadas o desembarcadas, así como contaminantes productos de la operación como son los hidrocarburos de las naves.

- **Metodología y análisis**

La evaluación de los recursos pesqueros puede ser abordada por diversas metodologías, las que dependen en gran parte de las características del recurso a evaluar. Entre las características que deben ser consideradas para la definición de la metodología adecuada, se encuentran la agregación del recurso, su movilidad, sector donde habita (arena, roca, submareal, intermareal, etc.), profundidad, así como la ubicación del proyecto. Debido a la gran diversidad de recursos pesqueros existentes en la zona costera, no se puede establecer a priori una metodología única que dé cuenta de una correcta evaluación de las poblaciones de estos recursos. La metodología de evaluación por lo tanto debe ser propuesta por el consultor de acuerdo a las características de las poblaciones que observe en el sector del proyecto. Sin embargo, la metodología elegida debe dar cuenta de las siguientes especificaciones:

- Se debe determinar la densidad del recurso mediante su medición *in situ* en sectores de área conocida, como cuadratas, transectos o áreas delimitadas de alguna forma. La abundancia total debe ser referida estrictamente a su hábitat (el área efectiva que esta especie utiliza)
- El n muestral y el tamaño muestral deben ser definidos para la correcta determinación de la variabilidad del recurso y además para la

correcta determinación de sus atributos poblacionales en toda la zona de influencia del proyecto.

- Se debe determinar si los recursos observados en la zona de influencia corresponden a bancos o no, para lo cual, se puede utilizar la metodología para la determinación de banco natural de recursos hidrobiológicos, establecida por la subsecretaría de pesca, mediante el indicador IPBAN
- Se debe realizar una caracterización de los bancos observados en cuanto a su biomasa, tallas medias y máximas, así como una estimación de sus parámetros poblacionales (mortalidad natural, crecimiento, etc.)

Como resultados de las evaluaciones directas se debe obtener la densidad y abundancia total del recurso, su distribución en la zona de influencia del proyecto, la estructura de tallas y biomasa observada y la determinación de si corresponde a un banco o no, de acuerdo a lo establecido en la resolución exenta 2353 de 2013 y de acuerdo al IPBAN allí establecido.

- **Control de calidad y trazabilidad**

Para garantizar la trazabilidad de los datos obtenidos en las evaluaciones de los recursos pesqueros, se deberá contar con copias o fotografías de las tablillas de acrílico u otro medio de escritura submarina en la que se anotó la data de densidad o cobertura de las especies observadas por el buzo, así como de las planillas de anotación de tallas, biomosas etc. Idealmente, se deberá tener fotografía de algunas de las características más relevantes de las comunidades observadas.

4.2.1.3.3.4. Comunidades submareales de fondo blando

- **Marco conceptual**

Las comunidades de fondos blandos, han sido ampliamente utilizadas en estudios de impacto ambiental, ya que muestran una respuesta rápida al estrés y por lo tanto pueden dar respuestas tempranas a eventos de contaminación. La contaminación puede afectar a los organismos que viven en el sedimento debido a variables físicas asociadas a la contaminación, como por ejemplo el incremento de la sedimentación de partículas que asfixia los organismos o por efecto de la toxicidad debido a un aumento de la concentración de ciertos contaminantes como metales, hidrocarburos o el aumento de la materia orgánica, generando en este último caso una disminución de la concentración de oxígeno que puede llevar a la muerte de los organismos. Para los proyectos portuarios existe la potencialidad de que contaminantes como los descritos sean introducidos al mar generando los efectos indicados.

- **Metodología y análisis**

El diseño muestral para evaluar las comunidades de infauna, debiera considerar al menos muestreos durante la época invernal y estival, tanto durante la construcción del proyecto como durante la operación de este, realizado al menos un muestreo en cada una de estas estaciones. Las muestras en lo posible deberán ser tomadas lo más cercanas en el tiempo en cada estación, en lo posible dentro del mismo día de monitoreo.

Instrumentos y toma de muestras

Las muestras deben ser tomadas con draga con mordida de 0,1 m² de superficie. La draga debe ser operada desde una embarcación con huinche y será establecido como muestra válida cuando la mordida de un dragado llene a lo menos el 75% de la draga. En la práctica, un buen dragado permite ver en el sedimento

retenido en el recipiente de la draga, la superficie del fondo marino “tal cual” se apreciaría en la profundidad de donde proviene el dragado.

Cada muestra será depositada íntegramente en una doble bolsa de polietileno, fijada en formalina al 5% y etiquetada, donde se debe incluir la fecha, localidad y código de la estación. La muestra no debe ser lavada ni pre-lavada en la embarcación y en ningún otro lugar mientras se permanezca en el terreno. El lavado de la muestra y extracción de la macrofauna, sólo debe ser realizado en un laboratorio.

Análisis en laboratorio

En el laboratorio, las muestras serán lavadas con agua extrayendo toda la fauna retenida en un tamiz de 1 milímetro de abertura de malla. En caso de quedar sedimento retenido en el tamiz, este sedimento remanente deberá ser revisado convenientemente para extraer toda la fauna que aún permanezca en él.

Una vez extraídos los animales, deberán ser determinados al nivel taxonómico más bajo posible, deseable a nivel de especie. Cuando 2 ó más especies no determinadas sean asignadas a un mismo taxón superior, éstas serán nombradas por esa asignación más la extensión sp.1, sp.2 , etc. En toda ocasión, cuando un taxón no haya sido identificado a nivel de especie, este deberá ser particularmente guardado y rotulado con la asignación entregada, de manera tal de poder ser revisado y referenciado en los futuros monitoreos, dándole así, siempre la misma asignación. Será responsabilidad de la Empresa Contratante asegurar que la Empresa Consultora mantenga la *colección de referencia*, y de ser cambiada la Empresa Consultora por otra empresa para los siguientes monitoreos, la Empresa Consultora saliente deberá entregar la *colección de referencia* con el objeto de seguir el mismo criterio de asignación. Este procedimiento permitirá, en lo sucesivo, que dicho taxón pueda ser determinado a un nivel taxonómico menor hasta llegar a especie sin alterar la interpretación que se tiene de la situación ambiental producto de la actividad productiva.

Los *taxa* de cada muestra serán contados, pesados con una sensibilidad de 0,001 gr (peso húmedo luego de 5 minutos de drenado) y preservados en alcohol al 70%. Las muestras deberán ser guardadas por un período no menor a 5 años, debiendo mantener una *colección guía* con especímenes representativos de cada uno de los *taxa* determinados a nivel de especie. De ser pertinente, la *colección guía* permitirá a la Empresa Consultora, o a la empresa que continúe con el monitoreo, hacer las correcciones necesarias en presencia de una determinación incorrecta de una ó más especies.

Todo cambio en la determinación de un taxón que provenga de la revisión de la *colección de referencia* y/o de la *colección guía*, será entendido como una mejora en la capacidad de establecer de manera cada vez más precisa los eventuales impactos negativos de la actividad productiva. Esto deberá ser informado a la Autoridad competente mediante un *addendum* a informes de monitoreos precedentes y explicitado en un anexo en el informe de monitoreo donde se establece el cambio. Será responsabilidad de la Empresa Contratante mantener el adecuado registro de los cambios de asignación de especies/taxón y que este cambio le sea informado oportunamente a la Autoridad competente por la actual Empresa Consultora. La Autoridad competente podrá realizar auditorías a la Empresa Contratante por la determinación de especies en presencia de cambios detectados en la composición de la macrofauna.

Análisis de datos

Con los datos de abundancia y biomasa se obtendrá una matriz de *taxa* x muestras. En un primer análisis del monitoreo, deberá ser entregado en una Tabla el listado general de *taxa* ordenados por Phylum, Clase y Orden, además de Total Macrofauna, con los siguientes descriptores:

- a) Abundancia promedio total: $(\text{abundancia total del taxón})/(\text{número total de réplicas})$,
- b) Biomasa promedio total: $(\text{biomasa total del taxón})/(\text{número total de réplicas})$,

- c) Abundancia relativa: proporción de la abundancia de una especie respecto a la abundancia de todas las especies en la muestra, expresada como porcentaje.
- d) Frecuencia de ocurrencia: proporción del número de estaciones donde una especie está presente sobre el total de estaciones, expresado en porcentaje.
- e) Riqueza (S): número total de especies por estación.
- f) Diversidad (H'): Índice de diversidad de Shannon & Weaver por estación, calculado con logaritmo natural:
- g) Uniformidad de Pielou (J'), o Evenness (Pielou, 1966):

Seguidamente, para la macrofauna agrupada por Phylum y Total Macrofauna, y con los datos de las cuatro réplicas por estación de muestreo, se obtendrá la abundancia promedio, la biomasa promedio y riqueza promedio (\pm desviación estándar), lo que deberá ser entregada en Figuras. El análisis de cada Figura deberá estar acompañado con el resultado de un ANOVA (análisis de la varianza de 1 factor), paramétrico o no-paramétrico según comportamiento de las varianzas. Como prueba a posteriori se deberá utilizar la prueba de Tukey.

La caracterización de las comunidades de fondos blandos será realizada con los *taxa* dominantes de cada estación, siendo éstos aquellos *taxa* que en orden decreciente de sus abundancias y biomásas logran el 80% ó más del total de la abundancia y/o total de la biomasa de la respectiva estación. La caracterización incluye un análisis de clasificación jerárquica de la co-ocurrencia de los *taxa* dominante a través de las estaciones, utilizando para dicho propósito el índice de disimilitud de Bray-Curtis en base a las abundancias, previa transformación de los datos (por ej., raíz cuarta). La técnica de agrupamiento a utilizar es la UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*). El análisis es acompañado por una Figura donde se muestre el aporte porcentual de cada uno de los referidos *taxa* dominantes dentro de cada estación. Finalmente, el grado de similitud de los agregados macroinfaunísticos por estación será también evaluado con un análisis de clasificación jerárquica considerando las abundancias de todos los *taxa* dominantes

dentro de cada estación (con el índice de disimilitud de Bray–Curtis, transformación de los datos y técnica de agrupamiento UPGMA).

La visualización y el establecimiento de los eventuales cambios temporales en la estructura comunitaria (y que puedan indicar impactos negativos o positivos significativos de una actividad productiva), se hará en base a un análisis de ordenación no-paramétrico nMDS (*non Metric MultiDimensional Scaling*), teniendo como insumo una matriz *taxa* x muestras-por-estación/tiempo de las abundancias, utilizando el índice de disimilitud de Bray & Curtis. La significancia estadística de los cambios en el tiempo a observar será establecida mediante ANOSIM (Warwik & Clarke) o mediante el nPMA (*non-Parametric Multivariate Analysis*) (Anderson, 2001). Dado que un cambio temporal significativo en la estructura comunitaria no necesariamente indicará un impacto negativo (o positivo) de una actividad productiva, la relevancia ambiental de este cambio (y efecto real de la actividad productiva) debe ser evaluada considerando la identidad de las especies, los descriptores de abundancia, biomasa y riqueza de especies (incluyendo H' y J'), donde la aproximación AMBI debe ser un referente adicional en esta evaluación.

- **Control de calidad y trazabilidad**

Para garantizar la trazabilidad de las muestras de infauna, se deberá confeccionar las respectivas cadenas de custodia, las que deberán contener al menos el lugar de muestreo, el nombre de las estaciones y réplicas, la fecha de muestreo y el nombre del personal que tomo la muestra. Esta cadena de custodia deberá ser firmada tanto por el personal que tomo la muestra como el personal que recepcionó la muestra en el laboratorio.

4.2.1.3.3.5. Comunidades submareales de fondos duros

- **Marco conceptual**

Las comunidades marinas de fondos duros pueden ser afectadas por los impactos ambientales producidos por las actividades portuarias de diferentes maneras. Por un lado, los organismos que habitan los fondos duros pueden ser destruidos durante la etapa de construcción debido a la instalación de estructuras, detonaciones de explosivos u otras actividades que destruyan el hábitat donde estas se encuentran. Durante la operación en tanto, pueden ser afectadas por los posibles contaminantes químicos que se viertan en el mar, los que pueden afectar tanto las poblaciones adultas como las larvas o juveniles.

- **Metodología y análisis**

Para caracterizar la biota de fondos duros submareales afectados por un proyecto portuario, se deben trazar y ubicar transectos perpendiculares a la costa, desde los 3 m hasta los 20 m de profundidad o hasta se extiendan los fondos duros si la profundidad es menor. Todos los transectos deben ser distribuidos de manera equidistante uno del otro en el área costera colindante al proyecto, frente a los terrenos de la empresa siguiendo la metodología descrita en el acápite diseño muestral de este capítulo.

En cada transecto, cada 5 m de profundidad, se debe evaluar la cobertura y abundancia de invertebrados bentónicos de fondos duros lanzando al azar cuadrantes de 0,25 m². En cada cuadrante se debe evaluar la cobertura de organismos sésiles (invertebrados y macroalgas) utilizando una trama de cien puntos de intersección, y la abundancia de invertebrados móviles con conteos *in situ*. La cobertura de organismos debe ser expresada como frecuencia porcentual por 0,25 m² y la densidad de invertebrados como número de individuos por 0,25 m². La identificación taxonómica

de cada especie debe ser realizada a la menor resolución posible (Ej. Familia, Género o especie), de acuerdo a la literatura disponible (ver Lancelloti & Vásquez 2000).

El extremo profundo de cada transecto debe ser georeferenciado en coordenadas UTM y UG usando un GPS portátil comercial. Las coordenadas geográficas deben ser registradas en superficie, ubicando el bote sobre la posición de inmersión de los buzos. Además, los buzos deben anotar la profundidad. Llevar un registro fotográfico de actividades en terreno.

Los monitoreos de las comunidades de fondos duros deben ser realizadas al menos en invierno y verano tanto durante la construcción como la operación del proyecto, realizando una campaña de monitoreo en cada una de las estaciones, procurando que la duración de esta sea lo más acotada en el tiempo.

Análisis de datos

Con los datos de abundancia y cobertura de las especies presentes se obtendrá una matriz de *taxa* x muestras. En un primer análisis del monitoreo, deberá ser entregado en una Tabla el listado general de *taxa* ordenados por Phylum, Clase y Orden, con los siguientes descriptores:

Abundancia promedio total fauna móvil

Cobertura promedio total para fauna sésil.

Abundancia relativa

Frecuencia de ocurrencia

Riqueza (S)

Diversidad (H')

Uniformidad de Pielou (J')

Se deberá realizar una comparación entre estaciones , poniendo énfasis especial entre las diferencias observadas entre las estaciones ubicadas en la zona de

influencia y las ubicadas en la zona control. Este análisis deberá estar acompañado con el resultado de un ANOVA (análisis de la varianza de 1 factor), paramétrico o no-paramétrico según comportamiento de las varianzas. Como prueba a posteriori se deberá utilizar la prueba de Tukey.

La caracterización deberá incluir un análisis de clasificación jerárquica de la co-ocurrencia de los *taxa* dominante a través de las estaciones, utilizando para dicho propósito el índice de disimilitud de Bray–Curtis en base a las abundancias, previa transformación de los datos (por ej., raíz cuarta). La técnica de agrupamiento a utilizar es la UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*). El análisis es acompañado por una Figura donde se muestre el aporte porcentual de cada uno de los referidos *taxa* dominantes dentro de cada estación. Finalmente, el grado de similitud de los agregados macroinfaunicos por estación será también evaluado con un análisis de clasificación jerárquica considerando las abundancias de todos los *taxa* dominantes dentro de cada estación (con el índice de disimilitud de Bray–Curtis, transformación de los datos y técnica de agrupamiento UPGMA).

La visualización y el establecimiento de los eventuales cambios temporales en la estructura comunitaria (y que puedan indicar impactos negativos o positivos significativos de una actividad productiva), se hará en base a un análisis de ordenación no-paramétrico nMDS (*non Metric MultiDimensional Scaling*), teniendo como insumo una matriz *taxa* x muestras-por-estación/tiempo de las abundancias, utilizando el índice de disimilitud de Bray & Curtis. La significancia estadística de los cambios en el tiempo a observar será establecida mediante ANOSIM (Warwik & Clarke) o mediante el nPMA (*non-Parametric Multivariate Analysis*) (Anderson, 2001). Dado que un cambio temporal significativo en la estructura comunitaria no necesariamente indicará un impacto negativo (o positivo) de una actividad productiva, la relevancia ambiental de este cambio (y efecto real de la actividad productiva) debe ser evaluada considerando la identidad de las especies, los descriptores de abundancia, biomasa y riqueza de especies (incluyendo H' y J').

- **Control de calidad y trazabilidad**

Para garantizar la trazabilidad de los datos obtenidos en las evaluaciones de comunidades submarinas de fondos duros, se deberá contar con copias o fotografías de las tablillas de acrílico u otro medio de escritura submarina en la que se anotó la data de densidad y cobertura de las especies observadas por el buzo. Idealmente, se deberá tener fotografía de algunas de las características más relevantes de las comunidades observadas.

4.2.1.3.3.6. Comunidades intermareales de roca

- **Marco conceptual**

Las comunidades marinas que habitan el intermareal rocoso pueden ser afectadas por la construcción y operación de los puertos debido a la destrucción del hábitat durante su construcción o podrían verse afectadas por un aumento de los contaminantes que pudiesen ingresar al sistema producto de la operación del puerto. De igual forma, la construcción del puerto puede cambiar los parámetros de corrientes del sector afectando el reclutamiento de algunas especies.

- **Metodología y análisis**

Para evaluar la biota marina de playas de roca se trazarán transectos perpendiculares a la costa, considerando el ancho de la distribución de los ensambles intermareales. Los transectos deben ser distribuidos, de manera equidistante, a lo largo de la franja intermareal dentro del área costera colindante al proyecto, y a los terrenos de la empresa. Un transecto intermareal (T1) debe ser ubicado dentro del área proyectada como Concesión Marítima de Porción de Playa, donde se instalará el puerto. Debido a la heterogeneidad del litoral rocoso, y con el fin de describir de mejor manera los patrones de distribución y de diversidad de especies, en los sitios de

muestreo (definidos como Tx) se debe trazar un transecto sobre plataformas rocosas (entre 0 y 75° de inclinación) y otro sobre paredones (>75° de inclinación).

Para describir la composición y los patrones de distribución vertical de las especies en la franja intermareal, cada transecto debe ser subdividido en tres zonas en función del nivel de marea. En el área de estudio y de acuerdo a la clasificación de Santelices (1989) para comunidades de rocas: la zona intermareal alta (o intermareal alto) se ubica entre los 1,5 m y 2,5 m sobre el nivel medio del mar, la zona intermareal media (o intermareal medio) está entre los 0,5 m y 1,5 m sobre el nivel medio del mar, mientras que la zona intermareal baja (o intermareal bajo) está entre los 0,1 m y 0,5 m sobre el nivel medio del mar. En cada zona intermareal (alto, medio, bajo) del transecto, se deben lanzar cuadrantes de 0,25 m² (50 cm por 50 cm) al azar para evaluar in situ la cobertura de invertebrados sésiles y macroalgas (utilizando una trama de cien puntos de intersección), y la abundancia de invertebrados móviles.

La cobertura de especies sésiles debe ser expresada como porcentaje, mientras que la abundancia de organismos móviles debe ser expresada como número de individuos por especie en 0,25 m².

Cada transecto debe ser georeferenciado en coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator) y geográfica, anotando además el tipo de sustrato y el perfil de la playa. El transecto debe ser georeferenciado usando GPS portátil comercial, registrando las coordenadas del punto en el intermareal alto. Mantener un registro fotográfico de las actividades en terreno.

Los monitoreos de las comunidades intermareales de fondos duros deben ser realizadas al menos en invierno y verano tanto durante la construcción como la operación del proyecto, realizando una campaña de monitoreo en cada una de las estaciones, procurando que la duración de esta sea lo más acotada en el tiempo.

Análisis de datos

Con los datos de abundancia y cobertura de las especies presentes se obtendrá una matriz de *taxa* x muestras para cada una de las alturas del intermareal. En un

primer análisis del monitoreo, deberá ser entregado en una Tabla el listado general de *taxa* ordenados por Phylum, Clase y Orden, con los siguientes descriptores:

Abundancia promedio total fauna móvil

Cobertura promedio total para fauna sésil.

Abundancia relativa

Frecuencia de ocurrencia

Riqueza (S)

Diversidad (H')

Uniformidad de Pielou (J')

Los análisis comparativos entre los distintos transectos deben ser realizados considerando la zonación vertical de las especies observadas.

Se deberá realizar una comparación entre transectos, poniendo énfasis especial entre las diferencias observadas entre las estaciones ubicadas en la zona de influencia y las ubicadas en la zona control. Este análisis deberá estar acompañado con el resultado de un ANOVA (análisis de la varianza de 1 factor), paramétrico o no-paramétrico según comportamiento de las varianzas. Como prueba a posteriori se deberá utilizar la prueba de Tukey.

La caracterización deberá incluir un análisis de clasificación jerárquica de la co-ocurrencia de los *taxa* dominante a través de los transectos, utilizando para dicho propósito el índice de disimilitud de Bray-Curtis en base a las abundancias, previa transformación de los datos (por ej., raíz cuarta). La técnica de agrupamiento a utilizar es la UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*). El análisis es acompañado por una Figura donde se muestre el aporte porcentual de cada uno de los referidos *taxa* dominantes dentro de cada transecto. Finalmente, el grado de similitud de los agregados macroinfaunicos por estación será también evaluado con un análisis de clasificación jerárquica considerando las abundancias de todos los

taxa dominantes dentro de cada estación (con el índice de disimilitud de Bray–Curtis, transformación de los datos y técnica de agrupamiento UPGMA).

La visualización y el establecimiento de los eventuales cambios temporales en la estructura comunitaria (y que puedan indicar impactos negativos o positivos significativos de una actividad productiva), se hará en base a un análisis de ordenación no-paramétrico nMDS (*non Metric MultiDimensional Scaling*), teniendo como insumo una matriz *taxa* x muestras-por-estación/tiempo de las abundancias, utilizando el índice de disimilitud de Bray & Curtis. La significancia estadística de los cambios en el tiempo a observar será establecida mediante ANOSIM (Warwik & Clarke) o mediante el nPMA (*non-Parametric Multivariate Analysis*) (Anderson, 2001). Dado que un cambio temporal significativo en la estructura comunitaria no necesariamente indicará un impacto negativo (o positivo) de una actividad productiva, la relevancia ambiental de este cambio (y efecto real de la actividad productiva) debe ser evaluada considerando la identidad de las especies, los descriptores de abundancia, biomasa y riqueza de especies (incluyendo H' y J').

- **Control de calidad y trazabilidad**

Para garantizar la trazabilidad de los datos obtenidos en las evaluaciones de comunidades intermareales de fondos duros, se deberá contar con copias o fotografías de las tablillas de acrílico u otro medio de escritura utilizada en terreno en la que se anotó la data de densidad y cobertura de las especies observadas en el intermareal. Idealmente, se deberá tener fotografía de algunas de las características más relevantes de las comunidades observadas.

4.2.1.3.3.7. Comunidades intermareales de arena

- **Marco conceptual**

Las comunidades marinas que habitan el intermareal de arena pueden estar expuestas a los mismos impactos ambientales descritos para las comunidades del intermareal de roca, es decir destrucción del hábitat durante la construcción del puerto o efectos de un aumento de los contaminantes que pudiesen ingresar al sistema producto de la operación. Particularmente para estas comunidades, la construcción del puerto puede cambiar los parámetros de corrientes del sector afectando la dinámica de los sedimentos, por lo que puede verse afectada la dinámica de la playa y por tanto también de las comunidades que habitan en ella.

- **Metodología y análisis**

Para evaluar la biodiversidad marina de playas de arena colindante a Proyectos portuarios se deberán trazar transectos perpendiculares a la costa que abarquen todo el ancho de la costa intermareal. Los transectos deben ser distribuidos, aproximadamente de manera equidistante entre sí, a lo largo de la franja intermareal dentro del área costera colindante al proyecto y a los terrenos de la empresa. Algunos transectos intermareales deben ser ubicados dentro de las áreas de Concesión Marítima de Porción de Playa de la empresa.

Con el fin de describir los patrones de zonación vertical de la biota que habita en la playa de arena, cada transecto debe ser subdividido en estaciones de muestreo equidistante entre sí. Cada estación de muestreo debe ser ubicada aproximadamente cada 5 m a lo largo del transecto, abarcando la extensión comprendida entre la berma de la playa y la zona de saturación. De acuerdo a la clasificación utilizada por McLachlan & Jaramillo (1995), las playas se dividen en cuatro zonas: (1) la zona de secado y más alta marea, que incluye la berma de la playa, y se ubica en el área de estudio entre los 1,5 m y 2,5 m sobre el nivel medio del mar. (2) La zona de retención, ubicada en el centro de la playa entre los 0,5 y 1,5 m sobre el nivel medio del mar. (3) La zona de resurgencia ubicada dentro del límite determinado por las mareas bajas; y (4) la zona de saturación y batido de las olas que está entre el nivel 0 de mareas y los 0,5-1 m de profundidad.

En cada estación de muestreo del transecto, se enterraran cores de 0,01 m² para evaluar la abundancia de invertebrados. Las muestras deben ser fijadas en formalina al 4%, debidamente etiquetadas y enviadas al laboratorio para su análisis.

Cada transecto debe ser georeferenciado en coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator) y UG (Unidades Geográficas) usando un GPS postatiles, registrando las coordenadas del punto en la zona secado y más alta marea (berma de la playa) y en la zona de saturación y batido de las olas. Además, se debe determinar el perfil de la playa usando el método de Emery (1961) para estimar la pendiente.

El diseño muestral para evaluar las comunidades de infauna de playas de arena, debiera considerar al menos muestreos durante la época invernal y estival, tanto durante la construcción del proyecto como durante la operación de este, realizado al menos un muestreo en cada una de estas estaciones. Las muestras en lo posible deberán ser tomadas lo más cercanas en el tiempo en cada estación, en lo posible dentro del mismo día de monitoreo.

Análisis en laboratorio

En el laboratorio, las muestras serán lavadas con agua extrayendo toda la fauna retenida en un tamiz de 1 milímetro de abertura de malla. En caso de quedar sedimento retenido en el tamiz, este sedimento remanente deberá ser revisado convenientemente para extraer toda la fauna que aún permanezca en él.

Una vez extraídos los animales, deberán ser determinados al nivel taxonómico más bajo posible, deseable a nivel de especie. Cuando 2 ó más especies no determinadas sean asignadas a un mismo taxón superior, éstas serán nombradas por esa asignación más la extensión sp.1, sp.2 , etc. En toda ocasión, cuando un taxón no haya sido identificado a nivel de especie, este deberá ser particularmente guardado y rotulado con la asignación entregada, de manera tal de poder ser revisado y referenciado en los futuros monitoreos, dándole así, siempre la misma asignación. Será responsabilidad de la Empresa Contratante asegurar que la Empresa Consultora mantenga la *colección de referencia*, y de ser cambiada la Empresa Consultora por otra

empresa para los siguientes monitoreos, la Empresa Consultora saliente deberá entregar la *colección de referencia* con el objeto de seguir el mismo criterio de asignación. Este procedimiento permitirá, en lo sucesivo, que dicho taxón pueda ser determinado a un nivel taxonómico menor hasta llegar a especie sin alterar la interpretación que se tiene de la situación ambiental producto de la actividad productiva.

Los *taxa* de cada muestra serán contados, pesados con una sensibilidad de 0,001 gr (peso húmedo luego de 5 minutos de drenado) y preservados en alcohol al 70%. Las muestras deberán ser guardadas por un período no menor a 5 años, debiendo mantener una *colección guía* con especímenes representativos de cada uno de los *taxa* determinados a nivel de especie. De ser pertinente, la *colección guía* permitirá a la Empresa Consultora, o a la empresa que continúe con el monitoreo, hacer las correcciones necesarias en presencia de una determinación incorrecta de una ó más especies.

Todo cambio en la determinación de un taxón que provenga de la revisión de la *colección de referencia* y/o de la *colección guía*, será entendido como una mejora en la capacidad de establecer de manera cada vez más precisa los eventuales impactos negativos de la actividad productiva. Esto deberá ser informado a la Autoridad competente mediante un *addendum* a informes de monitoreos precedentes y explicitado en un anexo en el informe de monitoreo donde se establece el cambio. Será responsabilidad de la Empresa Contratante mantener el adecuado registro de los cambios de asignación de especies/taxón y que este cambio le sea informado oportunamente a la Autoridad competente por la actual Empresa Consultora. La Autoridad competente podrá realizar auditorías a la Empresa Contratante por la determinación de especies en presencia de cambios detectados en la composición de la macrofauna.

Análisis de datos

Con los datos de abundancia y biomasa se obtendrá una matriz de *taxa* x muestras. En un primer análisis del monitoreo, deberá ser entregado en una Tabla el listado

general de *taxa* ordenados por Phylum, Clase y Orden, además de Total Macrofauna, con los siguientes descriptores:

Abundancia promedio total: (abundancia total del taxón)/(número total de réplicas),

Biomasa promedio total: (biomasa total del taxón)/(número total de réplicas),

Abundancia relativa: proporción de la abundancia de una especie respecto a la abundancia de todas las especies en la muestra, expresada como porcentaje.

Frecuencia de ocurrencia: proporción del número de estaciones donde una especie está presente sobre el total de estaciones, expresado en porcentaje.

Riqueza (S): número total de especies por estación.

Diversidad (H'): Índice de diversidad de Shannon & Weaver por estación, calculado con logaritmo natural:

Uniformidad de Pielou (J'), o Evenness (Pielou, 1966):

Seguidamente, para la macrofauna agrupada por Phylum y Total Macrofauna, y con los datos de las cuatro réplicas por estación de muestreo, se obtendrá la abundancia promedio, la biomasa promedio y riqueza promedio (\pm desviación estándar), lo que deberá ser entregada en Figuras. El análisis de cada Figura deberá estar acompañado con el resultado de un ANOVA (análisis de la varianza de 1 factor), paramétrico o no-paramétrico según comportamiento de las varianzas. Como prueba a posteriori se deberá utilizar la prueba de Tukey.

La caracterización de las comunidades del intermareal de arena será realizada con los *taxa* dominantes de cada estación, siendo éstos aquellos *taxa* que en orden decreciente de sus abundancias y biomásas logran el 80% ó más del total de la abundancia y/o total de la biomasa de la respectiva estación. La caracterización incluye un análisis de clasificación jerárquica de la co-ocurrencia de los *taxa* dominante a través de las estaciones, utilizando para dicho propósito el índice de disimilitud de Bray-Curtis en base a las abundancias, previa transformación de los

datos (por ej., raíz cuarta). La técnica de agrupamiento a utilizar es la UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*). El análisis es acompañado por una Figura donde se muestre el aporte porcentual de cada uno de los referidos *taxa* dominantes dentro de cada estación. Finalmente, el grado de similitud de los agregados macroinfaunicos por estación será también evaluado con un análisis de clasificación jerárquica considerando las abundancias de todos los *taxa* dominantes dentro de cada estación (con el índice de disimilitud de Bray–Curtis, transformación de los datos y técnica de agrupamiento UPGMA).

La visualización y el establecimiento de los eventuales cambios temporales en la estructura comunitaria (y que puedan indicar impactos negativos o positivos significativos de una actividad productiva), se hará en base a un análisis de ordenación no-paramétrico nMDS (*non Metric MultiDimensional Scaling*), teniendo como insumo una matriz *taxa* x muestras-por-estación/tiempo de las abundancias, utilizando el índice de disimilitud de Bray & Curtis. La significancia estadística de los cambios en el tiempo a observar será establecida mediante ANOSIM (Warwik & Clarke) o mediante el nPMA (*non-Parametric Multivariate Analysis*) (Anderson, 2001). Dado que un cambio temporal significativo en la estructura comunitaria no necesariamente indicará un impacto negativo (o positivo) de una actividad productiva, la relevancia ambiental de este cambio (y efecto real de la actividad productiva) debe ser evaluada considerando la identidad de las especies, los descriptores de abundancia, biomasa y riqueza de especies (incluyendo H' y J'), donde la aproximación AMBI debe ser un referente adicional en esta evaluación.

- **Control de calidad y trazabilidad**

Para garantizar la trazabilidad de las muestras de intermareal de arena, se deberá confeccionar las respectivas cadenas de custodia, las que deberán contener al menos el lugar de muestreo, el nombre de las estaciones y réplicas, la fecha de muestreo y el nombre del personal que tomo la muestra. Esta cadena de custodia

deberá ser firmada tanto por el personal que tomo la muestra como el personal que recepcionó la muestra en el laboratorio.

4.2.1.3.3.8. Mamíferos marinos

- **Marco conceptual**

Respecto de los mamíferos marinos, la construcción y operación de puertos con lleva cinco grandes tipos de impactos: a) Destrucción física de hábitats claves por degradación, fragmentación o pérdida en el supramareal (sitios de reproducción, descanso o habitación), intermareal y submareal; b) Generación de ruidos y ondas expansivas por la construcción alteran el comportamiento de los mamíferos marinos, su distribución y abundancia, y en algunos casos podrían producir la muerte; c) Contaminación del agua y bioacumulación por un aumento en la concentración de metales y/o compuestos orgánicos persistentes en poblaciones del sector; d) Colisión de los barcos en sectores reconocidos como áreas de alimentación, reproducción, descanso o corredores de circulación, en las rutas de navegación cercanas a los puertos y e) generación de ruido difuso y continuo debido a la operación de los buques produce perturbación comportamental.

Estas actividades de impacto tienen varios efectos en la comunidad de mamíferos marinos:

- Cambios en variables ecológicas: riqueza, diversidad, distribución.
- Cambios de parámetros poblacionales que se expresan en cambios de abundancia y que pueden ser causados por desplazamiento de individuos, abandono de hábitats, pérdida de sitios de reproducción, descanso y habitación.
- Cambios fisiológicos y de comportamiento, lesiones y enfermedades cutáneas, malformaciones y muerte.

Respecto de la frecuencia, estacionalidad y duración de los muestreos, esta dependerá de las especies estudiadas, la época en que estas se encuentran presentes en el sector de estudio, la época reproductiva, etc. Por lo tanto para cada proyecto la época de observación de los mamíferos deberá ser establecida de acuerdo a las especies presentes y a los datos bibliográficos de dichas especies en ese sector.

- **Diseño muestral**

El conocimiento sobre la ecología, biología y estado de conservación de los mamíferos marinos está limitado por algunas condiciones de base en este grupo animal: son especies altamente móviles en general, con baja densidad y/o tamaños poblacionales, longevos, elusivos al observador, y una mayoría de las especies se encuentran en categorías de conservación restrictivas.

Una línea lógica general de procedimiento considera tres fases inclusivas:

- 1) Revisión de la existencia de información publicada y gris en cuanto a riqueza y uso del área en el sector del proyecto. En general en Chile hay carencia o es insuficiente, y debe recurrirse a comparaciones con áreas cercanas o similares para acceder a una base mínima. Esta fase podría entregar información sobre especies probables en el sector y su estado de conservación general para el país y eventualmente a escala global para aquellas especies de distribución más amplia.
- 2) Realización de pre-muestreos que permitan definir en lo posible tamaños de muestra, límites de área de estudio, periodicidad o estacionalidad básica y especies focales en caso de carecer o disponer de información preliminar muy limitada.
- 3) Muestreos de monitoreo de línea base, debido a las particulares condiciones de base de este grupo animal que hacen insuficiente un estudio exclusivamente puntual y limitado en el tiempo. Esto implica muestreos que a nivel temporal abarquen estudios estacionales o al menos bianuales y que a nivel espacial comprendan estudios marinos, costeros y de borde litoral

- **Metodología y análisis**

El propósito es disponer de información relevante que permita predecir y hacer seguimiento a diferentes variables como: riqueza, distribución, abundancia relativa y absoluta, uso del área, demografía, comportamiento y movilidad, parámetros fisiológicos, bio acumulación, condición corporal, mortalidad. Se utilizan diferentes aproximaciones metodológicas, tales como:

- a) Censos visuales mediante track en tierra y en navegación, tanto aleatorios como predeterminados- Transectos lineales
- b) Observación focal individual o de grupos
- c) Foto identificación individual, bases de datos fotográficas
- d) Experimentos in situ
- e) Uso de transmisores satelitales instalados en individuos
- f) Uso de hidrófonos, sonoboyas
- g) Colecta de biopsias de piel y grasa
- h) Análisis de Isótopos estables, ADN, PCB, metales pesados en muestras de tejidos
- i) Colecta de cadáveres, restos óseos y/o necropsias in situ.

La determinación de la abundancia relativa, dependerá de la especie y las circunstancias de cada proyecto y del lugar a evaluar, sin embargo, las metodologías permiten estimar una abundancia relativa al tiempo de observación o a distancias recorridas. En el primer caso el observador considera tiempos de avistamiento para poder estimar abundancias comparables con otros periodos de observación. Para observaciones móviles se debe considerar además del tiempo la distancia recorrida. Para mamíferos como por ejemplo, el chungungo *Lontra felina*, puede estimarse una abundancia relativa en base a distancia lineal de costa recorrida, en este último caso el tiempo no es una variable a considerar para determinar la abundancia, sin embargo el recorrido debe ser a una velocidad estándar que permita la búsqueda exhaustiva.

- **Control de calidad y trazabilidad**

Para el control de calidad de la evaluación de mamíferos marinos, se debería establecer un archivo audiovisual de especies e individuos para referencia y control. Además, se debería crear un archivo y mantención de un Archivo de biopsias de referencia y control, con protocolo de cadena de custodia y por último el análisis de los diferentes aspectos realizados en laboratorios certificados.

4.2.1.3.3.9. Aves

- **Marco conceptual**

Este análisis considera aquellas especies de aves que utilizan, en algún periodo de su ciclo de vida los ambientes marino costeros. Los principales impactos son: a) Pérdida o degradación de hábitats. Esto incluye la columna de agua; la zona intermareal y el área terrestre contigua; considerando los caminos de penetración. Asumiendo que se pierde capacidad de carga de estas especies y que aunque transitoriamente puedan emigrar a otros sitios; la pérdida y/o alteración puede ser eventualmente total y por un tiempo ecológicamente para siempre b) Efectos indirectos y transientes como ruidos; explosiones; luces; presencia humana, desechos; mascotas (perros, gatos), etc. Estos efectos degradan el o los hábitats y afectan la biología de las especies (reproducción; stress; cambios conductuales; restricciones energéticas; ciclos biológicos; etc.). c) Contaminación de la columna de agua; costa y áreas adyacentes por agentes químicos (bio-acumulación); pérdida de especies presas; degradación de hábitats; colonización de especies resistentes; etc. d) Flujos de barcos y navegación: Varias especies de aves marinas siguen a las embarcaciones; cambiando su conducta; por asociación con desechos; o agitación de aguas superficiales y exposición de presas. Las luces de los barcos atraen a algunas especies de aves marinas pelágicas hacia la costa y en algunos casos causan altas tasas de mortalidad. Las estructuras también sirven de perchas artificiales e) Construcción de estructuras y edificaciones: Las

construcciones permiten el arribo o permanencia de predadores; como perchas para aves rapaces; por ejemplo. A su vez pueden permitir la reproducción de otras; como la nidificación de gaviotines; cormoranes, etc. Las luces de los puertos atraen a varias especies de aves; incluyendo terrestres; costeras y marino pelágicos. Esto provoca mortalidad, aumento de la depredación de ellas (por rapaces) y sus presas (bentos) y también cambios conductuales; por ej. cambios de sus rutas migratorias. f) Creación de nuevos hábitats: la urbanización; los caminos; las construcciones; etc; traen asociadas la introducción de especies que acompañan al Hombre; perros; gatos; ratas; moscas; etc. g) Impactos asociados: presencia humana; ruidos, desechos, mascotas; etc. Estas perturbaciones suelen ser bajo ponderadas y resueltas con “planes de manejo” que no se acatan; ni supervisan. No obstante impactan fuertemente a las especies de fauna silvestre que habita los ambientes de transición entre el continente; la costa y el mar.

- **Diseño muestral**

Se considera que antes del trabajo de campo, se realizará una revisión bibliográfica tanto a nivel del sitio y de las especies que probablemente lo habitan.

El muestreo en el campo de la distribución y abundancia debe considerar al menos dos estaciones del año; una de reposo reproductivo y otra de actividad reproductiva; lo cual generalmente coincide con el arribo de las especies migratorias del Hemisferio Norte (primavera – verano) y con su ausencia y eventualmente la llegada de especies que migran desde el sur hacia el centro o norte del país, durante los inviernos.

Debe tenerse en cuenta que para cada grupo de aves se requiere una metodología particular; por ejemplo el censaje de aves marinas en la superficie del mar adyacente; es metodológicamente muy diferente a las aves que utilizan el intermareal; en donde el estado de las mareas debe ser fuertemente considerado. Más aún para especies de aves que utilizan la vegetación adyacente. Los censos deberían

ser replicados en al menos dos oportunidades; ya sea en días distintos; así como en horas distintas; considerando que las aves tienen ciclos circanuales y también ciclos circadianos. En el caso de censos mediante tracks aleatorios o fijos, desde embarcaciones; debe considerarse la altura y el grado de visibilidad desde donde se realizan los censos, por lo tanto hasta que distancia deben ser considerados dentro del censo los individuos avistados; haciendo el correspondiente ajuste respecto a que existen diferencias en el grado de detectabilidad de ellas; ya sea por tamaño; color y/o conductas. Otro considerando es el estado del mar y de las condiciones del tiempo (luminosidad; lluvias, vientos, etc.).

- **Metodología y análisis**

Para la comparación de los resultados obtenidos; es menester estandarizar el esfuerzo realizado (por tiempo, por área; etc.). En el caso de los tracks, existen software que permiten un mejor análisis y manejo de los datos. Si los muestreos a comparar son bajos; probablemente no permitan el uso de herramientas estadísticas que permitan hacer afirmaciones; esto se podría subsanar aumentando el esfuerzo; pero lo anterior tendrá relación con el tipo de proyecto a analizar.

En consideración del efecto negativo o positivo que pueden tener en las poblaciones de aves los fenómenos macroregionales; como El Niño – Oscilación del sur deben también ser considerados en el análisis.

Para análisis comunitarios, se requerirá considerar las relaciones existentes entre los componentes, los niveles tróficos; que pueden ser asumidos desde la información bibliográfica o bien con estudios focales; mediante isotopos estables, por ejemplo.

4.2.1.3.3.10. Ictiofauna

- **Marco conceptual**

Debido a que los peces presentan cierta movilidad que puede generar un alejamiento de una fuente de contaminación, el principal efecto sobre las poblaciones de estos organismos tiene relación con la destrucción de su hábitat. Como efecto no letal, también se debe considerar la bioacumulación especialmente en especies bentónicas o residentes con menor movilidad que permanecen en las cercanías del proyecto por un mayor tiempo.

- **Metodología y análisis**

Las poblaciones de peces deben ser evaluadas dependiendo de su movilidad mediante métodos directos (censos) o mediante métodos indirectos (pescas).

Censos visuales

Para aquellas poblaciones de peces bentónicos con baja movilidad y que permanecen habitando en las inmediaciones de la zona de influencia del proyecto, se deberán realizar censos directos. El muestreo de peces deberá realizarse en transectos de área conocida (por ejemplo, de longitud 100 m) y cada transecto, debe ser recorrido por un buzo biólogo el cual identificará y contará todas las especies que pueda observar. Se deben contar todos aquellos peces que se observen nadando en las cercanías del transecto (hasta donde la visibilidad permita la evaluación) o en dirección contraria al buzo, no contabilizando aquellas que se desplacen en la misma dirección de este de manera de minimizar los conteos dobles. De igual manera se pueden utilizar puntos de observación dentro del transecto con tiempos fijos de observación como metodología alternativa (ver Pere-Matus et al, 2007). Se registrará

además la visibilidad promedio para cada día de muestreo y las profundidades de inicio y finalización del transecto.

Muestreo de peces mediante pesca

Para aquellas poblaciones de peces pelágicas o con mayor movilidad y para las cuales se requiera conocer sus características poblacionales, se deberán desarrollar muestreos mediante artes de pesca. Para ello se pueden utilizar redes o espineles (horizontales o verticales).

Redes.

Para la utilización de redes como arte de pesca, se debe considerar las especies a capturar y además asegurar que la abertura de malla permita la captura de especies de distinto tamaño. Se recomienda usar dos redes de trasmallo con diferentes aperturas de malla, las cuales se deben instalar al menos durante 12 horas. Se debe considerar la biología de las especies a pescar para determinar la extensión de la red, su profundidad de instalación, fase lunar etc. La captura debe ser analizada en cuanto a captura por unidad de esfuerzo y determinar parámetros poblacionales como sexo, tamaño, edad u otro de importancia para el proyecto.

Espineles.

En estas experiencias se pueden utilizar espineles verticales, horizontales u ambos dependiendo de las especies a estudiar. Los espineles verticales reciben ese nombre en atención a que la línea madre queda en forma vertical sobre el fondo, mientras que en el caso de los espineles horizontales la línea madre queda calada en forma paralela al fondo marino. Para asegurar la captura de especies de distintos tamaños y organismos de distintas edades, se debe considerar entre otros factores, el tamaño de los anzuelos, tipo de carnada, tiempo de permanencia en el agua.

Proceso y registro de la información

Para cada lance se registrará la fecha, posición geográfica, profundidad de trabajo, aparejo de pesca empleados y características específicas de los mismos y carnada utilizada en los espineles. Además, se deberá llevar un control *in situ* del tamaño y peso total de los ejemplares capturados. Los rendimientos por sitio de pesca se deben calcular por especie, como el cociente entre el peso capturado y red o el número y tipo de anzuelos empleados según el arte de pesca. Los peces serán identificados taxonómicamente, medidos con un ictiómetro, registrando la longitud total en centímetro inferior y el peso total debe ser determinado en forma individual con ayuda de una balanza.

Para la correcta evaluación de las comunidades de peces, los muestreos deben ser realizados al menos dos veces al año en épocas opuestas (invierno verano). La extensión en el tiempo debe ser lo más acotada en el tiempo en cada campaña para no incluir variabilidad temporal entre los sectores de estudio. Se debe contemplar además otras condiciones como fases lunares, dependiendo de las especies estudiadas y el objetivo del estudio en particular

- **Control de calidad y Trazabilidad**

Para garantizar la trazabilidad de los datos obtenidos en las evaluaciones de peces, se deberá contar con copias o fotografías de las tablillas de acrílico u otro medio de escritura utilizada en terreno en la que se anotó la data de densidad para las evaluaciones mediante censos. De igual forma se deberán conservar los registros de las mediciones de la ictiofauna capturada mediante las pescas. Idealmente, se deberá tener fotografía de algunas de las características más relevantes de los procedimientos muestrales utilizados.

4.2.2- Guía de criterios y metodologías para proyectos centrales termoeléctricas y plantas desalinizadoras.

Debido a que los impactos ambientales potenciales de la operación y construcción de las plantas desalinizadoras y de las centrales termoeléctricas son similares en lo que respecta al ambiente marino, se desarrolla una guía conjunta para ambos tipos de proyectos. A continuación se describen los antecedentes e impactos ambientales de cada uno de estos tipos de proyectos.

4.2.2.1.- Definición y antecedentes de centrales termoeléctricas y plantas desalinizadoras.

Centrales termoeléctricas

Una central termoeléctrica es una instalación que produce energía eléctrica a partir de la combustión de combustibles fósiles, tales como: petróleo y sus derivados (gasoil, fueloil y pet coke), gas natural, carbón o biomasa. En general, una central típica se compone de: una caldera, donde se produce la combustión; una turbina o motor de calor, que transforma la energía térmica proveniente de la combustión en energía mecánica; y un generador, que convierte la energía mecánica en energía eléctrica. En general, las centrales termoeléctricas se pueden clasificar, según el tipo de combustión, en centrales termoeléctricas de ciclo convencional o ciclo combinado (SMA, 2014). Ambos tipos de termoeléctricas, si se ubican en el borde costero pueden utilizar agua de mar en sus procesos y por lo tanto tener efectos ambientales potenciales en el ambiente marino.

Centrales termoeléctricas de ciclo convencional

Son aquellas centrales que obtienen la energía mecánica necesaria para mover el rotor del generador a partir del vapor generado por la caldera. Los combustibles más utilizados por centrales de este tipo en el país son carbón, petróleo y sus derivados (fuel-oil y petcoke) y gas natural. Si bien el proceso de las centrales convencionales es prácticamente el mismo, independiente del combustible utilizado, hay diferencias en el tratamiento previo que se hace al combustible y en el diseño de los quemadores de las calderas. En el caso de las centrales que utilizan combustibles

sólidos como el carbón y el petcoke, éstos deben ser triturados o pulverizados antes de ingresar a la caldera. Por su parte, las centrales que utilizan derivados líquidos del petróleo (fueloil y gasoil, también conocido como diésel) requieren calentar y licuar el combustible antes de utilizarlo. En tanto, el gas natural no precisa almacenamiento, ni tratamiento previo, por lo cual es proporcionado directamente a través de gaseoductos.

Centrales termoeléctricas de ciclo combinado

Son aquellas centrales donde se genera electricidad mediante la utilización conjunta de una turbina a gas y una turbina a vapor. El objetivo de utilizar estas dos tecnologías en conjunto es aumentar la eficiencia de la instalación. Adicionalmente, estos sistemas tienen una serie de ventajas, en comparación a un sistema de ciclo convencional, tales como flexibilidad operacional, menores emisiones atmosféricas, menor consumo de agua de refrigeración y ahorro de energía, entre otras.

Plantas desalinizadoras

Las plantas desalinizadoras más comunes en el mundo corresponden a dos tipos que se diferencian por el proceso mediante el cual generan la desalinización del agua. Estos tipos corresponden a las plantas conocidas como de desalinización instantánea de multi etapas (MSF en sus siglas en inglés) y las plantas desalinizadoras mediante osmosis inversa (RO en inglés). Para el caso de Chile, la mayoría de las plantas desalinizadoras corresponden a plantas de osmosis inversa. Para ambos tipos de procesos, se requiere la toma de agua de mar la cual mediante diversos procesos de filtrado se separa el agua de las sales, generando como subproducto un agua de rechazo con aproximadamente el doble de sales, la que es devuelta al mar. Esta pluma salina puede contener además diversos químicos que son aportados al proceso como antifoulings, coagulantes o anti escalantes o como otros elementos químicos producto de la corrosión de las instalaciones.

4.2.2.2.- Impactos potenciales de las plantas desalinizadoras y termoeléctricas por etapa de proyecto.

Etapa construcción.

La etapa de construcción corresponde a todos aquellos trabajos tendientes a la preparación del sector donde se establecerá la planta desalinizadora o la termoeléctrica y a la edificación de todas aquellas estructuras que permitirán su operación, como por ejemplo las tuberías de succión y el emisario submarino. Contempla el impacto tanto de las actividades de construcción de las instalaciones, así como la utilización de los equipos y maquinaria necesarios para este fin. Durante esta etapa se podrían producir los siguientes impactos ambientales:

Cambios en las condiciones hidrodinámicas y de sedimentación debido a las estructuras construidas: La construcción de estructuras en el mar pueden constituirse en obstáculos que cambien las condiciones hidrodinámicas del sector y con esto las tasas de sedimentación en distintos puntos cercanos al proyecto, cambiando por lo tanto las condiciones ambientales del sector.

Destrucción o modificación de hábitats: La construcción de las estructuras correspondientes a las instalaciones de la termoeléctrica o la planta desalinizadora se realiza mediante movimiento de tierra en la zona costera, además habitualmente se realizan detonaciones de explosivos, ya sean estas intermareales o submareales y se instalan estructuras como son las tuberías de aducción y el emisario submarino, así como sentinas o cámaras de inspección en la zona intermareal, etc. Todas estas actividades destruyen el hábitat existente en el sector inmediatamente intervenido o lo modifican de manera significativa.

Destrucción de bancos de especies sésiles: Por las mismas actividades descritas en el punto anterior, se destruyen aquellos bancos de especies sésiles o con bajo movimiento que no tienen posibilidad de emigrar a otros sectores durante la etapa de construcción. Estas especies pueden tener importancia económica (recursos pesqueros) o ecológica (por ejemplo algas u otras especies estructuradoras de hábitats).

Efecto de la generación de ruidos y ondas expansivas sobre mamíferos marinos peces y aves: Los mamíferos marinos, especialmente aquellos que son residentes,

pueden ser afectados durante la etapa de construcción, debido a la generación de ruidos intensos y vibraciones que podría generar cambios de conducta, inhibición de la reproducción producto de stress, abandono del lugar o incluso la muerte de individuos. De igual manera, el uso de explosivos puede también generar abandono del lugar o la muerte de los individuos. Además, la presencia humana por si sola afecta a la fauna ya que esta es acompañada de ruidos (voces; gritos; música; etc.) y de mascotas; el perro es el principal enemigo de la fauna de aves y mamíferos que utilizan los ambientes terrestres costeros.

Alteración de la calidad de la columna de agua y sedimento mediante resuspensión de este o ingreso de contaminantes externos: El movimiento de los sedimentos marinos, rocas etc. genera resuspensión de sedimentos, que pueden o no contener metales traza u otros contaminantes, los cuales pueden afectar las características de la columna de agua aumentando la turbidez o cambiando las características de esta. La etapa de construcción también puede generar incorporación de contaminantes externos tales como hidrocarburos u otros provenientes de las actividades de construcción. Estos cambios químicos pueden afectar tanto a las comunidades planctónicas como bentónicas del sector.

Etapa de operación.

La etapa de operación contempla todas las actividades relativas a la generación de energía eléctrica por parte de las plantas termoeléctricas y además todas aquellas actividades tendientes a producir agua desalada desde agua de mar por parte de las plantas desalinizadoras. Durante la etapa de operación se podrían producir los siguientes impactos ambientales:

Cambios en las condiciones hidrodinámicas y de sedimentación debido a las estructuras construidas: La construcción de estructuras en el mar, como por ejemplo, los ductos de succión o emisarios, pueden constituirse en obstáculos que cambien las condiciones hidrodinámicas del sector y con esto las tasas de sedimentación en distintos puntos cercanos al proyecto, cambiando por lo tanto las condiciones ambientales del sector.

Impactos ambientales producto de la Succión de agua de mar: Tanto para plantas termoeléctricas como para plantas desalinizadoras, la succión de agua de mar puede producir impactos significativos en las comunidades marinas del sector debido a que contiene larvas y huevos de peces e invertebrados, así como propágulos de algas y otras especies pertenecientes al fitoplancton y zooplancton, los cuales pueden ser destruidos en el proceso de desalación o de generación eléctrica. Si la pérdida de biomasa es significativa, podría afectar la productividad de los ecosistemas costeros, disminuir la riqueza y diversidad de las especies o impactar el reclutamiento de especies de interés comercial o ecológico. La extensión del impacto podría extenderse más allá del sector inmediato de las instalaciones dependiendo de la dinámica larval del sector.

Individuos de mayor tamaño de mamíferos marinos como chungungos o lobos marinos, así como peces adultos también podrían ser succionados y afectar por lo tanto las poblaciones adultas de las poblaciones de ciertas especies.

Aumento local de la salinidad cerca del efluente para plantas desalinizadoras. Las características de la columna de agua cerca del efluente pueden cambiar por un aumento de la concentración de sales provenientes del agua de rechazo desde el efluente. Este aumento en la salinidad puede llegar al doble de la observada naturalmente, afectando a las poblaciones bentónicas y pelágicas en la proximidad de la descarga.

Aumento local de la temperatura cerca del efluente para plantas termoeléctricas. Al igual que para las plantas desalinizadoras, el agua de rechazo de las centrales termoeléctricas posee características fisicoquímicas diferentes a las condiciones del agua de mar en el sector de descarga. El principal cambio esperable es un aumento en la temperatura del agua de mar en el sector inmediato al punto de descarga.

Aumento de la concentración de sustancias químicas tóxicas en la columna de agua. La adición de químicos durante la etapa de pre tratamiento ya sean antiescalantes, floculantes o anti fouling, tanto en las plantas termoeléctricas como en las plantas desalinizadoras pueden eventualmente tener algún efecto en el medio ambiente marino. La corrosión de ciertos componentes de la plantas desalinizadoras podrían también provocar la llegada de metales al medio ambiente marino. De esta forma, el efluente de las plantas desalinizadoras y termoeléctricas podrían cambiar las condiciones fisicoquímicas de la columna de agua.

Ingreso de contaminantes debido a la quema de combustibles en centrales termoeléctrica. Debido a que las centrales termoeléctricas utilizan combustibles fósiles para calentar el agua de mar, cuyos desechos de la combustión son expulsados al ambiente mediante chimeneas, es probable que algunos componentes químicos no deseados caigan al mar, alterando las condiciones químicas de la columna de agua. Entre estos, la emisión de dióxido de azufre (SO_2) u óxidos de nitrógeno (NO_x) los cuales son precursores de lluvia ácida y podrían decantar al mar, igual que otro material particulado. De igual forma, podrían, dependiendo de su ubicación, ser arrastrado por el viento material particulado proveniente de las pilas de acopio de carbón o de los patios de cenizas.

Interferencia de las luces de las instalaciones portuarias con las aves marinas. Las luces de centrales y plantas desalinizadoras, podrían afectar las rutas de migración y las áreas de anidación de las aves marinas ya que algunas especies se ven atraídas por estas. Por ejemplo, algunas especies de Procellariiformes (Fardelas, petreles; golondrinas de mar; etc.) se ven atraídas por las luces de operación y edificaciones asociadas (ej. Oficinas); mueren por impacto con las construcciones y por cansancio al volar intensamente sobre ellas. Las estructuras sirven de percha a rapaces; que con las luces aumentan la “respuesta funcional” sobre ellas (las especies atraídas). También, la migración de las aves implica hiperfagia; las luces facilitan su concentración en áreas iluminadas porque la depredación en el intermareal está facilitada. Pero estas áreas también atraen aves rapaces, personas; perros, etc. Alteran el ciclo migratorio.

Etapas de cierre.

La etapa de cierre corresponde a todas las actividades que se requieren para poner término a las operaciones de las centrales termoeléctricas y plantas desalinizadoras, entre las que se cuentan el desmantelamiento de las instalaciones y la limpieza del sector donde se ubican, con el fin de evitar que sustancias contaminantes puedan afectar el ambiente.

Los posibles impactos ambientales que pueden ocurrir durante esta etapa, son similares a los que se reportan para la etapa de construcción.

En la Tabla 13 se presenta, para las diferentes fases de los proyectos de plantas desalinizadoras o centrales termoeléctricas, una matriz general de actividades e impactos potenciales, por tipo de componente ambiental.

Tabla 13 Matriz de actividades e impactos potenciales de los proyectos termoeléctricas y plantas desalinizadoras, por componente ambiental, de acuerdo a las distintas fases de proyecto.

Proyecto		Actividades	Impacto	Matriz / Componente Ambiental Impactado													Total			
Tipo	Fase			F	Q	Agua		Sedimentos		Biota										
						F	Q	FP	ZP	IS	II	ESfd	Elfd	P	A	R		M		
Termoeléctrica o planta desalinizadora	Construcción	Movimiento de tierra en borde costero/dragado	Alteración de la calidad de la columna de agua y los sedimentos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	14	
		Tronaduras intermareales	Efectos generación de ruidos y ondas expansivas en mamíferos y aves													X	X		X	3
			Destrucción o modificación de hábitats								X		X	X	X					5
			Destrucción de bancos de especies sésiles								X		X	X	X					5
			Efectos generación de ruidos y ondas expansivas en mamíferos y aves													X	X		X	3
		Tronaduras submareales	Destrucción o modificación de hábitats								X		X			X			X	4
			Destrucción de bancos de especies sésiles								X		X			X			X	4
			Hincado de pilotes con martinete hidráulico	Efectos generación de ruidos y ondas expansivas en mamíferos y aves												X	X		X	3
		Construcción o instalación de ductos de succión y emisario	Destrucción o modificación de hábitats								X		X							2
			Destrucción de bancos de especies sésiles								X		X							2
	Operación	Succión de agua de mar para procesos de generación de energía o desalación	Destrucción de larvas, propágulos, fito y zooplancton					X	X	X	X	X	X	X	X				7	
			Succión de mamíferos marinos o peces													X		X	X	3

Continuación Tabla 13 Matriz de actividades e impactos potenciales de los proyectos termoeléctricas y plantas desalinizadoras, por componente ambiental, de acuerdo a las distintas fases de proyecto

Proyecto		Actividades	Impacto	Matriz / Componente Ambiental Impactado												Total									
Tipo	Fase			Agua		Sedimentos		Biota																	
				F	Q	F	Q	FP	ZP	IS	II	ESfd	Elfd	P	A		R	M							
Termoeléctrica o plantas desalinizadoras	operación	Descarga de agua a diferente salinidad/temperatura con químicos	Alteración de la calidad de la columna de agua y los sedimentos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							12		
			Destrucción o modificación de hábitats					X	X	X	X	X	X	X	X	X								8	
		Destrucción de bancos de especies sésiles	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							12	
		Aporte de sustancias químicas desde el aire en termoeléctricas	Alteración de la calidad de la columna de agua y los sedimentos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							14
		Operación general de la central o planta desalinizadora	Interferencia de las luces de las instalaciones con las aves marinas																X						1
	Cierre / Abandono	Movimiento de tierra en borde costero	Alteración de la calidad de la columna de agua y los sedimentos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		14
			Efectos generación de ruidos y ondas expansivas en mamíferos y aves																	X			X		2
		Desmontaje de estructuras	Alteración de la calidad de la columna de agua y los sedimentos	X	X	X	X																		4
			Destrucción o modificación de hábitats								X	X	X	X	X	X	X	X							6
		Desmontaje de estructuras	Destrucción de bancos de especies sésiles								X	X	X	X	X	X	X	X							4

F: físico; Q: químico; FP: fitoplancton; ZP: zooplancton; IS: Infauna submareal; II: Infauna intermareal; ESfd: Epibiota submareal fondos duros; Elfd: Epibiota intermareal fondos duros; P: Peces; A: aves; R: Reptiles; M: mamíferos.

4.2.2.3.- Protocolos de evaluación de componentes ambientales.

Los protocolos de evaluación del impacto ambiental de las actividades previamente descritas, deben de dar cuenta de la variabilidad ambiental intrínseca de cada una de los parámetros o matrices a ser estudiados y ser capaz de diferenciar los efectos provocados por las actividades de las plantas desalinizadoras o de las plantas termoeléctricas de aquellos cambios que se producen de manera natural en el ambiente o de aquellos provocados por otras actividades antrópicas que se desarrollen en el borde costero cercano al proyecto como son la pesca artesanal, acuicultura u otras actividades industriales o en lo posible evaluar la probable sinergia con dichas actividades. De igual manera, el dimensionamiento de un impacto en los sistemas acuáticos debe tener en cuenta como elementos principales las características del lugar (sistemas cerrados; semi cerrados o sistemas abiertos; profundos o someros; características ecológicas y/o usos compartidos), la dinámica física y química del sistema y su condición de conservación actual. El dimensionamiento debe poder guardar las proporciones del impacto con las características de unidad geográfica local (bahía, costa expuesta, un fiordo, una ensenada pequeña, etc.).

A continuación se desarrolla una propuesta de diseño muestral para ser aplicado a todas las matrices ambientales estudiadas que requieren la toma de muestras ya sea para la evaluación química o biológica. Se exceptúan aquellas matrices que por sus características deben ser evaluadas por metodologías diferentes como son los mamíferos marinos o la oceanografía física.

Zona de influencia

De acuerdo al Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental “El área de influencia del proyecto o actividad se definirá y justificará, para cada elemento afectado del medio ambiente, tomando en consideración los impactos ambientales potenciales relevantes sobre ellos” .La determinación de la zona de influencia del proyecto, deberá considerar entonces al menos la siguiente información

que deberá ser analizada y cuyo análisis deberá quedar explícito en la definición de la zona de influencia presentada en el estudio o declaración de impacto ambiental:

- Presencia de otras actividades antrópicas (áreas de manejo de recursos pesqueros, áreas de acuicultura, actividades industriales)
- Áreas de pesca
- Presencia de reservas o parques marinos
- Tipo de combustible a utilizar en centrales termoeléctricas y tipo de proceso de filtrado en plantas desalinizadoras.
- Información de literatura respecto de características de la zona donde se instalará el proyecto para la componente física (corrientes, vientos, batimetría, etc.)
- Información de literatura respecto de características de la zona donde se instalará el proyecto para la componente química.
- Información de literatura respecto de características de la zona donde se instalará el proyecto para la componente biológica (Plancton, comunidades submareales e intermareales, mamíferos marinos, aves, etc.)
- Modelaciones de la pluma salina o térmica

La información recolectada deberá ser considerada para establecer la mayor área posible de impacto, considerando las posibles sinergias existentes. Se debe incluir en una carta un polígono que dé cuenta del área de influencia del proyecto.

Diseño muestral estudios de impacto ambiental y planes de vigilancia ambiental

Un diseño muestral adecuado debería poder caracterizar de buena manera la zona de influencia del proyecto, para poder determinar dónde y en que magnitud se producen los impactos. En general, los diseños muestrales tanto de las líneas de base

como de los planes de vigilancia ambiental posteriores se basan en una serie de estaciones o puntos de muestreo distribuidos de manera aleatoria en la zona de influencia del proyecto o de manera equidistante alejándose del punto de impacto, incluyéndose uno o dos puntos de control alejados del proyecto y no influenciados por este. Sin embargo, no existe una metodología estandarizada que establezca cuantas estaciones de muestreo son necesarias ni cómo se deben distribuir estas, así como tampoco existe una referencia a las consecuencias que tiene la observación de cambios ambientales en alguna de estas estaciones. De esta manera, el diseño muestral debe comenzar en el “punto cero” del Impacto, lugar donde se encuentra la fuente de emisión, y terminar en un “punto L”, distancia que define un Área de Impacto. El “punto L” será el límite último de dicho impacto potencial, posterior al cual no se espera efecto alguno bajo ninguna circunstancia debido al proyecto en cuestión. Para el caso de las termoeléctricas y desalinizadoras, el “punto L” debiera corresponder a la máxima extensión de la pluma de vertimiento ya sea salina o térmica que debe ser determinada por la respectiva modelación y considerar además la máxima extensión del efecto de otras potenciales actividades impactantes del medio marino definidas de acuerdo a la literatura o marco teórico correspondiente. Además debiera considerar lo estipulado por la Autoridad competente y por los intereses de la comunidad, entendiendo en esta última a otras empresas productivas, organizaciones sociales, organizaciones culturales, Estado, etc.

La actividad productiva no debiera impactar negativamente el “punto cero” (entendiendo impacto negativo desde una disminución significativa de la diversidad biológica hasta la desaparición local de ella o cambios significativos en las características fisicoquímicas del sector), sin embargo, cualquier impacto negativo en dicho punto será una primera luz de alerta (una luz amarilla) de eventos potencialmente riesgosos para el ambiente y deberá ser explicado a la Autoridad competente por la actividad productiva. Habrá un promedio de 3 estaciones para el “punto cero”, el que correspondería al punto de vertimiento de las aguas de rechazo de la planta desalinizadora o central termoeléctrica y otros tres puntos en el punto de succión del agua de proceso.

Desde el “punto cero” al “punto L” habrá un número determinado de estaciones en función de la distancia de ambos. Este número adicional de estaciones puede ser definido por la fórmula $1+3,22*\log(n)$ (regla de Sturges), siendo n la distancia del “punto cero” al “punto L” en metros dividido por 10 (en números de decámetros). Por ejemplo, si la distancia entre ambos puntos es de 1.000 metros, n será igual a 1.000:10 = 100 decámetros. Entonces, $1+3,22*\log(100) = 7,44$ que al aproximarlo al entero correspondiente resulta en 7 estaciones (si fuesen 100 metros corresponderían a 4 [4,22] estaciones; si fuesen 10.000 metros habrían 11 [10,66] estaciones; etc.). Estas estaciones serán distribuidas equidistante entre el “punto cero” (o entre el “punto cero” más proximal al “punto L”, si existe más de uno) y el “punto L”.

En una línea de costa, el potencial impacto negativo de la actividad productiva podría darse en ambos sentido de la costa, como también en profundidad. Paralelo a la costa, la uni o bidireccionalidad de un potencial impacto negativo lo dará la oceanografía y/o topografía del sector, así como la modelación de las plumas de descarga. Finalmente, la bidireccionalidad de un potencial impacto negativo implicaría dos “puntos L” por lo que la estimación de las estaciones adicionales deberá considerar la distancia entre estos dos “puntos L” y deberán estar distribuidas proporcionalmente (y equidistante) entre el “punto cero” (o “puntos ceros” proximales a los “puntos L”) y los respectivos “puntos L”. En el caso de estimar un número impar de estaciones adicionales y en presencia de un potencial impacto bidireccional, el número de estaciones adicionales será llevado al número par inmediatamente superior (por ejemplo, de 3 a 4, de 5 a 6, etc.). El número adicional de estaciones no incluye el (los) “punto(s) cero(s)” y tampoco el (los) “punto(s) L”.

Cuando se evidencie un impacto negativo en la estación adicional más proximal al “punto cero” corresponderá una segunda luz amarilla, luego una tercera luz amarilla y, así, sucesivamente hasta alcanzar el “punto L”, lo que encenderá la luz roja originando el cese de la actividad. Sin embargo, antes de llegar a ese último punto, al encenderse cada luz amarilla gatillará medidas de mitigación específicas que serán fiscalizadas por la Autoridad.

Si bien el número de estaciones será dependiente de la extensión de área de impacto, el número de réplicas por estación es fijo. Tradicionalmente, el número mínimo de réplicas (y el aceptado por todos a nivel nacional) es 3, sin embargo, no hay una fórmula única basada en datos empíricos que unifique criterios. Es claro que mientras mayor es el número de réplicas, mejor es la representación de la comunidad de interés o del parámetro de interés; pero también aumenta la representación de la variabilidad del sistema y aumenta el registro de la biodiversidad a niveles tales que complejiza el umbral entre lo que consideramos un sistema sano de uno no-sano. Esta información necesaria para nuestro conocimiento y entendimiento de la biodiversidad, va más allá de los alcances de un programa de vigilancia ambiental enfocado en cautelar la salud del sistema mediante la detección precoz y poniendo límites a intrusiones dañinas. Estudios disponibles que usan un mayor número de réplicas por estación muestran números que van desde los 5 a 9 réplicas por estación, entregando información valiosa sobre lo primero pero no necesariamente evidenciando una mejora en la detección precoz de los eventuales impactos negativos de una actividad productiva. Hasta no contar con información específica para este tópico, pero entendiendo que una mínima mejora permitirá mejorar la argumentación de cambios precoces, el número de réplicas por estación será subido a 4 (cuatro).

4.2.2.3.1-Variables físicas

- **Marco conceptual**

De acuerdo al diseño de los sistemas de captación y descarga de la planta (desaladora y/o Central termoeléctrica) a medida que se vayan instalando las tuberías se irán produciendo variaciones en la hidrodinámica, así como en el transporte de sedimentos. Los impactos que se pueden producir van desde algunas variaciones en las corrientes hasta el transporte de sedimentos entorno a las estructuras instaladas. La resuspensión de sedimentos además trae riesgos de liberación de contaminantes desde los sedimentos a la columna de agua. Por esta razón se hace necesario estudiar

las condiciones hidrodinámicas del sector del proyecto, en especial las corrientes existentes y la capacidad de dilución y dispersión del agua de mar.

Durante la operación los cambios estarán asociados a los gradientes de densidad en torno a las plumas de las descargas o a los cambios de temperatura cerca del emisario de la central termoeléctrica y a los efectos sobre el transporte de sedimento en torno a las tuberías de captación y descarga del agua de mar utilizada en el proyecto. Para evaluar los posibles impactos asociados a la operación y su extensión, se debe modelar las plumas de descarga.

- **Diseño muestral**

De acuerdo con el diseño del proyecto y considerando los distintos cambios que generará el proyecto tanto en el medio marino, se deberá definir la metodología a utilizar en la línea base marina, evaluación de impactos y en los programas de vigilancia ambiental.

En las líneas base ambiental se debe hacer como mínimo lo indicado por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada en su Instrucciones Oceanográficas N°1 (SHOA PUB. 3201), teniendo en cuenta los procesos dominantes, por ejemplo, en la zona de los canales la marea es el principal forzante, mientras que al norte del Canal Chacao el forzante dominante es el viento. Por lo tanto, durante la planificación de los estudios a realizar es necesario analizar que forzantes actúan más sobre las corrientes, y como la batimetría y la forma de la costa modifican las corrientes del sector.

También debe tenerse en cuenta lo indicado en el documento del 2015 “Directrices para la evaluación ambiental de proyectos industriales de desalación en jurisdicción de la Autoridad Marítima” de la DIRENMAR. Si bien, este documento aplica sobre las plantas desaladoras varios de sus puntos e indicaciones también son aplicables a las Centrales Termoeléctricas. En dicho documento aun cuando no se indica expresamente hay varias mediciones que deben hacerse en forma continua y

que requieren sistemas de alertas para el control de la producción de forma de reducir los impactos ambientales.

En la evaluación de los impactos es importante evaluar mediante modelación numérica como son las corrientes sin el proyecto y que cambios producirá el proyecto, así como es la dinámica de la temperatura y la salinidad y cómo evolucionará la pluma de la descarga en función de los excesos de temperatura y salinidad. Si la zona de estudio es expuesta al oleaje debe incluirse la interacción del oleaje reinante en las principales épocas de marejada (invierno y verano), de forme de evaluar como las corrientes y el oleaje afecta el transporte de sedimentos y los gradientes térmicos y salinos, en especial en torno a la pluma descargada. Para la evaluación del efecto de la captación y descarga sobre la producción primaria y secundaria es necesario el acoplamiento al modelo hidrodinámico de al menos un modelo NPZ, y en el caso que el conocimiento del ciclo de vida de una especie en particular permita la implementación de un modelo del tipo IBM (Individuo basado) o ABM (agente basado) se recomienda su implementación indicando las limitantes de la implementación realizada.

En los programas de vigilancia debe incluirse un conjunto de estaciones con CTD que permita describir las variaciones espacio-temporales que se produzcan durante la operación del proyecto. También es importante realizar mediciones con ADCP remolcado para evaluar tanto los cambios de las corrientes en el tiempo, así como la caracterización de la pluma generada por la descarga.

Las mediciones de las variables físicas deben realizarse a lo menos en las estaciones de verano y de invierno durante la línea de base de manera de establecer las condiciones oceanográficas previas a la intervención del proyecto. Etas mediciones deben desarrollarse como mínimo durante 30 días para corrientes eulerianas, vientos y mareas y mediciones durante marea llenante y vaciante en sicigia y cuadratura para corrientes lagrangianas deriva litoral y dispersión.

- **Metodología y análisis**

Estudio de corrientes Eulerianas o fijas

Como parte de la línea de base del proyecto, se deberá caracterizar el comportamiento de las corrientes costeras en al menos un punto representativo del proyecto, así como su variación en dirección y magnitud en la columna de agua. Para este efecto y acorde con los requerimientos de la autoridad marítima, se deberá ejecutar un estudio de correntometría de tipo Euleriana. El objetivo básico de esta actividad es caracterizar el comportamiento temporal de las corrientes costeras en el área de proyecto, así como su variación en dirección y magnitud a través de la columna de agua, de tal modo de poder caracterizar adecuadamente la dinámica costera del área de interés.

El estudio de correntometría euleriana se realizará por un período de 30 días para lo cual se deberá instalar un perfilador acústico doppler del tipo ADCP, que permita medir corrientes y mareas. La programación del instrumento deberá considerar la medición de la corriente en capas de agua entre 0,5 y 1 m de espesor, cubriendo la mayor parte de la columna, se debe tener en cuenta el tipo de fondeo y el espesor de la capa de blanking, así como las perturbaciones en la capa superficial, con intervalo de registro de 10 minutos.

El análisis de los registros eulerianos de acuerdo con las Instrucciones Oceanográficas N1 (SHOA PUB 3201) deberá incluir un análisis espectral, correlación con viento y marea, efecto de la brisa marina y de la marea, direcciones y probabilidades de ocurrencia, persistencia e intensidades de los flujos y sus estadísticas básicas. Asimismo, se deberán determinar los valores modales y máximos, la fluctuación diurna y semi diurna de la corriente y los diagramas de vector progresivo.

Es importante que en la discusión y conclusiones sobre las variaciones temporales las corrientes se interpreten como estas influyen sobre la dispersión y transporte de contaminantes en la zona de estudio de forma de poder inferir los posibles efectos sobre las comunidades marinas.

Estudio de corrientes en modo arrastrado

Las mediciones temporales de las corrientes deben ser complementadas con mediciones de corrientes en la columna mediante el arrastre de un ADCP en una grilla que permita describir las corrientes en la zona en que se desarrollara el proyecto, de forma de caracterizar las variaciones espaciales de las corrientes en el espacio durante un ciclo mareal, es decir por un período mínimo de 24 horas, para obtener las corrientes residuales con el propósito de determinar los patrones netos que influyen en la dispersión de contaminantes como de sedimentos. Un registro de al menos 24 horas además de incluir el efecto mareal en la estimación de los flujos netos incluye las variaciones del ciclo diario del viento en la zona de realización del proyecto. Estas observaciones deben repetirse en sicigia y cuadratura, así como en verano e invierno.

Estudio de Vientos

Las mediciones de vientos se deberán desarrollar en el mismo período de ejecución de los estudios de corrientes, para lo cual se instalará y operará una estación meteorológica automática durante 30 días. La estación de medición deberá ser programada al menos para registrar la rapidez, dirección media del viento, y la presión atmosférica en intervalos de 10 minutos.

El análisis de los registros deberá incluir: la estadística básica, histogramas de frecuencia en dirección y magnitud, rosa de vientos, y espectros que permitan comprender la circulación atmosférica sobre el mar en sus ciclos diurnos y sinópticos.

Estudio de Marea

Se deberá analizar los registros de marea medidos por un mareógrafo, o en su defecto por el registro de la presión hidrostática del perfilador ADCP que se instalará en el sector, previa corrección por la presión atmosférica registrada con la misma frecuencia de muestreo en forma sincronizada con el ADCP mediante una estación meteorológica o un sensor de presión. La información de las mareas del sector de estudio deberá comprender al menos los siguientes análisis: Análisis no armónico, Análisis armónico, Régimen de marea y Planos de marea (NMM, Amplitud media, marea mínima, etc.).

Estudio de corrientes Lagrangianas

Como complemento a las evaluaciones de la correntometría euleriana, se deberán determinar las trayectorias de las corrientes lagrangianas al menos en dos sitios representativos del área donde se establecerá la termoeléctrica o la desalinizadora. Para tal efecto se deberán realizar mediciones con boyas de deriva, considerando condiciones de marea llenante y vaciante. En cada sitio de medición, se deberán efectuar lances de derivadores en dos estratos de profundidad: en superficie y media agua. La trayectoria seguida por las boyas de deriva deberá ser demarcada con sistema de posicionamiento GPS, durante un período variable entre 1 a 1,5 horas o hasta estos que encallen en la costa. Se deberán utilizar derivadores tipo cruceta, debido a que su diseño fue optimizado para eliminar la influencia del viento en el arrastre del elemento derivador. Las mediciones deberán ser efectuadas en períodos de sicigia y cuadratura lunar, considerando condiciones de marea vaciante y llenante.

Lo recomendado es que se incorpore un GPS registrando en forma continua en el derivador, con una frecuencia de registro en el tiempo entre 1 y 5 segundos, lo que permite una buena representación de la trayectoria de cada derivador mejorando los análisis de esta información.

Deriva litoral

El estudio de corrientes litorales tendrá como objetivo determinar las corrientes asociadas a la zona costera. Al menos se deberá realizar esta experiencia en 3 estaciones de lance dentro de la zona de influencia del proyecto, analizándose las condiciones asociadas a cuadratura y sicigia lunar, en fases de marea llenante y vaciante.

En cada estación se deberán desplegar elementos derivadores (botellas de deriva) con boyantes neutra. Se recomienda que el seguimiento de las botellas de deriva sea realizado mediante un GPS incluido al interior de la botella que vaya registrando en forma continua con una frecuencia de registro de 1 a 5 segundos.

Se entregará un análisis general de las corrientes asociadas a la zona costera, incluyendo análisis estadísticos y cálculos de corrientes en la zona surf generada por las olas y vientos, teniendo en cuenta, además, las características de la orilla (rocosa,

arenosa o mixta) debido a su directa influencia sobre las trayectorias de las botellas de deriva.

Estudio de dispersión con trazadores químicos

La capacidad de dispersión de un contaminante o partícula en el mar depende del transporte generado por el sistema de corrientes locales, los vientos predominantes y el grado de difusión estimado a través del gradiente de concentración de un trazador donde se asume un comportamiento pasivo de este, lo que implica que la distribución del trazador depende exclusivamente de los forzantes físicos y no existe reacción con el agua (Smart & Laidlaw, 1976).

Se deberá desarrollar, por lo tanto, mediciones con el objeto de determinar el grado de dispersión en el área de interés. Para tal efecto, se deberá utilizar un trazador químico (por ejemplo, rodamina WT) y determinar su dispersión y dilución en experiencias desarrolladas en el período de cuadratura lunar (peor escenario ambiental), en un punto definido con el mandante, durante la marea vaciante y llenante. Para la cuantificación del trazador químico, se deberá utilizar un Fluorómetro de campo. Los resultados de este estudio deberán incluir la descripción geométrica de las manchas del trazador, incluyendo una representación gráfica de ellas, las que deberán estar referidas a la topografía de la línea de la costa, con sus correspondientes coordenadas geográficas y/o UTM.

En la inyección al medio del trazador se debe tener en cuenta la profundidad a la que se encontrará el difusor y la densidad del agua descargada, en el caso de descargas térmicas en las que la densidad del agua descargada respecto a la del medio produce una boyantes positiva transportando el agua a superficie en un corto período de tiempo se puede inyectar directamente en superficie el trazador. Mientras que en el caso de aguas descargadas con densidades iguales o mayores a la del medio a la profundidad de la descarga, en que la boyantes obtenida puede ser neutra o negativa se deberá inyectar el trazador a la profundidad de la descarga y el agua de mar deberá tener una densidad similar a la descarga del proyecto. Esta situación introduce un inconveniente al momento de seguir el desplazamiento de la mancha del trazador, por

lo que el consultor deberá justificar muy bien la metodología utilizada en el seguimiento de la mancha.

Relación entre las Corrientes y Forzantes

En las Instrucciones Oceanográficas N°1 (SHOA PUB. 3201) se indica que es necesario la evaluación de las relaciones de las corrientes con los forzantes marea y vientos, indicándose que estas mediciones deben ser realizadas en forma simultáneas y con igual intervalo de muestreo. Las relaciones entre las corrientes y la marea deben ser realizadas mediante análisis en el dominio del tiempo, normalmente correlaciones cruzadas, y en el dominio de la frecuencia, coherencia y fase.

En tanto en los estudios de corrientes lagrangianas, deriva litoral y dispersión de los trazadores químicos es importante relacionar las trayectorias de los derivadores, así como de los centroides de la mancha de los trazadores como su dispersión con los vientos y marea registrado durante dichos experimentos. Esto ayudara estimar el posible comportamiento de contaminantes en la zona de desarrollo del proyecto.

Perfiles de CTD

Otro forzante importante a considerar son los gradientes de densidad, y que no están incluidos en las Instrucciones Oceanográficas N°1 (SHOA PUB. 3201), para lo cual se requiere la realización de una grilla de muestreo mediante perfiles de CTD. Por razones históricas normalmente las mediciones de los perfiles de CTD son incluido en los análisis de las variables químicas, por lo cual no se evalúa su influencia sobre los patrones de circulación.

Se debe realizar una grilla de muestreo estacional compuesta de al menos 9 estaciones oceanográficas, su distribución espacial dependerá de las características de la desalinizadora o termoeléctrica, así como de la existencia de aportes de aguas dulces que modifiquen los gradientes de densidad tanto horizontales y verticales. Los análisis deben considerar tanto la variabilidad en profundidad como en el plano horizontal y la interpretación de los resultados deben estar en función de los patrones de circulación,

así como en su influencia en la dispersión tanto de huevos y larvas de los recursos marinos, como de contaminantes.

Es importante que los sensores de presión, temperatura y salinidad tengan una resolución apropiada a la variabilidad de estas propiedades y de los procesos físicos que ocurren en la zona de estudio, por ejemplo, el sensor de conductividad debe permitir registrar las variaciones de salinidad al 3 dígito de resolución, sino se corre el riesgo que el sensor tenga un error mayor que la variabilidad del sector.

Con fines de corregir la deriva instrumental de los sensores, se debe obtener muestras a profundidades estándares de salinidad, y oxígeno si el CTD incluye un sensor para esta variable, con el fin de contrastar estas muestras con lo registrado por el CTD. Si en la grilla de muestreo se tiene una estación con más de 50 m de profundidad se recomienda que las muestras sean tomadas en dicha estación, en el caso que no sea posible se deben tomar muestras en al menos 2 estaciones de la grilla. El consultor debe seguir los protocolos correspondientes para la toma de cada una de estas muestras, su posterior fijación, transporte al laboratorio analítico, de química analítica utilizados en la obtención de las concentraciones. Dichos protocolos y cadenas de custodia deben ser entregados junto con el respectivo informe.

Batimetrías de Prospección

Como se indicó es necesario registrar la batimetría y sus cambios espacio-temporales, pues influyen en los patrones de circulación. Los accidentes batimétricos, así como la forma de la costa producen zonas en las cuales las corrientes se aceleran o se frenan, así como la formación de zonas de retención ya sea de huevos y larvas de recursos marinos, plancton, materia orgánica e inorgánica, así como de contaminantes.

Dado que el objetivo es la comprensión de los patrones de circulación es importante cubrir una zona mayor a la que normalmente se cubre con las batimetrías de precisión para los diseños de ingeniería de los proyectos teniendo en cuenta las

características de la línea de la costa. La metodología a ocupar es la indicada en las Instrucciones Hidrográficas N° 5 (SHOA PUB. 3015).

Junto con permitir un mejor análisis de las corrientes registradas en terreno (Eulerianas, Lagrangianas y las mediciones con ADCP remolcado) entregara información apropiada para la implementación de modelos de circulación, dispersión de contaminantes y de oleaje, así como para el análisis de las comunidades bentónicas, y la distribución de sedimentos.

Se recomienda en la realización de estos estudios como mínimo el uso de ecosondas mono haz con registro digital de la información y que el posicionamiento sea realizado mediante GPS diferencial.

Estudio de Olas

Se deberán realizar mediciones de oleaje siguiendo las indicaciones de las Instrucciones Oceanográficas N°1 (SHOA PUB. 3201) durante 30 días continuos, mediante la utilización de un medidor direccional de olas y correntómetro perfilador acústico con tecnología Doppler. El instrumento debe registrar al menos cada 3 horas el régimen del oleaje. El informe de esta experiencia deberá incluir una caracterización del régimen de oleaje, considerando su dirección, periodo y altura de ola.

Este estudio debe incluir la propagación de oleaje mediante una modelación numérica en las condiciones actuales y con los cambios generados por la implementación del proyecto, de forma de evaluar los posibles impactos sobre las comunidades marinas que producirá el proyecto.

Modelación Campo Cercano y Lejano

Debido a que, tanto para desalinizadoras como para termoeléctricas, se incorpora una pluma al medio marino de características distintas a este, se debe

realizar una caracterización de estas plumas de manera de determinar su extensión y comportamiento y de esta forma el alcance de los impactos ambientales potenciales asociados.

Para esto se debe realizar simulaciones de la dilución y dispersión en los siguientes campos espaciales:

- Campo Cercano que corresponde al análisis de la dilución y dispersión en el cuerpo de agua receptor en que la dinámica de la pluma descargada depende principalmente de las características de la descarga (número de portas, ángulos horizontales y verticales de cada porta, caudal de descarga en cada porta temperatura y salinidad del agua descargada), así de las características del cuerpo de agua en el sector de la descarga (temperatura, salinidad, corrientes)
- Campo Lejano que corresponde al análisis de la dilución y dispersión en el cuerpo de agua receptor en que la dinámica de la pluma descargada depende de las características hidrodinámicas del cuerpo de agua receptor (corrientes, temperatura y salinidad), y de las variaciones batimétricas y de línea de costa en la zona de estudio. Siendo las variaciones batimétricas importantes en las descargas de aguas con boyante negativa (densidad de la descarga mayor que la del cuerpo receptor), ya que la pluma seguirá en su desplazamiento los incrementos de profundidad.

Los modelos de campo cercano que se pueden utilizar son:

- Comerciales:
 - Cormix
 - JETLAG/VISJET
- Gratuitos:

- Visual Plumes: esta discontinuado, sin embargo, aún se puede descargar e instalarlo en una maquina con Windows de 32 bit seleccionando compatibilidad con Windows XP.

Los posibles modelos de campo lejano que se pueden utilizar son:

- Comerciales:
 - MIKE 3 Hidrodinámico de malla flexible. El que puede ser combinado con otros módulos de simulación de MIKE según los objetivos de las evaluaciones de impacto ambiental. Este modelo está disponible para Windows y cuenta con soporte tanto para consultas como para resolver problemas técnicos

- Gratuitos:
 - Telemac 3D modelo hidrodinámico de malla flexible disponible tanto para Windows, Linux y Mac. Es necesario compilar los archivos y las consultas deben ser realizadas en el foro de los usuarios.
 - Delft3d la última versión opensource incluye malla flexible. Modelo disponible para Windows, Linux, y Mac. Requiere que se compilen los archivos fuentes las consultas se realizan en el foro de usuarios.

El método utilizado para representar las portas del sistema de difusor dependerá del modelo utilizado, por lo que debe quedar claramente indicado en la presentación de los resultados.

En cuanto a la forma en que se acoplan al modelo hidrodinámico otros modelos o módulos de simulación depende del diseño del núcleo de modelación, lo que también influye en los resultados que se obtienen por lo que debe hacerse un análisis

de las metodologías utilizadas para determinar qué modelo es el más apropiado para cada estudio de impacto ambiental.

Los modelos o módulos utilizados para simular condiciones biológicas (productividad primaria y secundaria, calidad del agua, capacidad de carga, ciclos de vida, respuestas a perturbaciones por sonidos, ruidos, o vibraciones) deben ser justificados en forma clara según las distintas actividades del proyecto.

- **Control de calidad y trazabilidad**

Para garantizar la trazabilidad de los datos obtenidos con los instrumentos oceanográficos y meteorológicos, se deben conservar y entregar como parte de los informes:

- Archivos originales bajados de los instrumentos (Raw data)
- Procedimiento utilizado para el procesamiento de los datos
- Reporte de datos en formato digital
- Bitácora de las mantenciones y calibraciones de los instrumentos de acuerdo con las indicaciones del fabricante.

4.2.2.3.2.-Variables químicas.

- **Marco conceptual**

Los efectos directos en la química de los sistemas acuáticos ocurren por modificaciones en la dinámica del sistema, reactividad de los elementos, introducción natural de compuestos y/o energías, por vertimientos o introducción de compuestos químicos de origen antrópico. Para plantas desalinizadoras o centrales termoeléctricas los principales grupos que producen cambios importantes en el ambiente, se describen a continuación:

- a) Materia orgánica residual o externa al sistema. Dependiendo de su volumen y de la capacidad asimilativa del cuerpo de agua receptor y de la dinámica del lugar,

puede influir en la turbidez, disminución del Oxígeno disuelto, pH y Eh de la columna de agua y su acumulación en los sedimentos. Considerándose así en una variable a monitorear para mantener la salud natural del ecosistema. El efecto indirecto más importante de un exceso de materia orgánica es la disminución del oxígeno disuelto del agua de mar. Incremento de materia orgánica en los sedimentos, generando sedimentos anóxicos o suboxicos de características particulares. El consumo de oxígeno, por la oxidación de la materia orgánica, puede producir suboxia de la columna de agua. Valores menores al 70% del valor de saturación de oxígeno pueden ser considerados como una alteración del sistema. Respecto de los sedimentos, la materia orgánica sedimentada cambia la textura y las características químicas del sedimento. La acumulación de materia orgánica produce reacciones formando material refractario a la oxidación de alto peso molecular (Humados y Fulvatos), los que a su vez tiene la propiedad de reaccionar y producir el atrapamiento y el enriquecimiento de metales e hidrocarburos aromáticos policíclicos en los sedimentos. Los sedimentos ricos en materia orgánica (MOT > 10) tienden a la desfaunación. Un sedimento con exceso de aportes de materia orgánica, en condiciones de anoxia produce como subproducto de los procesos oxidativos, la reducción de los sulfatos contenidos en el agua a sulfhídrico. Los parámetros ambientales característicos de esta condición son: anoxia, pH 7,5; Eh negativo (sedimentos reductores).

b) Un segundo grupo de contaminantes son los metales pesados, los cuales pueden provenir de la corrosión de las estructuras de las plantas. Su calificación de tóxicos está relacionada con su concentración, biodisponibilidad y efecto letal (toxicología = dosis/efecto o eco-toxicología = concentración (exposición) / efecto). Los de mayor toxicidad son tóxicos en baja concentración (ppb o ppm) y por lo tanto de difícil detección en la matriz agua. Sin embargo, su detección puede realizarse con mayor certeza, por su concentración (ppm) en las matrices sedimento y organismos. En estas matrices pueden alcanzar más de dos a tres órdenes de magnitud mayor que la concentración en el agua.

c) Un tercer grupo son los compuestos derivados del petróleo y combustibles, los cuales son importantes en la operación de las centrales termoeléctricas. Para ellos hay tres formas de contaminación: a) derrames accidentales durante el transporte, ruptura de ductos o en plataformas de producción y b) Manejo de protocolos de desembarque de refinerías (contaminación persistente) y c) carga y descarga de combustible en embarcaciones en la zona costera. Las fracciones livianas producen daños importantes porque actúan como solventes de los tejidos larvales. Sin embargo, su fugacidad establece cortos periodos en la fase acuosa. Las fracciones medias y pesadas son de mayor peligro y persistencia en los ecosistemas actuando físicamente sobre los organismos (plumajes, branquias, etc.) y/o como tóxicos cuando son ingeridos por organismos.

d) Un cuarto grupo corresponde a sustancias inorgánicas que se adicionan a la operación de las plantas termoeléctricas y plantas desalinizadoras con el fin de evitar el asentamiento de fouling en las estructuras. Entre estos compuestos, destaca debido a lo extenso de su uso el hipoclorito sódico comercial, bisulfito o metasulfito sódico, derivados de polifosfatos o poliacrilatos, ácido sulfúrico y cloruro férrico. Todos estos compuestos pueden tener efectos sobre las comunidades marinas presentes en las inmediaciones de los emisarios de descarga de las aguas de rechazo.

- **Metodología y análisis**

El muestreo requiere de definir el número de estaciones, sitios o puntos de muestreo. Su número dependerá del área que se desee muestrear y una configuración de puntos que cubran la totalidad de la cuenca natural, como se especifica en el acápite 4.2.2.3. El diseño de muestreo debe considerar áreas con una profundidad mayor a 10 m. Profundidades más someras tienen una alta variabilidad de sus variables por el efecto del stress del viento, corrientes y marejadas. La red de estaciones debe considerar los puntos de descarga y aducción de la planta

desalinizadora o de la central termoeléctrica. Una vez establecidos los puntos de muestreo se deben fijar geográficamente en una carta o mapa a través de coordenadas geográficas, coordenadas UTM o sistema de posicionamiento global (GPS).

Como norma general, cada una de las muestras tomadas debe estar contempladas en una estrategia de muestreo, con sus respectivas identificaciones, planillas, de toma de muestra, conservación, transporte y análisis y las personas que participaron en cada uno de las etapas de muestreo. Recepción de Laboratorio, analistas y Resultados. Esto corresponde a la cadena de custodia, trazabilidad y calidad de los análisis realizados.

Para poder caracterizar y evaluar los posibles cambios químicos relacionados a las distintas épocas del año, los muestreos deberán ser realizados al menos en las estaciones de invierno y verano, tanto para la línea de base como para los seguimientos posteriores. La duración del muestreo dependerá de la cantidad de muestras, pero deberá ser realizado en el menor tiempo posible de manera que no se pierda la relación temporal entre todas las muestras.

Antecedentes previos al muestreo.

Previo al desarrollo del muestreo de las variables químicas ya sea de agua o sedimentos, se deberán realizar las siguientes actividades:

- a. Elaboración de las listas de chequeo de equipo y material de muestreo.
- b. Verificación de la limpieza de todos los envases para las muestras, conforme a los procedimientos de conservación y analíticos.
- c. Verificación de la existencia de productos químicos y materiales para limpieza. Elaboración de una lista de verificación en la que deberán figurar los siguientes conceptos: suministros de envases para las muestras, hieleras; mapas, descripciones de estaciones, etiquetas para los recipientes, y formularios para reportar información de las estaciones; manuales, herramientas, piezas de repuesto; equipo de seguridad.

- d. Contar con un plano o carta para la ubicación de los sitios de muestreo, coordenadas de los puntos a muestrear además de protocolos y planillas de terreno.
- e. Se debe de contar permisos exigidos, cartas de presentación a autoridades civiles, militares y organismos gubernamentales, que en algún momento debieran controlar y/o pudieran apoyar el trabajo de campo.
- f. Transporte de las muestras y destino: En este punto se señalara de qué forma serán transportadas (camioneta, mensajería, etc.) las muestras y el destino de las mismas (laboratorio(s) regional(es) o central).

Métodos de muestro de agua de mar.

Los muestreos de agua de mar (o aguas continentales) requiere de baldes de polipropileno, para las muestras superficiales, muestreadores Niskin, con diferentes capacidades de acuerdo al volumen de muestra que se requiera (1,7 a 10 L) para muestreos estratificado. Las botellas Niskin tipo Go-Flow se usan para muestres estratificados de metales. Cuando se requiere volúmenes de muestra mayores se recomienda el muestreo de agua mediante bombas sumergibles.

Para determinaciones de analitos que se encuentran disueltos en concentraciones trazas es posible usar muestreadores pasivos.

Debe realizarse protocolos de muestreo que consideren:

- a. Planillas de muestreo: fecha, hora, condiciones atmosféricas, condiciones del mar, tipo y número de muestreadores usados, profundidad, transparencia del agua, temperatura superficial.
- b. Rotulación de muestras: Nro botella, analitos, profundidad,
- c. Protocolo de guardado, conservación y traslado de muestras hasta el laboratorio de análisis.

- d. Protocolo de entrada de las muestras al Laboratorio. Certificados de análisis e informe de datos.
- e. Todos los protocolos y panillas deben ir con el nombre de los técnicos que realizaron el muestreo.

Métodos de muestro sedimentos marinos.

Los muestreos de los sedimentos debería hacerse mediante un Box Corer (30x20x20 cm) y/o un saca testigo de gravedad de tres réplicas y con un liner de al menos 32' cm de diámetro de polipropileno. Los sedimentos así obtenidos permiten realizar muestras estratificadas a diferentes profundidades del sedimento, que entrega información adicional para la línea base de una zona o para los programas de vigilancia ambiental.

Debe realizarse protocolos de muestreo que consideren:

- a. Planillas de muestreo: fecha, hora, tipo, color y olor del sedimento. Número de muestras, profundidad y temperatura superficial del sedimento.
- b. Rotulación de muestras: Nro. envase, Nro. estación, procedimientos preanálisis, (secado o liofilizado de a muestra) analitos a determinar, profundidad de la muestra,
- c. Protocolo de guardado, conservación y traslado de muestras hasta el laboratorio de análisis.
- d. Protocolo de ingreso de las muestras al Laboratorio. Certificados de análisis e informe de datos.

Todos los protocolos y panillas deben ir con el nombre de los técnicos que realizaron el muestreo.

Métodos de muestreo químico de organismos (Bioacumulación).

La bioacumulación consiste en la capacidad de los organismos de acumular selectivamente contaminantes en sus tejidos respecto de las concentraciones existentes en el medio en que habitan. Para determinar la concentración de los contaminantes relacionados al proyecto a ser evaluado, se requiere recolectar organismos de la zona de influencia del proyecto mediante rastras, buceo autónomo, trampas o cualquier otro método que no contamine la muestra. Dependiendo del porte de los organismos a analizar estos pueden incluir el fraccionamiento de ellos para su análisis. Los organismos pequeños es común separar las partes duras (caparazones o conchas) y partes blandas (tejidos). Cuando los organismos son de pequeño tamaño es posible hacer un “compositae” de muestra. En organismos de tamaños mayores es posible separar los órganos para análisis parciales (estrategia de muestreo). De ser posible se deben recolectar organismos de diversas tallas, edades y sexos debido a las posibles diferencias en bioacumulación dependiendo de las características biológicas de los individuos a evaluar. Se recomienda también utilizar organismos filtradores como bivalvos cuando esto sea posible (mitilidos por ejemplo).

Una vez obtenidas las muestras a analizar estas se lavan con agua destilada, se secan con papel absorbente y se procede a liofilizar los tejidos. Los tejidos secos, liofilizados y molidos quedan listos para los procedimientos analíticos respectivos, entre los que se cuentan espectrofotometría de adsorción atómica u ICP de masa.

Parámetros químicos a ser medidos

Los parámetros químicos a ser medidos dependerán de las características del proyecto y de las sustancias químicas usadas en sus procesos. De todas maneras, como parámetros basales deberían ser medidos los siguientes:

Metales disueltos y totales

Cobre, cadmio, mercurio, plomo, zinc, hierro

Parámetros inorgánicos

Sólidos suspendidos, sólidos sedimentables, cloro libre residual

Parámetros orgánicos

Hidrocarburos totales, hidrocarburos volátiles, Hidrocarburos fijos.

Además de oxígeno disuelto, potencial redox, temperatura, pH y salinidad

Métodos de laboratorio para el análisis químico.

Seleccionar o recomendar métodos individuales para ser usados, previendo los cuidados de muestreo, transporte, conservación y riesgos analíticos, es un tema que está por sobre este proyecto. No obstante, existen instituciones que han desarrollado manuales de métodos analíticos con propósitos de ser utilizados en el medio ambiente y análisis de residuos. Es el caso del *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*, preparado y publicado por: American Public Health Association, American Water Works Association & Water Pollution Control Federation. Este manual de métodos se inicia en 1905 y ya se han reeditado 20 ediciones. Actualmente *Standard Methods* está en línea con la edición número 22 del 21 de Enero de 2014, con correcciones y precisiones metodológicas. Este manual de métodos se recomienda como una guía sólida para la aplicación en estos estudios. De todas maneras los laboratorios deberían ser reconocidos y acreditados por el INN bajo la norma ISO 17.025, al menos para aguas crudas y en lo posible matriz específico para cada uno de los analitos a ser evaluados.

- **Control de calidad y trazabilidad**

Las muestras químicas requieren un control de calidad adecuado para garantizar que los valores obtenidos son representativos de la realidad del ambiente, debido a que son muestras que son muy fáciles de contaminar. Por lo tanto, se requieren

importantes controles de calidad, tanto en la toma de muestras en terreno y su transporte, como en el laboratorio.

Control de calidad en la toma, transporte y almacenamiento de las muestras.

El proceso de control y vigilancia del muestreo, preservación y análisis (*chain-of-custody procedure*) es esencial para asegurar la integridad de las muestras desde su recolección hasta el reporte de los resultados; incluye monitorear las condiciones de toma de muestra, preservación, codificación, transporte y su posterior análisis. Este proceso es básico e importante para demostrar el control y confiabilidad de la muestra, no sólo cuando hay un litigio involucrado, sino también para el control de rutina de las muestras. Se considera que una muestra está bajo la custodia de una persona si está bajo su posesión física individual, a su vista, y en un sitio seguro. Los siguientes procedimientos resumen los principales aspectos del control y vigilancia de las muestras.

Etiquetas. Para prevenir confusiones en la identificación de las muestras, se debe verificar el etiquetado de cada botella y que este haya sido realizado antes de o en el momento del muestreo, mediante el uso de papel engomado o etiquetas adhesivas en las que se anote, con tinta a prueba de agua, por lo menos la siguiente información: número de muestra, nombre del recolector, fecha, hora y lugar de recolección, y preservación realizada.

Sellos. Para evitar o detectar adulteraciones de las muestras, es conveniente que los recipientes sean sellados con papel autoadhesivo, en los que se incluya por lo menos la siguiente información: número de muestra (idéntico al número en la etiqueta), nombre del recolector, fecha y hora de muestreo; también son útiles los sellos de plástico.

Libro de campo. Debe existir un documento maestro donde este registrada toda la información pertinente a observaciones de campo o del muestreo, en el que se incluya como mínimo lo siguiente: propósito del muestreo; localización de la

estación de muestreo, tipo de muestra y método de preservación si es aplicable. Describir también la posible composición de la muestra y las concentraciones; número y volumen de muestra tomados; descripción del punto y método de muestreo; fecha y hora de recolección; número(s) de identificación del (los) recolector(es) de la muestra; distribución y método de transporte de la muestra; referencias tales como mapas o fotografías del sitio de muestreo; observaciones y mediciones de campo; y firmas del personal responsable de las observaciones. Debido a que las situaciones de muestreo varían ampliamente, es esencial registrar la información suficiente de tal manera que se pueda reconstruir el evento del muestreo sin tener que confiar en la memoria de los encargados. Guardar el libro en un sitio seguro.

Registro del control y vigilancia de la muestra. Se debe llenar un formato de control y vigilancia de cada una de las muestras o grupo de muestras, las cuales deben estar acompañadas siempre de este formato; en él se incluye la siguiente información: número(s) de la(s) muestra(s); firma del recolector responsable; fecha, hora y sitio de muestreo; tipo de muestra; firmas del personal participante en el proceso de control, vigilancia y posesión de las muestras y las fechas correspondientes.

Transporte de muestras al laboratorio. Las muestras se deben entregar en el laboratorio lo más pronto que sea posible después del muestreo; si el tiempo de almacenamiento y preservación es menor, debe planificarse el procedimiento para asegurar su entrega oportuna en el laboratorio respetando los holding times de cada uno de los parámetros a medir. En caso de que las muestras sean enviadas por correo a través de una empresa responsable, se debe incluir el formato de la compañía transportadora dentro de la documentación del control y vigilancia de la muestra. La solicitud de análisis debe estar acompañada por el registro completo del proceso de control y vigilancia de la muestra. Entregar la muestra a la oficina de recepción en el laboratorio; el recepcionista a su vez debe firmar el formato de vigilancia y control, incluyendo la fecha y hora de entrega.

Recepción y registro de la muestra. En el laboratorio, el recepcionista debe inspeccionar la condición y el sello de la muestra, comparar la información de la etiqueta y el sello con el registro o formato del proceso de control y vigilancia, le asigna un número o código para su entrada al laboratorio, la registra en el libro del laboratorio, y la guarda en el cuarto o cabina de almacenamiento hasta que sea asignada a un analista.

Asignación de la muestra para análisis. El coordinador del laboratorio asigna la muestra para su análisis. Una vez la muestra está en el laboratorio, el auditor y los analistas son responsables de su cuidado y vigilancia.

Control de calidad en el laboratorio

La información ambiental tanto para realizar una Línea base, reconocer químicamente una matriz ambiental, realizar una evaluación del impacto ambiental o realizar un Programa de vigilancia, requiere de una información confiable. Para ello no solo se requiere un laboratorio acreditado (se acredita la gestión y procedimientos de análisis mas no los resultados), por lo que debe verificarse las calibraciones de los equipos pero a la vez establecer el error de las mediciones mediante la revisión de los resultados del control de calidad aplicado por el laboratorio en el proceso de análisis de las muestras. A continuación se muestran los controles de calidad aplicados comúnmente en laboratorios comerciales y que son un estándar básico para asegurar la competencia de los ensayos ante los institutos de acreditación ISO 17.025.

- **Blanco analítico:** el blanco de método corresponde a un ensayo que se realiza con una matriz limpia, la cual se somete al mismo proceso analítico de las muestras. Se utiliza para evaluar la potencial contaminación que exista en la aplicación del método.
- **Adición estándar o "Spike":** La adición una solución estándar secundario, que agrega una cantidad conocida de analito(s) a la muestra antes de ser sometido

al proceso analítico. Entrega información sobre los efectos de matriz en los resultados analíticos.

- **Réplicas:** corresponde al proceso de obtener muestras paralelas y someterlas a un tren de análisis y metodologías en paralelo, esto permite tener una referencia de la precisión y variabilidad de la matriz analizada. Pueden ser duplicadas o triplicadas.
- **Pseudoréplicas:** corresponde al proceso de obtener una muestra, dividirlas en dos o tres muestras y someterlas a un tren de análisis y las metodologías en paralelo, esto permite tener una referencia de la precisión del método de ensayo.
- **Estándar de Control:** Corresponde a una solución patrón primario, que es utilizado para verificar que los estándares de calibración fueron adecuadamente preparados. Este estándar proviene de un lote de fabricación distinto al estándar de la curva de calibración.
- **Material de Referencia Certificado (MRC):** corresponde a una solución o material con certificación analítica de sus concentraciones de diferentes analitos de interés y que tienen disponibilidad comercial. El MRC elegido debe considerar la matriz de análisis, cercanía al rango de concentraciones a analizar y verificación de su tiempo de vencimiento. El MRC debe ser analizado con las mismas técnicas y metodologías que se aplicaran a las muestras. Los resultados deberán contrastarse con los valores certificados y a partir de allí, determinar el error metodológico (incerteza) de los análisis realizados.

4.2.2.3.3.- Variables biológicas.

4.2.2.3.3.1.-Fitoplancton

- **Marco conceptual**

La composición, abundancia y biomasa del fitoplancton son fuertemente influenciadas por cambios en las condiciones medioambientales, siendo uno de los más importantes la composición química y los parámetros físicos del medio en el que viven. Dado su corto ciclo de vida, sensibilidad y rápida capacidad de respuesta a estos cambios, el fitoplancton puede ser utilizado como un indicador biológico eficaz para determinar alteraciones en el medio ambiente marino. Entre estos, el incremento de la temperatura generado por el funcionamiento de plantas termoeléctricas y la utilización de cloro como agente anti-fouling en los sistemas de refrigeración o succión de agua, han sido identificados como factores que afectan negativamente el crecimiento, reproducción y metabolismo del fitoplancton, así como también alteran la composición, dominancia y los patrones de sucesión de la comunidad.

Para evaluar los posibles efectos de alteraciones en el medio ambiente, se deberán realizar análisis de la composición y abundancia del fitoplancton durante el estudio de línea base y posteriormente en las etapas de construcción y operación de las plantas termoeléctricas y plantas desalinizadoras. Estos estudios, permitirán describir preliminarmente y/o detectar cambios en la composición, abundancia temporal, distribución espacial y la presencia de floraciones del fitoplancton e identificar especies fitoplanctónicas que puedan ser utilizadas como indicadores biológicos.

- **Metodología y análisis**

Para cada una de las estaciones definidas de acuerdo a la metodología determinada, se deberá establecer la frecuencia de muestreo durante el estudio de línea base, donde se sugiere un estudio de alta frecuencia para identificar las especies características de la zona de estudio y establecer (si es posible) alguna especie como indicador biológico. Para proyectos ubicados en bahías abiertas con altas tasas de renovación de agua la frecuencia de muestreo deberá ser quincenal. En tanto, para proyectos ubicados en zonas de canales y fiordos con bajas tasas de renovación de agua la frecuencia de muestreo debe ser mensual.

Durante el periodo de construcción y operación, los muestreos deberán ser realizados considerando la variabilidad estacional (estaciones del año).

Respecto de la duración de la ejecución de los muestreos, este dependerá de la cantidad de muestras a tomar y de las características propias del proyecto, sin embargo, las muestras deberán ser tomadas en el menor tiempo, en lo posible en un solo día.

Tamaño muestral: en cada estación se debe tomar una muestra de red para el análisis cualitativo y una muestra por cada estrato (0-5, 5-10, 10-15 y 15-20 m) o profundidad (5, 10, 15 y 20 m).

Instrumentos y toma de muestras

Red de fitoplancton: el cuerpo filtrante debe tener forma cónica y será confeccionado con malla de 20 μm de apertura de malla. Estará unido a la boca (confeccionada en acero inoxidable) por su parte más ancha y al colector (copo) por su parte más angosta. Además, deberá considerar un peso muerto (1 a 2 kg) que permita su descenso vertical. Las medidas de la red, deberán mantener una relación de aspecto de 1:2 ó 1:3 entre el diámetro de la boca y la longitud del cono.

Botella oceanográfica: se recomienda utilización de botella Niskin con un volumen que no supere los 30 litros.

Manguera segmentada (tipo Lindhal): consiste en una manguera de 20 m divisible en cuatro segmentos de 5 m cada uno. El diámetro de la manguera debe ser de 1 pulgada, mientras que las conexiones y llaves de paso deberán ser de PVC. En uno de sus extremos deberá tener un peso (plomo) de 2 kg, cuidando que la ubicación de este no interfiera con la toma de la muestra.

Muestras cualitativas: para determinar la composición de la comunidad fitoplanctónica, se deberá obtener muestras para análisis cualitativo utilizando una red de fitoplancton. Las muestras deberán ser tomadas realizando tres arrastres verticales desde la profundidad de la capa fótica (estimada a partir de la profundidad

de visión del disco de Secchi) hacia la superficie, con la precaución de evitar tocar el fondo con la red para no resuspender sedimentos. Una vez recuperada la red, se desmontará o abrirá el colector y se vertirá el contenido en el recipiente para posteriormente fijar con formaldehído con una concentración final del 4%. Al final cada estación, la red deberá ser lavada con el propósito de no contaminar las muestras siguientes, para lo cual se deberá disponer de un recipiente a bordo de la embarcación con agua dulce.

Muestras cuantitativas: para determinar la abundancia y distribución vertical de la comunidad fitoplanctónica, se deberá obtener muestras para análisis cuantitativo mediante la utilización de botellas oceanográficas o mangueras segmentadas.

Fijadores y recipientes

Formaldehído: se utiliza para evitar el deterioro de las muestras obtenidas con red de fitoplancton. La concentración final de formaldehído en la muestra debe ser al 4%.

Solución de lugol ácido: Se utiliza para evitar el deterioro de las muestras obtenidas con botella o manguera. Para su preparación se utilizan 200 mL de agua destilada, 20 g de yoduro de potasio (KI), 10 g de yodo (I₂) y 20 mL de ácido acético glacial. Se recomienda una concentración entre 0,2 a 0,5 mL por cada 100 mL de muestra.

Recipientes: se recomienda utilizar recipientes de plástico (125 a 200 mL) con tapa rosca y contratapa. Cada recipiente, deberá ser etiquetado indicando nombre de la estación, tipo de muestra y fecha de muestreo.

Contenedor: se recomienda disponer de contenedor (5 L) que permita contener temporalmente y homogenizar las muestras de agua obtenidas con botella oceanográfica o manguera segmentada.

Equipos

Microscopio: el análisis de la muestra deberá ser realizado utilizando un microscopio con contraste de fase para todos los grupos fitoplanctónicos. Se deberá utilizar un

microscopio con sistema de epifluorescencia para el estudio e identificación de dinoflagelados tóxicos mediante tinción con calcofluor. Se sugiere disponer de cámara fotográfica para micrografiar las especies dominantes, así como también aquellas tóxicas y nocivas.

Análisis de la muestra

Análisis cualitativo: previo al análisis, las muestras deben sedimentar por un tiempo mínimo de 3 horas. Se analizará 3 réplicas de la muestra de 0,1 mL (aproximados) utilizando portaobjetos (76 x 21 x 1 mm) y cubreobjetos (22 x 22 mm). El resultado de los análisis corresponderá al promedio de las células de cada replica. Adicionalmente, para clasificar la presencia de las especies se sugiere la utilización de un índice de abundancia relativa.

Análisis cuantitativo: los análisis deberán ser realizados siguiendo el método descrito por Utermöhl (1958), utilizando cubetas de sedimentación. El mínimo volumen a utilizar será de 10 mL, y podrá aumentar a 25 mL dependiendo de la abundancia de la muestra. En cada análisis, se contabilizará la cantidad de células sedimentadas en el fondo de la cámara expresando los resultados en células L⁻¹. En el caso del nanoplacton (2 – 20 µm) se recomienda el conteo mediante observación con una magnificación entre 100 a 400X, mientras que para el microplancton (> 20 µm) se recomienda un magnificación 100X.

Análisis de datos

Con el propósito de determinar los atributos de la comunidad fitoplanctónica se deberá estimar los índices de diversidad. Para esto se determinará la abundancia relativa, riqueza específica, biomasa, diversidad específica (Shannon-Wiener), índice de uniformidad de Pielou y el índice de dominancia de Simpson. Adicionalmente, para determinar los patrones de zonación de la comunidad fitoplanctónica se deberá realizar un análisis de agrupamiento, mediante un análisis de clúster utilizando el índice de similitud de Bray-Curtis.

- **Control de calidad y trazabilidad**

Cadenas de custodia: la recepción de muestras por los laboratorios debe ser acompañada por su respectiva cadena de custodia. En esta, se debe registrar lugar de muestreo, nombre de proyecto, identificación del muestreador, identificación de la muestra, fecha y hora de muestreo.

Material audiovisual: se sugiere disponer de biblioteca de micrografías de las especies dominantes, así como también aquellas tóxicas y nocivas.

Controles de calidad y calibraciones: se debe considerar la realización de controles de calidad periódicos que incluyan auditorías internas, revisión de protocolos internos, no conformidades, etc. Además, se requiere mantener calibrado el equipamiento utilizado para la identificación de la muestra (microscopio, software de procesamiento de imágenes) y su cuantificación (cámaras de sedimentación).

4.2.2.3.3.2.- Perifiton

- **Marco conceptual**

Las microalgas bentónicas (perifiton o fitobentos) son organismos importantes para la productividad primaria, siendo además base de la alimentación y estructuradores de hábitat para otros organismos bentónicos. Considerando que los ensambles del perifiton están constituidos por diversas especies de microalgas y se encuentran adheridos a sustrato, estas comunidades son susceptibles a sufrir alteraciones en su composición y biomasa producto de alteraciones en el medio ambiente marino. Por este motivo y considerando su corto ciclo de vida, sensibilidad y rápida capacidad de respuesta a estos cambios, el perifiton puede ser utilizado como un indicador biológico eficaz para determinar alteraciones producidas por diferentes factores físicos y químicos generadas por la actividad antropogénica. Para evaluar los posibles efectos de la contaminación, se deberán realizar análisis de la composición y abundancia del fitoplancton durante el estudio de línea base y posteriormente en las etapas de construcción y operación de las plantas desaladoras y centrales termoeléctricas. Estos estudios, permitirán describir preliminarmente y/o detectar

cambios en la composición, distribución espacial, abundancia (como materia orgánica) e identificar especies que puedan ser utilizadas como indicadores biológicos.

Tamaño muestral: en cada estación se deberá instalar un bastidor con cuatro placas de las cuales una servirá para análisis cualitativo y las tres restantes para determinación de biomasa.

- **Metodología y análisis**

Instrumentos y toma de muestras

Sustrato artificial: placas para la fijación del perifiton fabricadas en Plexiglass® o acrílico. Se recomiendan placas con medidas de 10 x 10 cm equivalentes a 100 cm².

Perifitonmetro o bastidor para fijación de placas: estructura construida en PVC con el propósito de sostener las placas de sustrato artificial en el cual se fijará el perifiton. Cada bastidor, deberá ser etiquetado indicando nombre de la estación, profundidad y fecha de muestreo.

Toma de muestras: Para la toma de muestras cualitativas y cuantitativas, se deberá instalar los bastidores con los sustratos artificiales en cada una de las estaciones seleccionadas para el estudio. La instalación de los bastidores se deberá realizar mediante buceo autónomo asegurando que el bastidor quede bien anclado al sustrato. Se recomienda instalar al menos cuatro placas por estación con un tiempo de fijación o colonización de las placas entre 2 a 4 semanas. Las placas deberán ser recuperadas cuidadosamente para evitar el desprendimiento del perifiton por el contacto con otra superficie. Una vez en la embarcación, cada placa deberá ser desmontada de los bastidores y almacenada individualmente en bolsas con cierre hermético previamente rotuladas con la información de la muestra. En cada bolsa se adicionará 100 mL de agua de mar filtrada (0,45 µm) y 0,5 mL de una solución de lugol ácido.

Muestras cualitativas: para determinar la composición de la comunidad del perifiton, una de las placas deberá ser raspada en su totalidad utilizando un cepillo o espátula hasta remover todo el material orgánico adherido a ellas. El lavado preliminar de las placas deberá ser realizado con el agua en la cual viene la muestra. De manera adicional, se podrá utilizar un volumen de 100 mL para asegurar la remoción completa del perifiton. Finalmente, la muestra deberá ser almacenada en recipientes de 250 mL de capacidad hasta su análisis.

Muestras cuantitativas: para determinar la biomasa del perifiton se deberá remover la totalidad de la materia orgánica adherida a las placas. Para esto, cada placa (por separado) deberá ser raspada en su totalidad utilizando un cepillo o espátula realizando un lavado preliminar con el agua en la cual viene la muestra. De manera adicional, se podrá utilizar un volumen de 100 mL para asegurar la remoción completa del perifiton. Finalmente, la muestra deberá ser almacenada en recipientes de 250 mL de capacidad hasta su análisis.

Fijadores y recipientes

Solución de lugol ácido: Se utiliza para evitar el deterioro de las muestras. Para su preparación se utilizan 200 mL de agua destilada, 20 g de yoduro de potasio (KI), 10 g de yodo (I₂) y 20 mL de ácido acético glacial. Se recomienda una concentración entre 0,2 a 0,5 mL por cada 100 mL de muestra.

Recipientes: se recomienda utilizar recipientes de plástico (250 a 300 mL) con tapa rosca y contratapa. Cada recipiente, deberá ser etiquetado indicando nombre de la estación, tipo de muestra y fecha de muestreo.

Microscopio: el análisis de la muestra deberá ser realizado utilizando un microscopio con contraste de fase. Se deberá utilizar un microscopio con sistema de epifluorescencia para el estudio e identificación de dinoflagelados tóxicos mediante tinción con calcofluor. Se sugiere disponer de cámara fotográfica para micrografiar las especies dominantes.

Análisis de la muestra

Análisis cualitativo: previo al análisis, las muestras deberán sedimentar por un tiempo mínimo de 3 horas. Se analizará 3 réplicas de la muestra de 0,1 mL (aproximados) utilizando portaobjetos (76 x 21 x 1 mm) y cubreobjetos (22 x 22 mm). El resultado de los análisis corresponderá al promedio de las células de cada replica. Adicionalmente, para clasificar la presencia de las especies se sugiere la utilización de un índice de abundancia relativa.

Determinación de biomasa (método materia orgánica): el volumen total de cada muestra deberá ser filtrado utilizando filtros de fibra de vidrio GF/C (1,2 μ m). Cada filtro deberá ser rotulado con el código de la muestra y pesado utilizando balanza analítica (precisión: 0,1 mg). Posteriormente, los filtros deberán ser secados en estufa (45° C) durante 24 – 48 horas hasta obtener una lectura de peso estable. Finalmente, los filtros deberán ser incinerados en mufla (500° C) durante 8 horas hasta obtener una lectura de peso estable. La determinación de la biomasa corresponderá a

Biomasa (g): Peso filtro seco - Peso filtro incinerado.

- **Control de calidad y trazabilidad**

Cadenas de custodia: la recepción de muestras por los laboratorios deberá ser acompañada por su respectiva cadena de custodia. En esta, se deberá registrar lugar de muestreo, nombre de proyecto, identificación del muestreador, identificación de la muestra, fecha y hora de muestreo.

Material audiovisual: se sugiere disponer de literatura científica y biblioteca de micrografías de las especies dominantes, así como también aquellas tóxicas y nocivas.

Controles de calidad y calibraciones: se deberá considerar la realización de controles de calidad periódicos que incluyan auditorías internas, revisión de protocolos internos, no conformidades, etc. Se requiere mantener calibrado el equipamiento utilizado para la identificación de la muestra (microscopio, software de procesamiento de imágenes) y su cuantificación (cámaras de sedimentación). Además,

se requiere mantener calibrada balanza analítica con patrones certificados (categoría R11 u M1) y un correcto funcionamiento de estufa y mufla.

4.2.2.3.3.3.- Zooplancton

- **Marco conceptual**

Normalmente, todos los organismos succionados en el flujo de agua de mar usado para enfriar una planta generadora termoeléctrica o para alimentar una planta desalinizadora, se suponen perdidos (Ehrler et al, 2002). Dichos organismos son parte del plancton, en el que básicamente se pueden distinguir aquellos organismos cuyas poblaciones adultas son planctónicas, el Holoplancton, de aquellos organismos cuya fase adulta no es planctónica, el Meroplancton. Esa distinción es relevante, puesto que el enorme tamaño poblacional adulto de especies holoplanctónicas hace suponer que el impacto de la succión sobre ellas es despreciable. No obstante, el tamaño de las poblaciones adultas cuyas larvas forman el meroplancton puede ser lo suficientemente pequeño como para sospechar la existencia de impactos significativos. Lo anterior pone de manifiesto un aspecto esencial en la estimación de los impactos de la succión, a saber, que estos dependen no tanto del número absoluto de larvas meroplanctónicas perdidas como de la relación de ese número con el tamaño de la población adulta a la cual debían aportar nuevos individuos. De ahí que toda evaluación de impacto debe estar basada en información respecto de dicha relación.

- **Metodología y análisis**

El diseño muestral para el zooplancton debiera considerar al menos muestreos durante la época invernal y estival, tanto durante la construcción del proyecto como durante la operación de este, realizado al menos un muestreo en cada una de estas estaciones. Las muestras en lo posible deberán ser tomadas lo más cercanas en el tiempo en cada estación, en lo posible dentro del mismo día de monitoreo.

Evaluación de comunidades zooplanctónicas

Instrumentos y toma de muestras

Las muestras se deberán obtener mediante Red Nansen o red WP2. La red a utilizar, deberá tener una apertura de boca mínima de 50 cm de diámetro, mientras que la luz de malla a utilizar dependerá de las especies presentes en el sector de estudio y del objetivo del estudio. Sin embargo, el estándar determinado por la UNESCO corresponde a una luz de malla de 200 μm .

Para determinar la cantidad de agua que pasa por la red y así determinar la abundancia del zooplancton, la red deberá contar con un flujómetro.

Las muestras deberán ser obtenidas mediante arrastres verticales u oblicuos de la red, dependiendo de la profundidad de las estaciones de monitoreo. Para evitar la evasión de las larvas en el momento de muestreo, la velocidad de la embarcación no deberá superar los 3 nudos, girando en sentido contrario al puesto de operación de la red, arrastrando ésta a una velocidad constante de 50 m/min.

Fijadores y recipientes

La fijación de las muestras mediante formaldehído (generalmente al 5%) permite detener la actividad biológica e incrementa la resistencia mecánica de los tejidos. Otros preservantes como el alcohol o la sal reducen o detienen la actividad biológica sin fijar químicamente los tejidos. Por lo tanto, el tipo y cantidad de preservante a usar dependerá del objetivo del estudio y de las especies presentes, pero deberá asegurar que las muestras sean claramente identificables una vez en el laboratorio. Las muestras de zooplancton deberán ser transportadas en recipientes adecuados, con tapas adecuadas que eviten la pérdida de muestra.

Equipos de análisis en laboratorio

Las muestras de zooplancton deberán ser analizadas mediante su observación bajo una lupa estereoscópica o microscopio.

Análisis de la muestra

Las muestras deberán ser analizadas bajo lupa o microscopio y en lo posible analizadas en su totalidad sin la realización de sub muestras. En caso de altas abundancias de zooplancton sean altas o el objetivo del estudio sea analizar algún grupo en específico se podrá sub muestrear la muestras dejando constancia de esto.

Análisis de datos

Para determinar las características de las comunidades zooplanctónicas, se deben estimar los índices de diversidad. Para esto se determinará la abundancia relativa, riqueza específica, biomasa, diversidad específica (Shannon-Wiener), índice de uniformidad de Pielou y el índice de dominancia de Simpson. Adicionalmente, para determinar los patrones de zonación de la comunidad zooplanctónica se debe realizar un análisis de agrupamiento, mediante un análisis de clúster utilizando el índice de similitud de Bray-Curtis.

Evaluación de las especies efectivamente succionadas.

Durante la etapa de operación de los proyectos, junto a la evaluación de las comunidades zooplanctónicas presentes en las inmediaciones del proyecto, se deberán evaluar las especies que efectivamente están siendo succionadas por la planta, para lo cual se deben tomar muestras desde la sentina del proyecto.

Las muestras de zooplancton serán tomadas por medio de una red cilíndrica cónica, tipo Nansen, con una abertura de boca de 67 cm de diámetro y un calado de malla de 202 μm . Se realizarán dos arrastres verticales, cubriendo la columna de agua al interior de la sentina desde cerca del fondo hasta la superficie. Para hacer comparativas las distintas muestras entre sí, las pescas zooplanctónicas se estandarizarán a un volumen de agua de 100 m^3 . Las muestras obtenidas serán etiquetadas y fijadas con formalina tamponada al 10%. Posteriormente en el laboratorio se procederá al análisis de determinación taxonómica y de estructura comunitaria, con énfasis en las especies de interés comercial. Las muestras de zooplancton serán analizadas en su totalidad, no realizándose submuestras.

Las muestras de la columna de agua igualmente se realizarán con la misma red, y de la misma forma y tiempos explicitados para el muestreo al interior de la sentina. Además se obtendrán muestras parciales por profundidad de manera de determinar la distribución vertical de larvas.

Modelamiento del efecto de la succión sobre especies específicas

Dada la enorme cantidad de información demográfica y de historia de vida que es necesario reunir para poder hacer una estimación de impacto, esta debiera hacerse sobre la base de especies de reconocida importancia económica, ecológica o social, como el caso de una especie sometida a pesquería. Es probable que debido a su importancia, la cantidad de información disponible se acerque más a la requerida idealmente para realizar la estimación. La elección de la especie, en todo caso, debe estar debidamente fundada.

Se debe conocer la posición y extensión geográfica de las poblaciones adultas de la especie a evaluar. Aunque no es estrictamente necesaria tener una estimación actual de los tamaños poblacionales de cada una, es indispensable tener una idea del área adecuada para que las poblaciones se desarrollen (i.e. hábitat disponible para cada población). Es deseable antecedentes respecto a la calidad del hábitat disponible para cada población, la cual eventualmente puede usarse en una definición de capacidades de carga para cada una.

Las tasas de sobrevivencia adulta por estado o edad y la fecundidad por hembra deben ser estimadas por métodos ecológicos o pesqueros tradicionales y ser incorporadas en modelos dinámicos poblacionales para cada una de los hábitats potenciales. Aunque, en principio, no hay restricciones respecto del tipo de modelo poblacional a usar, es necesario que incorpore alguna forma de densidad-dependencia (Holbrook *et al.*, 2000) y que pueda incorporarse en un esquema metapoblacional como el descrito por Olivares (2005) o Figueira (2009).

La estimación de la conectividad entre poblaciones debe ser simulada mediante modelos de transporte lagrangeano. Estos modelos deben incorporar

información respecto de época del año en la cual se produce el desove, la tasa a la cual se libera huevos desde cada población, la profundidad a la que se desarrollan, la tasa de desarrollo y la conducta migratoria y/o natatoria, así como su dependencia respecto a variables como la temperatura, luz y salinidad. Ejemplos metodológicos se pueden encontrar en Olivares et al (2015), Garavelli *et al.* (2014), Parada *et al.* (2012). Debe evitarse el esquema de Euler para la integración numérica del modelo de transporte, se sugiere el tipo Runge-Kutta. El número de partículas virtuales a ser usada en cada evento de liberación, así como la estimación de la distribución de las larvas disponibles para el asentamiento, debe seguir la metodología sugerida en Simonds *et al.* (2013). Se debe justificar los supuestos en los que se basa el criterio que define cuándo y dónde una larva simulada queda disponible para el asentamiento dentro del modelo de transporte.

El campo de corrientes que fuerza el modelo lagrangeano debe ser simulado mediante un modelo hidrodinámico 3D, debidamente validado. Sin excluir otros modelos, se sugiere el modelo ROMS, dada la experiencia acumulada en el país con ese sistema. La configuración de las simulaciones debe ser coherente con la distribución geográfica de las poblaciones de la especie de interés y con la extensión del periodo de desarrollo larval. Especies de vida larval prolongada como el Loco, deben priorizar la incorporación de variabilidad de sus forzantes a escala estacional e interanual (Garavelli *et al.*, 2014). Especies de vida larval corta (menor a 10 días) deben priorizar la inclusión de variabilidad de forzantes asociadas a la situación sinóptica de la atmósfera (Olivares *et al.*, 2015); particularmente importante en la costa centro norte resulta aquella asociada a periodos de surgencia costera y relajación.

La evaluación del impacto debiera estar dada por la comparación de las simulaciones de la dinámica metapoblacional con y sin succión en operación. Para ello, se debe considerar la pérdida de larvas que atraviesan la grilla de integración del modelo de transporte en la que se ubica la toma del proyecto a evaluar. En ese lugar, se puede aplicar la metodología sugerida por Largier *et al.* (2007).

- **Control de calidad y trazabilidad**

Cadenas de custodia: la recepción de muestras por los laboratorios debe ser acompañada por su respectiva cadena de custodia. En esta, se debe registrar lugar de muestreo, nombre de proyecto, identificación del muestreador, identificación de la muestra, fecha y hora de muestreo.

4.2.2.3.3.4. Recursos pesqueros

- **Marco conceptual**

Los recursos pesqueros existentes en la zona de influencia de la planta desalinizadora o central termoeléctrica, pueden ser impactados tanto por la construcción del proyecto como por la operación posterior. Durante la construcción pueden ser destruidos aquellos recursos pesqueros de nula o baja movilidad que se encuentren tanto en la zona intermareal como submareal cercana, así como se puede alterar el hábitat necesario para su subsistencia. Durante la operación, también puede ser afectada la sobrevivencia de las especies ya sea por la succión de larvas y propagulos que afecten a las poblaciones de las especies comerciales reduciendo el reclutamiento de estas o por el vertimiento de aguas con características diferentes al agua de mar ya sea en temperatura o salinidad o con distintos productos químicos que podrías afectar a las comunidades presentes.

- **Metodología y análisis**

La evaluación de los recursos pesqueros puede ser abordada por diversas metodologías, las que dependen en gran parte de las características del recurso a evaluar. Entre las características que deben ser consideradas para la definición de la metodología adecuada, se encuentran la agregación del recurso, su movilidad, sector donde habita (arena, roca, submareal, intermareal, etc.), profundidad, así como la ubicación del proyecto. Debido a la gran diversidad de recursos pesqueros existentes en la zona costera, no se puede establecer a priori una metodología única que dé

cuenta de una correcta evaluación de las poblaciones de estos recursos. La metodología de evaluación por lo tanto debe ser propuesta por el consultor de acuerdo a las características de las poblaciones que observe en el sector del proyecto. Sin embargo, la metodología elegida debe dar cuenta de las siguientes especificaciones:

- Se debe determinar la densidad del recurso mediante su medición *in situ* en sectores de área conocida, como cuadratas, transectos o áreas delimitadas de alguna forma. La abundancia total debe ser referida estrictamente a su hábitat (el área efectiva que esta especie utiliza)
- El n muestral y el tamaño muestral deben ser definidos para la correcta determinación de la variabilidad del recurso y además para la correcta determinación de sus atributos poblacionales en toda la zona de influencia del proyecto.
- Se debe determinar si los recursos observados en la zona de influencia corresponden a bancos o no, para lo cual, se puede utilizar la metodología para la determinación de banco natural de recursos hidrobiológicos, establecida por la subsecretaría de pesca, mediante el indicador IPBAN
- Se debe realizar una caracterización de los bancos observados en cuanto a su biomasa, tallas medias y máximas, así como una estimación de sus parámetros poblacionales (mortalidad natural, crecimiento, etc.)

Como resultados de las evaluaciones directas se debe obtener la densidad y abundancia total del recurso, su distribución en la zona de influencia del proyecto, la estructura de tallas y biomasa observada y la determinación de si corresponde a un banco o no, de acuerdo a lo establecido en la resolución exenta 2353 de 2013 y de acuerdo al IPBAN allí establecido.

- **Control de calidad y trazabilidad**

Para garantizar la trazabilidad de los datos obtenidos en las evaluaciones de los recursos pesqueros, se deberá contar con copias o fotografías de las tablillas de acrílico u otro medio de escritura submarina en la que se anotó la data de densidad o cobertura de las especies observadas por el buzo, así como de las planillas de anotación de tallas, biomاسas etc. Idealmente, se deberá tener fotografía de algunas de las características más relevantes de las comunidades observadas.

4.2.2.3.3.5.- Comunidades submareales de fondo blando

- **Marco conceptual**

Las comunidades de fondos blandos, han sido ampliamente utilizadas en estudios de impacto ambiental, ya que muestran una respuesta rápida al estrés y por lo tanto pueden dar respuestas tempranas a eventos de contaminación. Para plantas termoeléctricas y plantas desalinizadoras, cambios en las características físicas o químicas de la columna de agua ya sea como un aumento en la temperatura o en la salinidad del medio pueden exceder los límites fisiológicos de las especies o cambiar otros parámetros como el oxígeno disuelto, todo lo cual puede afectar a las especies o comunidades que se encuentran en las cercanías del emisario submarino de descarga de la pluma salina o pluma térmica dependiendo del caso.

- **Metodología y análisis**

El diseño muestral para evaluar las comunidades de infauna, debiera considerar al menos muestreos durante la época invernal y estival, tanto durante la construcción del proyecto como durante la operación de este, realizado al menos un muestreo en cada una de estas estaciones. Las muestras en lo posible deberán ser tomadas lo más cercanas en el tiempo en cada estación, en lo posible dentro del mismo día de monitoreo.

Instrumentos y toma de muestras

Las muestras deben ser tomadas con draga con mordida de 0,1 m² de superficie. La draga debe ser operada desde una embarcación con huinche y será establecido como muestra válida cuando la mordida de un dragado llene a lo menos el 75% de la draga. En la práctica, un buen dragado permite ver en el sedimento retenido en el recipiente de la draga, la superficie del fondo marino “tal cual” se apreciaría en la profundidad de donde proviene el dragado.

Recipientes y fijación

Cada muestra será depositada íntegramente en una doble bolsa de polietileno, fijada en formalina al 5% y etiquetada, donde se debe incluir la fecha, localidad y código de la estación. La muestra no debe ser lavada ni pre-lavada en la embarcación y en ningún otro lugar mientras se permanezca en el terreno. El lavado de la muestra y extracción de la macrofauna, sólo debe ser realizado en un laboratorio.

Equipos de análisis en laboratorio

En el laboratorio, las muestras serán lavadas con agua extrayendo toda la fauna retenida en un tamiz de 1 milímetro de abertura de malla. En caso de quedar sedimento retenido en el tamiz, este sedimento remanente deberá ser revisado convenientemente para extraer toda la fauna que aún permanezca en él.

Una vez extraídos los animales, deberán ser determinados al nivel taxonómico más bajo posible, deseable a nivel de especie. Cuando 2 ó más especies no determinadas sean asignadas a un mismo taxón superior, éstas serán nombradas por esa asignación más la extensión sp.1, sp.2 , etc. En toda ocasión, cuando un taxón no haya sido identificado a nivel de especie, este deberá ser particularmente guardado y rotulado con la asignación entregada, de manera tal de poder ser revisado y referenciado en los futuros monitoreos, dándole así, siempre la misma asignación. Será responsabilidad de la Empresa Contratante asegurar que la Empresa Consultora mantenga la *colección de referencia*, y de ser cambiada la Empresa Consultora por otra empresa para los siguientes monitoreos, la Empresa Consultora saliente deberá

entregar la *colección de referencia* con el objeto de seguir el mismo criterio de asignación. Este procedimiento permitirá, en lo sucesivo, que dicho taxón pueda ser determinado a un nivel taxonómico menor hasta llegar a especie sin alterar la interpretación que se tiene de la situación ambiental producto de la actividad productiva.

Los *taxa* de cada muestra serán contados, pesados con una sensibilidad de 0,001 gr (peso húmedo luego de 5 minutos de drenado) y preservados en alcohol al 70%. Las muestras deberán ser guardadas por un período no menor a 5 años, debiendo mantener una *colección guía* con especímenes representativos de cada uno de los *taxa* determinados a nivel de especie. De ser pertinente, la *colección guía* permitirá a la Empresa Consultora, o a la empresa que continúe con el monitoreo, hacer las correcciones necesarias en presencia de una determinación incorrecta de una ó más especies. Será responsabilidad de la Empresa Contratante asegurar que la Empresa Consultora mantenga la *colección guía* y, de ser cambiada por otra Empresa Consultora, se haga entrega de dicha colección con el objeto de continuar con los mismos criterios.

Todo cambio en la determinación de un taxón que provenga de la revisión de la *colección de referencia* y/o de la *colección guía*, será entendido como una mejora en la capacidad de establecer de manera cada vez más precisa los eventuales impactos negativos de la actividad productiva. Esto deberá ser informado a la Autoridad competente mediante un *addendum* a informes de monitoreos precedentes y explicitado en un anexo en el informe de monitoreo donde se establece el cambio. Será responsabilidad de la Empresa Contratante mantener el adecuado registro de los cambios de asignación de especies/taxón y que este cambio le sea informado oportunamente a la Autoridad competente por la actual Empresa Consultora. La Autoridad competente podrá realizar auditorías a la Empresa Contratante por la determinación de especies en presencia de cambios detectados en la composición de la macrofauna.

Análisis de datos

Con los datos de abundancia y biomasa se obtendrá una matriz de *taxa* x muestras. En un primer análisis del monitoreo, deberá ser entregado en una Tabla el listado general de *taxa* ordenados por Phylum, Clase y Orden, además de Total Macrofauna, con los siguientes descriptores:

Abundancia promedio total: (abundancia total del taxón)/(número total de réplicas),

Biomasa promedio total: (biomasa total del taxón)/(número total de réplicas),

Abundancia relativa: proporción de la abundancia de una especie respecto a la abundancia de todas las especies en la muestra, expresada como porcentaje.

Frecuencia de ocurrencia: proporción del número de estaciones donde una especie está presente sobre el total de estaciones, expresado en porcentaje.

Riqueza (S): número total de especies por estación.

Diversidad (H'): Índice de diversidad de Shannon & Weaver por estación, calculado con logaritmo natural:

Uniformidad de Pielou (J'), o Evenness (Pielou, 1966):

Seguidamente, para la macrofauna agrupada por Phylum y Total Macrofauna, y con los datos de las cuatro réplicas por estación de muestreo, se obtendrá la abundancia promedio, la biomasa promedio y riqueza promedio (\pm desviación estándar), lo que deberá ser entregada en Figuras. El análisis de cada Figura deberá estar acompañado con el resultado de un ANOVA (análisis de la varianza de 1 factor), paramétrico o no-paramétrico según comportamiento de las varianzas. Como prueba a posteriori se deberá utilizar la prueba de Tukey.

La caracterización de las comunidades de fondos blandos será realizada con los *taxa* dominantes de cada estación, siendo éstos aquellos *taxa* que en orden decreciente de sus abundancias y biomásas logran el 80% ó más del total de la abundancia y/o total de la biomasa de la respectiva estación. La caracterización

incluye un análisis de clasificación jerárquica de la co-ocurrencia de los taxa dominante a través de las estaciones, utilizando para dicho propósito el índice de disimilitud de Bray–Curtis en base a las abundancias, previa transformación de los datos (por ej., raíz cuarta). La técnica de agrupamiento a utilizar es la UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*). El análisis es acompañado por una Figura donde se muestre el aporte porcentual de cada uno de los referidos *taxa* dominantes dentro de cada estación. Finalmente, el grado de similitud de los agregados macroinfaunicos por estación será también evaluado con un análisis de clasificación jerárquica considerando las abundancias de todos los taxa dominantes dentro de cada estación (con el índice de disimilitud de Bray–Curtis, transformación de los datos y técnica de agrupamiento UPGMA).

La visualización y el establecimiento de los eventuales cambios temporales en la estructura comunitaria (y que puedan indicar impactos negativos o positivos significativos de una actividad productiva), se hará en base a un análisis de ordenación no-paramétrico nMDS (*non Metric MultiDimensional Scaling*), teniendo como insumo una matriz *taxa* x muestras-por-estación/tiempo de las abundancias, utilizando el índice de disimilitud de Bray & Curtis. La significancia estadística de los cambios en el tiempo a observar será establecida mediante ANOSIM (Warwik & Clarke) o mediante el nPMA (*non-Parametric Multivariate Analysis*) (Anderson, 2001). Dado que un cambio temporal significativo en la estructura comunitaria no necesariamente indicará un impacto negativo (o positivo) de una actividad productiva, la relevancia ambiental de este cambio (y efecto real de la actividad productiva) debe ser evaluada considerando la identidad de las especies, los descriptores de abundancia, biomasa y riqueza de especies (incluyendo H' y J'), donde la aproximación AMBI debe ser un referente adicional en esta evaluación.

- **Control de calidad y trazabilidad**

Para garantizar la trazabilidad de las muestras de infauna, se deberá confeccionar las respectivas cadenas de custodia, las que deberán contener al menos el lugar de muestreo, el nombre de las estaciones y réplicas, la fecha de muestreo y el

nombre del personal que tomo la muestra. Esta cadena de custodia deberá ser firmada tanto por el personal que tomo la muestra como el personal que recepcionó la muestra en el laboratorio.

4.2.2.3.3.6.- Comunidades submareales de fondo duro

- **Marco conceptual**

Las comunidades marinas de fondos duros pueden ser afectadas por los impactos ambientales producidos por las actividades de las plantas desalinizadoras o termoeléctricas durante la fase de construcción o cierre debido a un efecto directo de la construcción de las estructuras que destruyen los hábitats o las especies que allí se puedan encontrar. Durante la operación el vertimiento de agua con distintas características químicas o físicas también puede afectar las comunidades de fondos duros cercanas a los emisarios. La succión de larvas y propágulos de las especies que componen las comunidades de fondos duros podrían tener un efecto sobre el reclutamiento de estas especies con un consiguiente efecto poblacional.

- **Metodología y análisis**

Para caracterizar la biota de fondos duros submareales colindantes a una termoeléctrica o planta desalinizadora, se deben trazar y ubicar transectos perpendiculares a la costa, desde los 3 m hasta los 20 m de profundidad o hasta se extiendan los fondos duros si la profundidad es menor. Al menos uno de los transectos debe quedar ubicado en el sector donde se ubicará el emisario submarino y otro donde se ubicará la succión de agua de mar. Todos los transectos deben ser distribuidos de manera equidistante uno del otro en el área costera colindante al proyecto, frente a los terrenos de la empresa siguiendo la metodología descrita en el acápite diseño muestral de este capítulo.

En cada transecto, cada 5 m de profundidad, dos buzos hooka deben evaluar la cobertura y abundancia de invertebrados bentónicos de fondos duros lanzando al azar cuadrantes de 0,25 m². En cada cuadrante se debe evaluar la cobertura de organismos

sésiles (invertebrados y macroalgas) utilizando una trama de cien puntos de intersección, y la abundancia de invertebrados móviles con conteos in situ. La cobertura de organismos debe ser expresada como frecuencia porcentual por 0,25 m² y la densidad de invertebrados como número de individuos por 0,25 m². La identificación taxonómica de cada especie fue realizada a la menor resolución posible (Ej. Familia, Género o especie), de acuerdo a la literatura disponible (ver Lancelloti & Vásquez 2000).

El extremo profundo de cada transecto debe ser georeferenciado en coordenadas UTM y UG usando un GPS portátil comercial. Las coordenadas geográficas deben ser registradas en superficie, ubicando el bote sobre la posición de inmersión de los buzos. Además, los buzos deben anotar la profundidad. Llevar un registro fotográfico de actividades en terreno.

Los monitoreos de las comunidades de fondos duros deben ser realizadas al menos en invierno y verano tanto durante la construcción como la operación del proyecto, realizando una campaña de monitoreo en cada una de las estaciones, procurando que la duración de esta sea lo más acotada en el tiempo.

- **Control de calidad y trazabilidad**

Para garantizar la trazabilidad de los datos obtenidos en las evaluaciones de comunidades submarinas de fondos duros, se deberá contar con copias o fotografías de las tablillas de acrílico u otro medio de escritura submarina en la que se anotó la data de densidad y cobertura de las especies observadas por el buzo. Idealmente, se deberá tener fotografía de algunas de las características más relevantes de las comunidades observadas.

4.2.2.3.3.7.- Comunidades intermareales de roca

- **Marco conceptual**

Las comunidades marinas que habitan el intermareal rocoso pueden ser afectadas por la construcción y operación de las centrales termoeléctricas y las plantas desalinizadoras debido a la destrucción del hábitat durante la construcción o podrían verse afectadas por un cambio en las condiciones fisicoquímicas del agua de mar durante la operación. Tanto la pluma térmica como la pluma salina pueden aproximarse a la orilla generando cambios en las condiciones habituales a las que están expuestas las comunidades intermareales. De igual forma la destrucción de larvas y propágulos de las especies intermareales cuando son succionadas pueden tener efectos sobre el reclutamiento y por lo tanto sobre las poblaciones y comunidades intermareales.

- **Metodología y análisis**

Para evaluar la biota marina de playas de roca se trazan transectos perpendiculares a la costa, considerando el ancho de la distribución de los ensambles intermareales. Los transectos deben ser distribuidos, de manera equidistante, a lo largo de la franja intermareal dentro del área costera colindante al proyecto, y a los terrenos de la empresa. Un transecto intermareal (T1) debe ser ubicado dentro del área proyectada como Concesión Marítima de Porción de Playa, donde se instalará el central o desaladora. Debido a la heterogeneidad del litoral rocoso, y con el fin de describir de mejor manera los patrones de distribución y de diversidad de especies, en los sitios de muestreo se debe trazar un transecto sobre plataformas rocosas (entre 0 y 75° de inclinación) y otro sobre paredones (>75° de inclinación).

Para describir la composición y los patrones de distribución vertical de las especies en la franja intermareal, cada transecto debe ser subdividido en tres zonas en función del nivel de marea. En el área de estudio y de acuerdo a la clasificación de Santelices (1989) para comunidades de rocas: la zona intermareal alta (o intermareal alto) se ubica entre los 1,5 m y 2,5 m sobre el nivel medio del mar, la zona intermareal media (o intermareal medio) está entre los 0,5 m y 1,5 m sobre el nivel medio del mar, mientras que la zona intermareal baja (o intermareal bajo) está entre los 0,1 m y 0,5 m sobre el nivel medio del mar. En cada zona intermareal (alto, medio, bajo) del transecto, se deben lanzar cuadrantes de 0,25 m² (50 cm por 50 cm) al azar para evaluar *in situ* la cobertura de invertebrados sésiles y macroalgas (utilizando una trama de cien puntos de intersección), y la abundancia de invertebrados móviles.

La cobertura de especies sésiles debe ser expresada como porcentaje, mientras que la abundancia de organismos móviles debe ser expresada como número de individuos por especie en 0,25 m².

Cada transecto debe ser georeferenciado en coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator) y geográfica, anotando además el tipo de sustrato y el perfil de la playa. El transecto debe ser georeferenciado usando GPS portátil comercial, registrando las coordenadas del punto en el intermareal alto. Mantener un registro fotográfico de las actividades en terreno.

Los monitoreos de las comunidades intermareales de fondos duros deben ser realizadas al menos en invierno y verano tanto durante la construcción como la operación del proyecto, realizando una campaña de monitoreo en cada una de las estaciones, procurando que la duración de esta sea lo más acotada en el tiempo.

- **Control de calidad y trazabilidad**

Para garantizar la trazabilidad de los datos obtenidos en las evaluaciones de comunidades intermareales de fondos duros, se deberá contar con copias o fotografías de las tablillas de acrílico u otro medio de escritura submarina en la que se anotó la data de densidad y cobertura de las especies observadas. Idealmente, se deberá tener

fotografía de algunas de las características más relevantes de las comunidades observadas.

4.2.2.3.3.8.- Comunidades intermareales de arena

- **Marco conceptual**

Las comunidades marinas que habitan el intermareal de arena pueden estar expuestas a los mismos impactos ambientales descritos para las comunidades del intermareal de roca, es decir destrucción del hábitat durante la construcción de las centrales termoeléctricas o plantas desalinizadoras o efectos de un aumento de los contaminantes que pudiesen ingresar al sistema producto de la operación de estas.

- **Metodología y análisis**

Para evaluar la biodiversidad marina de playas de arena colindante a Proyectos de desaladoras o termoeléctricas se deberán trazar transectos perpendiculares a la costa que abarquen todo el ancho de la costa intermareal. Los transectos deben ser distribuidos, aproximadamente de manera equidistante entre sí, a lo largo de la franja intermareal dentro del área costera colindante al proyecto y a los terrenos de la empresa.

Con el fin de describir los patrones de zonación vertical de la biota que habita en la playa de arena, cada transecto debe ser subdividido en estaciones de muestreo equidistante entre sí. Cada estación de muestreo debe ser ubicada aproximadamente cada 5 m a lo largo del transecto, abarcando la extensión comprendida entre la berma de la playa y la zona de saturación. De acuerdo a la clasificación utilizada por McLachlan & Jaramillo (1995), las playas se dividen en cuatro zonas: (1) la zona de secado y más alta marea, que incluye la berma de la playa, y se ubica en el área de

estudio entre los 1,5 m y 2,5 m sobre el nivel medio del mar. (2) La zona de retención, ubicada en el centro de la playa entre los 0,5 y 1,5 m sobre el nivel medio del mar. (3) La zona de resurgencia ubicada dentro del límite determinado por las mareas bajas; y (4) la zona de saturación y batido de las olas que está entre el nivel 0 de mareas y los 0,5-1 m de profundidad.

En cada estación de muestreo del transecto, se enterraran cores de 0,01 m² para evaluar la abundancia de invertebrados. Los sedimentos retenidos en los cores debe ser tamizado a través de una malla de 1 mm de luz. La densidad de organismos móviles debe ser expresada como número de individuos por especie en 0,01 m² y la biomasa en gramos (g) en 0,01 m², respectivamente.

Cada transecto debe ser georeferenciado en coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator) y UG (Unidades Geográficas) usando un GPS postátiles, registrando las coordenadas del punto en la zona secado y más alta marea (berma de la playa) y en la zona de saturación y batido de las olas. Además, se debe determinar el perfil de la playa usando el método de Emery (1961) para estimar la pendiente.

Los monitoreos de las comunidades intermareales de arena deben ser realizadas al menos en invierno y verano tanto durante la construcción como la operación del proyecto, realizando una campaña de monitoreo en cada una de las estaciones, procurando que la duración de esta sea lo más acotada en el tiempo.

- **Control de calidad y trazabilidad**

Para garantizar la trazabilidad de las muestras de intermareal de arena, se deberá confeccionar las respectivas cadenas de custodia, las que deberán contener al menos el lugar de muestreo, el nombre de las estaciones y réplicas, la fecha de muestreo y el nombre del personal que tomo la muestra. Esta cadena de custodia

deberá ser firmada tanto por el personal que tomo la muestra como el personal que recepcionó la muestra en el laboratorio.

4.2.2.3.3.9.- Mamíferos marinos

- **Marco conceptual**

Respecto de los mamíferos marinos, la construcción y operación de plantas desalinizadoras o centrales termoeléctricas con lleva cinco grandes tipos de impactos: a) Destrucción física de hábitats claves por degradación, fragmentación o pérdida en el supramareal (sitios de reproducción, descanso o habitación), intermareal y submareal; b) Generación de ruidos y ondas expansivas por la construcción alteran el comportamiento de los mamíferos marinos, su distribución y abundancia, y en algunos casos podrían producir la muerte; c)Contaminación del agua y bioacumulación por un aumento en la concentración de metales y/o compuestos orgánicos persistentes en poblaciones del sector;

Estas actividades de impacto tienen varios efectos en la comunidad de mamíferos marinos:

- Cambios en variables ecológicas: riqueza, diversidad, distribución.
- Cambios de parámetros poblacionales que se expresan en cambios de abundancia y que pueden ser causados por desplazamiento de individuos, abandono de hábitats, pérdida de sitios de reproducción, descanso y habitación.
- Cambios fisiológicos y de comportamiento , lesiones y enfermedades cutáneas, malformaciones y muerte.

- **Metodología y análisis**

El conocimiento sobre la ecología, biología y estado de conservación de los mamíferos marinos está limitado por algunas condiciones de base en este grupo animal: son especies altamente móviles en general, con baja densidad y/o tamaños

poblacionales, longevos, elusivos al observador, y una mayoría de las especies se encuentran en categorías de conservación restrictivas.

Una línea lógica general de procedimiento considera tres fases inclusivas:

Revisión de la existencia de información publicada y gris en cuanto a riqueza y uso del área en el sector del proyecto. En general en Chile hay carencia o es insuficiente, y debe recurrirse a comparaciones con áreas cercanas o similares para acceder a una base mínima. Esta fase podría entregar información sobre especies probables en el sector y su estado de conservación general para el país y eventualmente a escala global para aquellas especies de distribución más amplia.

Realización de pre-muestreos que permitan definir en lo posible tamaños de muestra, límites de área de estudio, periodicidad o estacionalidad básica y especies focales en caso de carecer o disponer de información preliminar muy limitada.

Muestreos de monitoreo de línea base, debido a las particulares condiciones de base de este grupo animal que hacen insuficiente un estudio exclusivamente puntual y limitado en el tiempo. Esto implica muestreos que a nivel temporal abarquen estudios estacionales o al menos bianuales y que a nivel espacial comprendan estudios marinos, costeros y de borde litoral

El propósito es disponer de información relevante que permita predecir y hacer seguimiento a diferentes variables como: riqueza, distribución, abundancia relativa y absoluta, uso del área, demografía, comportamiento y movilidad, parámetros fisiológicos, bio acumulación, condición corporal, mortalidad. Se utilizan diferentes aproximaciones metodológicas, tales como:

- a) Censos visuales mediante track en tierra y en navegación, tanto aleatorios como predeterminados- Transectos lineales
- b) Observación focal individual o de grupos
- c) Fotoidentificación individual, bases de datos fotográficas

- d) Experimentos in situ
- e) Uso de transmisores satelitales instalados en individuos
- f) Uso de hidrófonos, sonoboyas
- g) Colecta de biopsias de piel y grasa
- h) Análisis de Isótopos estables, ADN, PCB, metales pesados en muestras de tejidos
- i) Colecta de cadáveres, restos óseos y/o necropsias in situ.

Respecto de la frecuencia, estacionalidad y duración de los muestreos, esta dependerá de las especies estudiadas, la época en que estas se encuentran presentes en el sector de estudio, la época reproductiva, etc. Por lo tanto para cada proyecto la época de observación de los mamíferos deberá ser establecida de acuerdo a las especies presentes y a los datos bibliográficos de dichas especies en ese sector.

- **Control de calidad y trazabilidad**

- a) Creación y mantención de un Archivo audiovisual de especies e individuos para referencia y control
- b) Creación y mantención de un Archivo de biopsias de referencia y control, con protocolo de cadena de custodia
- c) Análisis de diferentes aspectos realizados en laboratorios certificados

4.2.2.3.3.10.- Aves

- **Marco conceptual**

Este análisis considera aquellas especies de aves que utilizan, en algún periodo de su ciclo de vida los ambientes marino costeros. Los principales impactos son: a)

Pérdida o degradación de hábitats. Esto incluye la columna de agua; la zona intermareal y el área terrestre contigua; considerando los caminos de penetración. Asumiendo que se pierde capacidad de carga de estas especies y que aunque transitoriamente puedan emigrar a otros sitios; la pérdida y/o alteración puede ser eventualmente total y por un tiempo ecológicamente para siempre b) Efectos indirectos y transientes como ruidos; explosiones; luces; presencia humana, desechos; mascotas (perros, gatos), etc. Estos efectos degradan el o los hábitats y afectan la biología de las especies (reproducción; stress; cambios conductuales; restricciones energéticas; ciclos biológicos; etc.). c) Contaminación de la columna de agua; costa y áreas adyacentes por agentes químicos (bio-acumulación); pérdida de especies presas; degradación de hábitats; colonización de especies resistentes; etc. d) Construcción de estructuras y edificaciones: Las construcciones permiten el arribo o permanencia de predadores; como perchas para aves rapaces; por ejemplo. A su vez pueden permitir la reproducción de otras; como la nidificación de gaviotines; cormoranes, etc. Las luces de los puertos atraen a varias especies de aves; incluyendo terrestres; costeras y marino pelágicos. Esto provoca mortalidad, aumento de la depredación de ellas (por rapaces) y sus presas (bentos) y también cambios conductuales; por ej. cambios de sus rutas migratorias. e) Creación de nuevos hábitats: la urbanización; los caminos; las construcciones; etc; traen asociadas la introducción de especies que acompañan al Hombre; perros; gatos; ratas; moscas; etc. f) Impactos asociados: presencia humana; ruidos, desechos, mascotas; etc. Estas perturbaciones suelen ser bajo ponderadas y resueltas con “planes de manejo” que no se acatan; ni supervisan. No obstante impactan fuertemente a las especies de fauna silvestre que habita los ambientes de transición entre el continente; la costa y el mar.

- **Metodología y análisis**

Se considera que antes del trabajo de campo, se realizará una revisión bibliográfica tanto a nivel del sitio y de las especies que probablemente lo habitan.

El muestreo en el campo de la distribución y abundancia debe considerar al menos dos estaciones del año; una de reposo reproductivo y otra de actividad

reproductiva; lo cual generalmente coincide con el arribo de las especies migratorias del Hemisferio Norte (primavera – verano) y con su ausencia y eventualmente la llegada de especies que migran desde el sur hacia el centro o norte del país, durante los inviernos.

Debe tenerse en cuenta que para cada grupo de aves se requiere una metodología particular; por ejemplo el censaje de aves marinas en la superficie del mar adyacente; es metodológicamente muy diferente a las aves que utilizan el intermareal; en donde el estado de las mareas debe ser fuertemente considerado. Más aún para especies de aves que utilizan la vegetación adyacente. Los censos deberían ser replicados en al menos dos oportunidades; ya sea en días distintos; así como en horas distintas; considerando que las aves tienen ciclos circaanuales y también ciclos circadianos. En el caso de censos mediante tracks aleatorios o fijos, desde embarcaciones; debe considerarse la altura y el grado de visibilidad desde donde se realizan los censos, por lo tanto hasta que distancia deben ser considerados dentro del censo los individuos avistados; haciendo el correspondiente ajuste respecto a que existen diferencias en el grado de detectabilidad de ellas; ya sea por tamaño; color y/o conductas. Otro considerando es el estado del mar y de las condiciones del tiempo (luminosidad; lluvias, vientos, etc.).

Para la comparación de los resultados obtenidos; es menester estandarizar el esfuerzo realizado (por tiempo, por área; etc.). En el caso de los tracks, existen software que permiten un mejor análisis y manejo de los datos. Si los muestreos a comparar son bajos; probablemente no permitan el uso de herramientas estadísticas que permitan hacer afirmaciones; esto se podría subsanar aumentando el esfuerzo; pero lo anterior tendrá relación con el tipo de proyecto a analizar.

En consideración del efecto negativo o positivo que pueden tener en las poblaciones de aves los fenómenos macroregionales; como El Niño – Oscilación del sur deben también ser considerados en el análisis.

Para análisis comunitarios; se requerirá considerar las relaciones existentes entre los componentes, los niveles tróficos; que pueden ser asumidos desde la

información bibliográfica o bien con estudios focales; mediante isotopos estables, por ejemplo.

4.2.2.3.3.11. Ictiofauna

- **Marco conceptual**

Debido a que los peces presentan cierta movilidad que puede permitir un alejamiento de una fuente de contaminación, el principal efecto sobre las poblaciones de estos organismos tiene relación con la destrucción de su hábitat. Como efecto no letal, también se debe considerar la bioacumulación, especialmente en especies bentónicas o residentes con menor movilidad que permanecen en las cercanías del proyecto por un mayor tiempo.

- **Metodología y análisis**

Las poblaciones de peces deben ser evaluadas dependiendo de su movilidad mediante métodos directos (censos) o mediante métodos indirectos (pescas).

Censos visuales

Para aquellas poblaciones de peces bentónicos con baja movilidad y que permanecen habitando en las inmediaciones de la zona de influencia del proyecto, se deberán realizar censos directos. El muestreo de peces deberá realizarse en transectos de área conocida (por ejemplo, de longitud 100 m) y cada transecto, debe ser recorrido por un buzo biólogo el cual identificará y contará todas las especies que pueda observar. Se deben contar todos aquellos peces que se observen nadando en las cercanías del transecto (hasta donde la visibilidad permita la evaluación) o en dirección contraria al buzo, no contabilizando aquellas que se desplacen en la misma dirección de este de manera de minimizar los conteos dobles. De igual manera se pueden utilizar puntos de observación dentro del transecto con tiempos fijos de observación como metodología alternativa (ver Pere-Matus et al, 2007). Se registrará

además la visibilidad promedio para cada día de muestreo y las profundidades de inicio y finalización del transecto.

Muestreo de peces mediante pesca

Para aquellas poblaciones de peces pelágicas o con mayor movilidad y para las cuales se requiera conocer sus características poblacionales, se deberán desarrollar muestreos mediante artes de pesca. Para ello se pueden utilizar redes o espineles (horizontales o verticales).

Redes.

Para la utilización de redes como arte de pesca, se debe considerar las especies a capturar y además asegurar que la abertura de malla permita la captura de especies de distinto tamaño. Se recomienda usar dos redes de trasmallo con diferentes aperturas de malla, las cuales se deben instalar al menos durante 12 horas. Se debe considerar la biología de las especies a pescar para determinar la extensión de la red, su profundidad de instalación, fase lunar etc. La captura debe ser analizada en cuanto a captura por unidad de esfuerzo y determinar parámetros poblacionales como sexo, tamaño, edad u otro de importancia para el proyecto.

Espineles.

En estas experiencias se pueden utilizar espineles verticales, horizontales u ambos dependiendo de las especies a estudiar. Los espineles verticales reciben ese nombre en atención a que la línea madre queda en forma vertical sobre el fondo, mientras que en el caso de los espineles horizontales la línea madre queda calada en forma paralela al fondo marino. Para asegurar la captura de especies de distintos tamaños y organismos de distintas edades, se debe considerar entre otros factores, el tamaño de los anzuelos, tipo de carnada, tiempo de permanencia en el agua.

Proceso y registro de la información

Para cada lance se registrará la fecha, posición geográfica, profundidad de trabajo, aparejo de pesca empleados y características específicas de los mismos y carnada utilizada en los espineles. Además, se deberá llevar un control *in situ* del tamaño y peso total de los ejemplares capturados. Los rendimientos por sitio de pesca se deben calcular por especie, como el cociente entre el peso capturado y red o el número y tipo de anzuelos empleados según el arte de pesca. Los peces serán identificados taxonómicamente, medidos con un ictiómetro, registrando la longitud total en centímetro inferior y el peso total debe ser determinado en forma individual con ayuda de una balanza.

Para la correcta evaluación de las comunidades de peces, los muestreos deben ser realizados al menos dos veces al año en épocas opuestas (invierno.verano). La extensión en el tiempo debe ser lo más acotada en el tiempo en cada campaña para no incluir variabilidad temporal entre los sectores de estudio. Se deb contemplar además otras condiciones como fases lunares, dependiendo de las especies estudiadas y el objetivo del estudio en particular

- **Control de calidad y Trazabilidad**

Para garantizar la trazabilidad de los datos obtenidos en las evaluaciones de peces, se deberá contar con copias o fotografías de las tablillas de acrílico u otro medio de escritura utilizada en terreno en la que se anotó la data de densidad para las evaluaciones mediante censos. De igual forma se deberán conservar los registros de las mediciones de la ictiofauna capturada mediante las pescas. Idealmente, se deberá tener fotografía de algunas de las características más relevantes de los procedimientos muestrales utilizados.

4.2.3.- Guía de criterios y metodologías para proyectos emisarios submarinos

4.2.3.1.- Definición y antecedentes de emisarios submarinos

Los emisarios submarinos corresponden a aquellas instalaciones que conducen hasta el mar aguas servidas producto de uso domiciliario o industrial y aquellos que conducen aguas con productos de rechazo de complejos industriales, ya sean estos mineros u de otra índole. Las aguas conducidas al mar cambian las condiciones del medio receptor mediante la introducción de contaminantes químicos o biológicos o produciendo un cambio en las condiciones físicas de este, ya en temperatura, salinidad, turbiedad o pH.

Los emisarios submarinos de los que se da cuenta en esta guía se pueden separar en dos tipos:

Emisarios submarinos de aguas servidas: Son aquellos emisarios que conducen las aguas servidas domiciliarias manejadas por una empresa sanitaria y que pueden tener distintos procedimientos de tratamientos previos. Sus principales aportes al medio marino son sólidos suspendidos o disueltos, contaminantes biológicos y químicos.

Emisarios industriales: Son aquellos emisarios que conducen aguas con desechos industriales, ya sean estos mineros o de otra índole. Las aguas conducidas por estos emisarios ingresan al mar diversos contaminantes dependiendo del proceso de la industria pero principalmente de índole químico.

4.2.3.2.- Impactos potenciales de los emisarios submarinos por etapa de proyecto.

Etapa construcción.

La etapa de construcción corresponde a todos aquellos trabajos tendientes a la preparación del sector donde se instalará el emisario submarino, contemplando los puntos de anclaje en el sustrato, las obras intermareales y la instalación del emisario

propiamente tal. Contempla el impacto tanto de las actividades de construcción de las instalaciones, así como la utilización de los equipos y maquinaria necesarios para este fin. Durante esta etapa se podrían producir los siguientes impactos ambientales:

Cambios en las condiciones hidrodinámicas y de sedimentación debido a las estructuras construidas: La construcción de estructuras en el mar pueden constituirse en obstáculos que cambien las condiciones hidrodinámicas del sector y con esto las tasas de sedimentación en distintos puntos cercanos al proyecto, cambiando por lo tanto las condiciones ambientales del sector.

Destrucción o modificación de hábitats: La construcción e instalación de los pilotes u otras estructuras donde se instalará el emisario submarino, así como el despeje de la zona por donde este pasará, tanto en el intermareal como en el submareal destruyen el hábitat existente en el sector inmediatamente intervenido o lo modifican de manera significativa.

Destrucción de bancos de especies sésiles: Por las mismas actividades descritas en el punto anterior, se destruyen aquellos bancos de especies sésiles o con bajo movimiento que no tienen posibilidad de emigrar a otros sectores durante la etapa de construcción. Estas especies pueden tener importancia económica (recursos pesqueros) o ecológica (por ejemplo algas u otras especies estructuradoras de hábitats).

Efecto de la generación de ruidos y ondas expansivas sobre mamíferos marinos peces y aves: Los mamíferos marinos, especialmente aquellos que son residentes, pueden ser afectados durante la etapa de construcción, debido a la generación de ruidos intensos y vibraciones que podría generar cambios de conducta, inhibición de la reproducción producto de stress, abandono del lugar o incluso la muerte de individuos. De igual manera, el uso de explosivos puede también generar abandono del lugar o la muerte de los individuos. Además, la presencia humana por si sola afecta a la fauna ya que esta es acompañada de ruidos (voces; gritos; música; etc.) y de mascotas; el perro es el principal enemigo de la fauna de aves y mamíferos que utilizan los ambientes terrestres costeros.

Alteración de la calidad de la columna de agua y sedimento mediante resuspensión de este o ingreso de contaminantes externos: El movimiento de los sedimentos marinos, rocas etc. genera resuspensión de sedimentos, que pueden o no contener metales traza u otros contaminantes, los cuales pueden afectar las características de la columna de agua aumentando la turbidez o cambiando las características de esta. La etapa de construcción también puede generar incorporación de contaminantes externos tales como hidrocarburos u otros provenientes de las actividades de construcción. Estos cambios químicos pueden afectar tanto a las comunidades planctónicas como bentónicas del sector.

Etapas de operación.

La etapa de operación contempla la disposición de las aguas en el mar mediante el emisario submarino. Durante la etapa de operación se podrían producir los siguientes impactos ambientales:

Contaminación de agua y sedimentos marinos por sustancias vertidas al mar (coliformes, detergentes, etc.) El objetivo de los emisarios submarinos es la disposición de aguas de rechazo o contaminadas en el mar, previo los tratamientos solicitados por la legislación pertinente. No obstante lo anterior diversos tipos de contaminantes son ingresados al medio marino, tanto en las plantas termoeléctricas como en las plantas desalinizadoras pueden eventualmente tener algún efecto en el medio ambiente marino. La corrosión de ciertos componentes de las plantas desalinizadoras podrían también provocar la llegada de metales al medio ambiente marino. De esta forma, el efluente de las plantas desalinizadoras y termoeléctricas podrían cambiar las condiciones fisicoquímicas de la columna de agua.

Cambios de las condiciones físico químicas del agua (T°, salinidad, turbiedad, etc.) Las características de la columna de agua cerca del efluente pueden cambiar por el ingreso de agua dulce, la cual posee características de temperatura y pH diferentes a la del medio receptor.

Enriquecimiento orgánico de sedimentos: El aporte de materia orgánica de los emisarios se puede acumular en los sedimentos cercanos generando un enriquecimiento orgánico de los sedimentos con el consecuente efecto en las comunidades presentes en el sector.

Efectos de la contaminación de agua y sedimentos marinos en las especies hidrobiológicas: La introducción de contaminantes ya sean químicos o biológicos puede tener efectos en las comunidades y poblaciones del sector, generando efectos letales, subletales o crónicos.

Etapas de cierre.

La etapa de cierre corresponde a todas las actividades que se requieren para poner término a las operaciones los emisarios submarinos, puedan afectar el ambiente. Los posibles impactos ambientales que pueden ocurrir durante esta etapa, son similares a los que se reportan para la etapa de construcción.

En la Tabla 14 se presenta, para las diferentes fases de los proyectos portuarios, una matriz general de actividades e impactos potenciales, por tipo de componente ambiental.

Tabla 14 Matriz de actividades e impactos potenciales de los proyectos de emisarios submarinos, por componente ambiental, de acuerdo a las distintas fases de proyecto.

Proyecto		Actividades	Impacto	Matriz / Componente Ambiental Impactado													Total			
Tipo	Fase			F	Q	Agua		Sedimentos		Biota										
						F	Q	FP	ZP	IS	II	ESfd	Elfd	P	A	R		M		
Emisarios submarinos	Construcción	Movimiento de tierra en borde costero/dragado	Alteración de la calidad de la columna de agua y los sedimentos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	14	
		Tronaduras intermareales	Efectos generación de ruidos y ondas expansivas en mamíferos y aves													X	X		X	3
			Destrucción o modificación de hábitats									X		X	X	X				5
			Destrucción de bancos de especies sésiles								X		X	X	X					5
		Tronaduras submareales	Efectos generación de ruidos y ondas expansivas en mamíferos y aves											X	X				X	3
			Destrucción o modificación de hábitats							X		X		X					X	4
			Destrucción de bancos de especies sésiles							X		X		X					X	4
		Hincado de pilotes cde anclaje emisario	Efectos generación de ruidos y ondas expansivas en mamíferos y aves											X	X				X	3
		Construcción o instalación de ductosdel emisarioemisario	Destrucción o modificación de hábitats							X		X								2
			Destrucción de bancos de especies sésiles							X		X								2
	operación	Descarga de agua a diferente salinidad/temperatura con químicos, materia orgánica, coliformes	Alteración de la calidad de la columna de agua y los sedimentos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	12

Cierre / Abandono		Destrucción de bancos de especies hidrobiológicas							X	X	X	X	X	X	X	X			12	
		Movimiento de tierra en borde costero															X		X	2
		Desmontaje de estructuras	Alteración de la calidad de la columna de agua y los sedimentos	X	X	X	X													4
			Destrucción o modificación de hábitats								X	X	X	X			X	X		6
			Destrucción de bancos de especies sésiles									X	X	X	X					4

F: físico; Q: químico; FP: fitoplancton; ZP: zooplancton; IS: Infauna submareal; II: Infauna intermareal; ESfd: Epibiota submareal fondos duros; EIfd: Epibiota intermareal fondos duros; P: Peces; A: aves; R: Reptiles; M: mamíferos.

4.2.3.3.- Protocolos de evaluación de componentes ambientales.

Los protocolos de evaluación del impacto ambiental de las actividades previamente descritas, deben de dar cuenta de la variabilidad ambiental intrínseca de cada una de los parámetros o matrices a ser estudiados y ser capaz de diferenciar los efectos provocados por los emisarios submarinos de aquellos cambios que se producen de manera natural en el ambiente o de aquellos provocados por otras actividades antrópicas que se desarrollen en el borde costero cercano al proyecto como son la pesca artesanal, acuicultura u otras actividades industriales o en lo posible evaluar la probable sinergia con dichas actividades. De igual manera, el dimensionamiento de un impacto en los sistemas acuáticos debe tener en cuenta como elementos principales las características del lugar (sistemas cerrados; semi cerrados o sistemas abiertos; profundos o someros; características ecológicas y/o usos compartidos), la dinámica física y química del sistema y su condición de conservación actual. El dimensionamiento debe poder guardar las proporciones del impacto con las características de unidad geográfica local (bahía, costa expuesta, un fiordo, una ensenada pequeña, etc.).

A continuación se desarrolla una propuesta de diseño muestral para ser aplicado a todas las matrices ambientales estudiadas que requieren la toma de muestras ya sea para la evaluación química o biológica. Se exceptúan aquellas matrices que por sus características deben ser evaluadas por metodologías diferentes como son los mamíferos marinos o la oceanografía física.

Zona de influencia

De acuerdo al Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental “El área de influencia del proyecto o actividad se definirá y justificará, para cada elemento afectado del medio ambiente, tomando en consideración los impactos ambientales potenciales relevantes sobre ellos” .La determinación de la zona de influencia del proyecto, deberá considerar entonces al menos la siguiente información que deberá ser analizada y cuyo análisis deberá quedar explícito en la definición de la zona de influencia presentada en el estudio o declaración de impacto ambiental:

- Presencia de otras actividades antrópicas (áreas de manejo de recursos pesqueros, áreas de acuicultura, actividades industriales)
- Áreas de pesca
- Presencia de reservas o parques marinos
- Sustancias vertidas al mar por el emisario y su comportamiento en este.
- Información de literatura respecto de características de la zona donde se instalará el emisario para la componente física (corrientes, vientos, batimetría, etc.)
- Información de literatura respecto de características de la zona donde se instalará el emisario para la componente química.
- Información de literatura respecto de características de la zona donde se instalará el emisario para la componente biológica (Plancton, comunidades submareales e intermareales, mamíferos marinos, aves, etc.)
- Modelaciones de dilución de las sustancias vertidas

La información recolectada deberá ser considerada para establecer la mayor área posible de impacto, considerando las posibles sinergias existentes. Se debe incluir en una carta un polígono que dé cuenta del área de influencia del proyecto.

Diseño muestral estudios de impacto ambiental y planes de vigilancia ambiental

Un diseño muestral adecuado debería poder caracterizar de buena manera la zona de influencia del proyecto, para poder determinar dónde y en que magnitud se producen los impactos. En general, los diseños muestrales tanto de las líneas de base como de los planes de vigilancia ambiental posteriores se basan en una serie de estaciones o puntos de muestreo distribuidos de manera aleatoria en la zona de influencia del proyecto o de manera equidistante alejándose del punto de impacto, incluyéndose uno o dos puntos de control alejados del proyecto y no influenciados por este. Sin embargo, no existe una metodología estandarizada que establezca cuantas estaciones de muestreo son necesarias ni cómo se deben distribuir estas, así como tampoco existe una referencia a las consecuencias que tiene la observación de cambios ambientales en alguna de estas estaciones. De esta manera, el diseño muestral debe comenzar en el “punto cero” del Impacto, lugar donde se encuentra la fuente de emisión, y terminar en un “punto L”, distancia que define un Área de Impacto. El “punto L” será el límite último de dicho impacto potencial, posterior al cual no se espera efecto alguno bajo ninguna circunstancia debido al proyecto en cuestión. Este “punto L” debiera ser convenido entre lo expresado por la actividad productiva, lo considerado por la Autoridad competente y por los intereses de la comunidad, entendiendo en esta última a otras empresas productivas, organizaciones sociales, organizaciones culturales, Estado, etc.

La actividad productiva no debiera impactar negativamente el “punto cero” (entendiendo impacto negativo desde una disminución significativa de la diversidad biológica hasta la desaparición local de ella o cambios significativos en las características fisicoquímicas del sector), sin embargo, cualquier impacto negativo en

dicho punto será una primera luz de alerta (una luz amarilla) de eventos potencialmente riesgosos para el ambiente y deberá ser explicado a la Autoridad competente por la actividad productiva. Habrá un promedio de 3 estaciones para el “punto cero”, el que corresponde a la salida del emisario submarino, distribuidos según propuesta de la actividad productiva pero a discreción de la Autoridad.

Desde el “punto cero” al “punto L” habrá un número determinado de estaciones en función de la distancia de ambos. Este número adicional de estaciones puede ser definido por la fórmula $1+3,22*\log(n)$ (regla de Sturges), siendo n la distancia del “punto cero” al “punto L” en metros dividido por 10 (en números de decámetros). Por ejemplo, si la distancia entre ambos puntos es de 1.000 metros, n será igual a $1.000:10 = 100$ decámetros. Entonces, $1+3,22*\log(100) = 7,44$ que al aproximarlo al entero correspondiente resulta en 7 estaciones (si fuesen 100 metros corresponderían a 4 [4,22] estaciones; si fuesen 10.000 metros habrían 11 [10,66] estaciones; etc.). Estas estaciones serán distribuidas equidistante entre el “punto cero” (o entre el “punto cero” más proximal al “punto L”, si existe más de uno) y el “punto L”.

En una línea de costa, el potencial impacto negativo de la actividad productiva podría darse en ambos sentido de la costa, como también en profundidad. Paralelo a la costa, la uni o bidireccionalidad de un potencial impacto negativo lo dará la oceanografía y/o topografía del sector. Dada la naturaleza de los elementos que son depositados al mar por los emisarios submarinos y la eventual dispersión de su impacto negativo, las estaciones estarán distribuidas en un veril de profundidad determinado por la profundidad del “punto cero” (o de la profundidad promedio de los “puntos cero” cuando exista más de uno). Finalmente, la bidireccionalidad de un potencial impacto negativo implicaría dos “puntos L” por lo que la estimación de las estaciones adicionales deberá considerar la distancia entre estos dos “puntos L” y deberán estar distribuidas proporcionalmente (y equidistante) entre el “punto cero” (o “puntos ceros” proximales a los “puntos L”) y los respectivos “puntos L”. En el caso de estimar un número impar de estaciones adicionales y en presencia de un potencial impacto bidireccional, el número de estaciones adicionales será llevado al número par

inmediatamente superior (por ejemplo, de 3 a 4, de 5 a 6, etc.). El número adicional de estaciones no incluye el (los) “punto(s) cero(s)” y tampoco el (los) “punto(s) L”.

Cuando se evidencie un impacto negativo en la estación adicional más proximal al “punto cero” corresponderá una segunda luz amarilla, luego una tercera luz amarilla y, así, sucesivamente hasta alcanzar el “punto L”, lo que encenderá la luz roja originando el cese de la actividad. Sin embargo, antes de llegar a ese último punto, al encenderse cada luz amarilla gatillará medidas de mitigación específicas que serán fiscalizadas por la Autoridad.

Si bien el número de estaciones será dependiente de la extensión de área de impacto, el número de réplicas por estación es fijo. Tradicionalmente, el número mínimo de réplicas (y el aceptado por todos a nivel nacional) es 3, sin embargo, no hay una fórmula única basada en datos empíricos que unifique criterios. Es claro que mientras mayor es el número de réplicas, mejor es la representación de la comunidad de interés o del parámetro de interés; pero también aumenta la representación de la variabilidad del sistema y aumenta el registro de la biodiversidad a niveles tales que complejiza el umbral entre lo que consideramos un sistema sano de uno no-sano. Esta información necesaria para nuestro conocimiento y entendimiento de la biodiversidad, va más allá de los alcances de un programa de vigilancia ambiental enfocado en cautelar la salud del sistema mediante la detección precoz y poniendo límites a intrusiones dañinas. Estudios disponibles que usan un mayor número de réplicas por estación muestran números que van desde los 5 a 9 réplicas por estación, entregando información valiosa sobre lo primero pero no necesariamente evidenciando una mejora en la detección precoz de los eventuales impactos negativos de una actividad productiva. Hasta no contar con información específica para este tópico, pero entendiendo que una mínima mejora permitirá mejorar la argumentación de cambios precoces, el número de réplicas por estación será subido a 4 (cuatro).

4.2.3.3.1.- Variables físicas

- **Marco conceptual**

De acuerdo al diseño del emisario submarino, en cuanto a su extensión y a las estructuras que lo sustentan, a medida que se vayan instalando las tuberías se irán produciendo variaciones en la hidrodinámica, así como en el transporte de sedimentos. Los impactos que se pueden producir van desde algunas variaciones en las corrientes hasta el transporte de sedimentos entorno a las estructuras instaladas. La resuspensión de sedimentos además trae riesgos de liberación de contaminantes desde los sedimentos a la columna de agua. Por esta razón se hace necesario estudiar las condiciones hidrodinámicas del sector del proyecto, en especial las corrientes existentes y la capacidad de dilución y dispersión del agua de mar.

Durante la operación los cambios estarán asociados a los gradientes de densidad o a los cambios de temperatura cerca del emisario y a los efectos sobre el transporte de sedimento en torno a las tuberías. Para evaluar los posibles impactos asociados a la operación y su extensión, se debe modelar las plumas de descarga.

- **Diseño muestreal**

De acuerdo con el diseño del proyecto y considerando los distintos cambios que generará el proyecto tanto en el medio marino, se deberá definir la metodología a utilizar en la línea base marina, evaluación de impactos y en los programas de vigilancia ambiental.

En las líneas base ambiental se debe hacer como mínimo lo indicado por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada en su Instrucciones Oceanográficas N°1 (SHOA PUB. 3201), teniendo en cuenta los procesos dominantes, por ejemplo, en la zona de los canales la marea es el principal forzante, mientras que al norte del Canal Chacao el forzante dominante es el viento. Por lo tanto, durante la planificación de los estudios a realizar es necesario analizar que forzantes actúan más

sobre las corrientes, y como la batimetría y la forma de la costa modifican las corrientes del sector.

En la evaluación de los impactos es importante evaluar mediante modelación numérica como son las corrientes sin el proyecto y que cambios producirá el proyecto, así como es la dinámica de la temperatura y la salinidad y cómo evolucionará la pluma de la descarga en función de los excesos de temperatura y salinidad. Si la zona de estudio es expuesta al oleaje debe incluirse la interacción del oleaje reinante en las principales épocas de marejada (invierno y verano), de forme de evaluar como las corrientes y el oleaje afecta el transporte de sedimentos y los gradientes térmicos de existir y salinos, en especial en torno a la pluma descargada.

En los programas de vigilancia debe incluirse un conjunto de estaciones con CTD que permita describir las variaciones espacio-temporales que se produzcan durante la operación del proyecto. También es importante realizar mediciones con ADCP remolcado para evaluar tanto los cambios de las corrientes en el tiempo, así como la caracterización de la pluma generada por la descarga.

Las mediciones de las variables físicas deben realizarse a lo menos en las estaciones de verano y de invierno durante la línea de base de manera de establecer las condiciones oceanográficas previas a la intervención del proyecto. Etas mediciones deben desarrollarse como mínimo durante 30 días para corrientes eulerianas, vientos y mareas y mediciones durante marea llenante y vaciante en sicigia y cuadratura para corrientes lagrangianas deriva litoral y dispersión.

- **Metodología y análisis**

Estudio de corrientes Eulerianas o fijas

Como parte de la línea de base del proyecto, se deberá caracterizar el comportamiento de las corrientes costeras en al menos un punto representativo del proyecto, así como su variación en dirección y magnitud en la columna de agua. Para este efecto y acorde con los requerimientos de la autoridad marítima, se deberá

ejecutar un estudio de correntimetría de tipo Euleriana. El objetivo básico de esta actividad es caracterizar el comportamiento temporal de las corrientes costeras en el área de proyecto, así como su variación en dirección y magnitud a través de la columna de agua, de tal modo de poder caracterizar adecuadamente la dinámica costera del área de interés.

El estudio de correntimetría euleriana se realizará por un período de 30 días para lo cual se deberá instalar un perfilador acústico doppler del tipo ADCP, que permita medir corrientes y mareas. La programación del instrumento deberá considerar la medición de la corriente en capas de agua entre 0,5 y 1 m de espesor, cubriendo la mayor parte de la columna, se debe tener en cuenta el tipo de fondeo y el espesor de la capa de blanking, así como las perturbaciones en la capa superficial, con intervalo de registro de 10 minutos.

El análisis de los registros eulerianos de acuerdo con las Instrucciones Oceanográficas N1 (SHOA PUB 3201) deberá incluir un análisis espectral, correlación con viento y marea, efecto de la brisa marina y de la marea, direcciones y probabilidades de ocurrencia, persistencia e intensidades de los flujos y sus estadísticas básicas. Asimismo, se deberán determinar los valores modales y máximos, la fluctuación diurna y semi diurna de la corriente y los diagramas de vector progresivo.

Es importante que en la discusión y conclusiones sobre las variaciones temporales las corrientes se interpreten como estas influyen sobre la dispersión y transporte de contaminantes en la zona de estudio de forma de poder inferir los posibles efectos sobre las comunidades marinas.

Estudio de corrientes en modo arrastrado

Las mediciones temporales de las corrientes deben ser complementadas con mediciones de corrientes en la columna mediante el arrastre de un ADCP en una grilla que permita describir las corrientes en la zona en que se desarrollara el proyecto, de forma de caracterizar las variaciones espaciales de las corrientes en el espacio durante un ciclo de al menos doce horas para obtener las corrientes residuales con el

propósito de determinar los patrones netos que influyen en la dispersión de contaminantes como de sedimentos. Estas observaciones deben repetirse en sicigia y cuadratura, así como en verano e invierno.

Este estudio debe ser realizado por un período mínimo de 24 horas, de forma de obtener los flujos netos considerando tanto la acción diaria de la marea como del viento sobre la columna de agua de mar.

Estudio de Vientos

Las mediciones de vientos se deberán desarrollar en el mismo período de ejecución de los estudios de corrientes, para lo cual se instalará y operará una estación meteorológica automática durante 30 días. La estación de medición deberá ser programada al menos para registrar la rapidez, dirección media del viento, y la presión atmosférica en intervalos de 10 minutos.

El análisis de los registros deberá incluir: la estadística básica, histogramas de frecuencia en dirección y magnitud, rosa de vientos, y espectros que permitan comprender la circulación atmosférica sobre el mar en sus ciclos diurnos y sinópticos.

Estudio de Marea

Se deberá analizar los registros de marea medidos por un mareógrafo, o en su defecto por el registro de la presión hidrostática del perfilador ADCP que se instalará en el sector, previa corrección por la presión atmosférica registrada con la misma frecuencia de muestreo en forma sincronizada con el ADCP mediante una estación meteorológica o un sensor de presión. La información de las mareas del sector de estudio deberá comprender al menos los siguientes análisis: Análisis no armónico, Análisis armónico, Régimen de marea y Planos de marea (NMM, Amplitud media, marea mínima, etc.)

Estudio de corrientes Lagrangianas

Como complemento a las evaluaciones de la correntometría euleriana, se deberán determinar las trayectorias de las corrientes lagrangianas al menos en dos

sitios representativos del área donde se establecerá el emisario submarino. Para tal efecto se deberán realizar mediciones con boyas de deriva, considerando condiciones de marea llenante y vaciante. En cada sitio de medición, se deberán efectuar lances de derivadores en dos estratos de profundidad: en superficie y media agua. La trayectoria seguida por las boyas de deriva deberá ser demarcada con sistema de posicionamiento GPS incluido en el derivador y registrando con una frecuencia 1 a 5 segundos, durante un período variable entre 1 a 1,5 horas o hasta estos que encallen en la costa. Se deberán utilizar derivadores tipo cruceta, debido a que su diseño fue optimizado para eliminar la influencia del viento en el arrastre del elemento derivador. Las mediciones deberán ser efectuadas en períodos de sicigia y cuadratura lunar, considerando condiciones de marea vaciante y llenante.

Deriva litoral

El estudio de corrientes litorales tendrá como objetivo determinar las corrientes asociadas a la zona costera. Al menos se deberá realizar esta experiencia en 3 estaciones de lance dentro de la zona de influencia del proyecto, analizándose las condiciones asociadas a cuadratura y sicigia lunar, en fases de marea llenante y vaciante.

En cada estación se deberán desplegar elementos derivadores (botellas de deriva) con boyantes neutra. El recorrido y posicionamiento de las botellas deberá ser realizado mediante un GPS incorporado en la botella de deriva que registre en forma continua con una frecuencia de 1 a 5 segundos.

Se entregará un análisis general de las corrientes asociadas a la zona costera, incluyendo análisis estadísticos y cálculos de corrientes en la zona surf generada por las olas y vientos.

Estudio de dispersión con trazadores químicos

La capacidad de dispersión de un contaminante o partícula en el mar depende del transporte generado por el sistema de corrientes locales, los vientos predominantes y el grado de difusión estimado a través del gradiente de

concentración de un trazador donde se asume un comportamiento pasivo de este, lo que implica que la distribución del trazador depende exclusivamente de los forzantes físicos y no existe reacción con el agua (Smart & Laidlaw, 1976).

Se deberá desarrollar, por lo tanto, mediciones con el objeto de determinar el grado de dispersión en el área de interés. Para tal efecto, se deberá utilizar un trazador químico (por ejemplo, rodamina WT) y determinar su dispersión y dilución en experiencias desarrolladas en el período de cuadratura lunar (peor escenario ambiental), especialmente en el punto donde se ubicará la descarga del emisario, durante la marea vaciante y llenante. Para la cuantificación del trazador químico, se deberá utilizar un Fluorómetro de campo. Los resultados de este estudio deberán incluir la descripción geométrica de las manchas del trazador, incluyendo una representación gráfica de ellas, las que deberán estar referidas a la topografía de la línea de la costa, con sus correspondientes coordenadas geográficas y/o UTM.

La profundidad en que se incorpore a la columna de agua dependerá de la profundidad de la porta y de la densidad del agua descargada, debe tenerse en cuenta que si el agua descargada tiene una boyante positiva ascenderá hasta que la densidad del agua sea similar a la del medio, si tiene boyante neutra se mantendrá en esa profundidad y su desplazamiento y dilución dependerá de las corrientes. Si tiene una boyante negativa se dirigirá al fondo hasta que iguale la densidad del medio. De este comportamiento dependerá la metodología a ser utilizada para el seguimiento de la mancha, por lo que es importante que el consultor indique y justifique la metodología utilizada.

Relación entre las Corrientes y Forzantes

En las Instrucciones Oceanográficas N°1 (SHOA PUB. 3201) se indica que es necesario la evaluación de las relaciones de las corrientes con los forzantes marea y vientos, indicándose que estas mediciones deben ser realizadas en forma simultáneas y con igual intervalo de muestreo. Las relaciones entre las corrientes y la marea deben ser realizadas mediante análisis en el dominio del tiempo, normalmente correlaciones cruzadas, y en el dominio de la frecuencia, coherencia y fase.

En tanto en los estudios de corrientes lagrangianas, deriva litoral y dispersión de los trazadores químicos es importante relacionar las trayectorias de los derivadores, así como de los centroides de la mancha de los trazadores como su dispersión con los vientos y marea registrado durante dichos experimentos. Esto ayudara estimar el posible comportamiento de contaminantes en la zona de desarrollo del proyecto.

Perfiles de CTD

Otro forzante importante a considerar son los gradientes de densidad, y que no están incluidos en las Instrucciones Oceanográficas N°1 (SHOA PUB. 3201), para lo cual se requiere la realización de una grilla de muestreo mediante perfiles de CTD. Por razones históricas normalmente las mediciones de los perfiles de CTD son incluido en los análisis de las variables químicas, por lo cual no se evalúa su influencia sobre los patrones de circulación.

Se debe realizar una grilla de muestreo estacional compuesta de al menos 9 estaciones oceanográficas, su distribución espacial dependerá los modelos de dispersión del emisario, así como de la existencia de aportes de aguas dulces que modifiquen los gradientes de densidad tanto horizontales y verticales. Los análisis deben considerar tanto la variabilidad en profundidad como en el plano horizontal y la interpretación de los resultados deben estar en función de los patrones de circulación, así como en su influencia en la dispersión tanto de huevos y larvas de los recursos marinos, como de contaminantes.

Es importante que los sensores de presión, temperatura y salinidad tengan una resolución apropiada a la variabilidad de estas propiedades y de los procesos físicos que ocurren en la zona de estudio, por ejemplo, el sensor de conductividad debe permitir registrar las variaciones de salinidad al 3 dígito de resolución, sino se corre el riesgo que el sensor tenga un error mayor que la variabilidad del sector.

Para corregir la deriva de los sensores se debe tomar muestras de agua de mar para la determinación de la salinidad, y si el CTDO tiene sensor de oxígeno además de

sebe tomar muestras de oxígeno. Estas muestras deben ser tomadas en la estación que tenga más de 50 m de profundidad, en el caso que ninguna de las estaciones tenga al menos 50 m se deben tomar muestras en al menos 2 estaciones. Los resultados obtenidos deben ser comparados con los sensores, y hacer las correcciones correspondientes a los perfiles obtenidos. Para asegurar la calidad de la información se deben seguir los protocolos y cadenas de custodia de la toma de las muestras de agua de mar, fijación, transporte y análisis químicos en laboratorios certificados. Toda esta información debe ser entregada junto con el informe.

Batimetrías de Prospección

Como se indicó es necesario registrar la batimetría y sus cambios espacio-temporales, pues influyen en los patrones de circulación. Los accidentes batimétricos, así como la forma de la costa producen zonas en los cuales las corrientes se aceleran o se frenan, así como la formación de zonas de retención ya se de huevos y larvas de recursos marinos, plancton, materia orgánica e inorgánica, así como de contaminantes.

Dado que el objetivo es la comprensión de los patrones de circulación es importante cubrir una zona mayor a la que normalmente se cubre con las batimetrías de precisión para los diseños de ingeniería de los proyectos teniendo en cuenta las características de la línea de la costa. La metodología a ocupar es la indicada en las Instrucciones Hidrográficas N° 5 (SHOA PUB. 3015).

Junto con permitir un mejor análisis de las corrientes registradas en terreno (Eulerianas, Lagrangianas y las mediciones con ADCP remolcado) entregara información apropiada para la implementación de modelos de circulación, dispersión de contaminantes y de oleaje.

Estudio de Olas

Se deberán realizar mediciones de oleaje siguiendo las indicaciones de las Instrucciones Oceanográficas N°1 (SHOA PUB. 3201) durante 30 días continuos, mediante la utilización de un medidor direccional de olas y correntómetro perfilador

acústico con tecnología Doppler. El instrumento debe registrar al menos cada 3 horas el régimen del oleaje. El informe de esta experiencia deberá incluir una caracterización del régimen de oleaje, considerando su dirección, periodo y altura de ola.

Este estudio debe incluir la propagación de oleaje mediante una modelación numérica en las condiciones actuales y con los cambios generados por la implementación del proyecto, de forma de evaluar los posibles impactos sobre las comunidades marinas que producirá el proyecto.

Modelación Campo Cercano y Lejano

Debido a que los emisarios submarinos descargan aguas con características distintas al medio receptor, se debe realizar una caracterización de estas plumas de manera de determinar su extensión y comportamiento y de esta forma el alcance de los impactos ambientales potenciales asociados.

Para esto se debe realizar simulaciones de la dilución y dispersión en los siguientes campos espaciales:

- Campo Cercano que corresponde al análisis de la dilución y dispersión en el cuerpo de agua receptor en que la dinámica de la pluma descargada depende principalmente de las características de la descarga (número de portas, ángulos horizontales y verticales de cada porta, caudal de descarga en cada porta temperatura y salinidad del agua descargada), así de las características del cuerpo de agua en el sector de la descarga (temperatura, salinidad, corrientes)
- Campo Lejano que corresponde al análisis de la dilución y dispersión en el cuerpo de agua receptor en que la dinámica de la pluma descargada depende de las características hidrodinámicas del cuerpo de agua receptor (corrientes, temperatura y salinidad), y de las variaciones batimétricas y de línea de costa en la zona de estudio. Siendo las variaciones batimétricas importantes en las

descargas de aguas con boyantes negativa (densidad de la descarga mayor que la del cuerpo receptor), ya que la pluma seguirá en su desplazamiento los incrementos de profundidad.

Los modelos de campo cercano que se pueden utilizar son:

- Comerciales:
 - Cormix
 - JETLAG/VISJET
- Gratuitos:
 - Visual Plumes: esta discontinuado, sin embargo, aún se puede descargar e instalarlo en una maquina con Windows de 32 bit seleccionando compatibilidad con Windows XP.

Los posibles modelos de campo lejano que se pueden utilizar son:

- Comerciales:
 - MIKE 3 Hidrodinámico de malla flexible. El que puede ser combinado con otros módulos de simulación de MIKE según los objetivos de las evaluaciones de impacto ambiental. Este modelo está disponible para Windows y cuenta con soporte tanto para consultas como para resolver problemas técnicos
- Gratuitos:
 - Telemac 3D modelo hidrodinámico de malla flexible disponible tanto para Windows, Linux y Mac. Es necesario compilar los archivos y las consultas deben ser realizadas en el foro de los usuarios.
 - Delft3d la última versión opensource incluye malla flexible. Modelo disponible para Windows, Linux, y Mac. Requiere que se compilen los archivos fuentes las consultas se realizan en el foro de usuarios.

El método utilizado para representar las portas del sistema de difusor dependerá del modelo utilizado, por lo que debe quedar claramente indicado en la presentación de los resultados.

En cuanto a la forma en que se acoplan al modelo hidrodinámico otros modelos o módulos de simulación depende del diseño del núcleo de modelación, lo que también influye en los resultados que se obtienen por lo que debe hacerse un análisis de las metodologías utilizadas para determinar qué modelo es el más apropiado para cada estudio de impacto ambiental.

- **Control de calidad y trazabilidad**

Para garantizar la trazabilidad de los datos obtenidos con los instrumentos oceanográficos y meteorológicos, se deben conservar y entregar como parte de los informes:

- Archivos originales bajados de los instrumentos (Raw data)
- Procedimiento utilizado para el procesamiento de los datos
- Reporte de datos en formato digital
- Bitácora de las mantenciones y calibraciones de los instrumentos de acuerdo con las indicaciones del fabricante.

4.2.3.3.2.- Variables químicas

- **Marco conceptual**

Los efectos directos en la química de los sistemas acuáticos ocurren por modificaciones en la dinámica del sistema o por vertimientos o introducción de compuestos químicos. Para los emisarios submarinos, el ingreso de sustancias químicas puede producirse durante la construcción y cierre de las operaciones pero principalmente durante la operación de este. Las sustancias químicas que podrían

ingresar al medio ambiente marino dependerán del tipo de emisorio y de las sustancias que sean vertidas al mar por este. A continuación se describen las distintas sustancias que podrían ingresar al sistema durante el funcionamiento de los emisarios submarinos:

Materia orgánica residual o externa al sistema. Dependiendo de su volumen y de la capacidad asimilativa del sitio puede influir en la turbidez, disminución del Oxígeno disuelto, pH y Eh de la columna de agua. Considerándose así en una variable a monitorear para mantener la salud natural del ecosistema (su concentración nunca debe alcanzar menos del 70% del valor de saturación. Valores menores producirán en plazos mayores eutroficación de los sistemas acuáticos con el consiguiente daño.

Un segundo grupo de contaminantes son los metales tóxicos, su clasificación de tóxicos está relacionada con su concentración, biodisponibilidad, y efecto letal (toxicología=dosis/efecto o eco-toxicología = concentración efecto). Los de mayor toxicidad son tóxicos en baja concentración (ppb o ppm) y por lo tanto de difícil detección en la matriz agua. Sin embargo, su detección puede realizarse por su concentración en las matrices sedimento y organismos. En estas matrices pueden alcanzar dos a tres órdenes de magnitud mayor.

Un tercer grupo corresponden a Compuestos Orgánicos Persistentes corresponden a: bifenilos policlorados (PCBs), biocidas: pesticidas y herbicidas; subproductos químicos residuales de la industria, como dioxinas y furanos. Se originan en fluidos dieléctricos (condensadores y transformadores), sistemas hidráulicos, navegación, astilleros, minería, sistemas de transferencia de calor, lubricantes, selladores de empaquetaduras, adhesivos, pinturas, etc. Son compuestos producidos artificialmente de alta persistencia en el ambiente y las bacterias y organismos no tienen la capacidad de degradarlos fácilmente. Estos compuestos pueden producir comportamientos sexuales anormales, disminución del sistema inmunitario y presencia de ambos órganos sexuales. Son disruptores hormonales, inducen pérdida de capacidad

reproductiva, esterilidad elevada y pérdida de la fertilidad; deformaciones y muerte temprana de invertebrados.

La evaluación y análisis de estos compuestos químicos como parte de los estudios ambientales del emisario submarino, dependerá de su presencia como parte de los compuestos vertidos al mar por parte de este.

- **Metodología y análisis**

El muestreo requiere de definir el número de estaciones, sitios o puntos de muestreo. Su número dependerá del área que se desee muestrear y una configuración de puntos que cubran la totalidad de la cuenca natural, como se especifica en el acápite 4.2.4.3. El diseño de muestreo debe considerar áreas con una profundidad mayor a 10 m. Profundidades más someras tienen una alta variabilidad de sus variables por el efecto del stress del viento, corrientes y marejadas. La red de estaciones debe considerar los puntos de descarga y aducción de la planta desalinizadora o de la central termoeléctrica. Una vez establecidos los puntos de muestreo se deben fijar geográficamente en una carta o mapa a través de coordenadas geográficas, coordenadas UTM o sistema de posicionamiento global (GPS).

Como norma general, cada una de las muestras tomadas debe estar contempladas en una estrategia de muestreo, con sus respectivas identificaciones, planillas, de toma de muestra, conservación, transporte y análisis y las personas que participaron en cada uno de las etapas de muestreo. Recepción de Laboratorio, analistas y Resultados. Esto corresponde a la cadena de custodia, trazabilidad y calidad de los análisis realizados.

Para poder caracterizar y evaluar los posibles cambios químicos relacionados a las distintas épocas del año, los muestreos deberán ser realizados al menos en las estaciones de invierno y verano, tanto para la línea de base como para los seguimientos posteriores. La duración del muestreo dependerá de la cantidad de muestras, pero deberá ser realizado en el menor tiempo posible de manera que no se pierda la relación temporal entre todas las muestras.

Antecedentes previos al muestreo.

Las siguientes actividades se deben desarrollar previo al muestreo de manera de realizar los muestreos de manera correcta:

- a. Elaboración de las listas de chequeo de equipo y material de muestreo.
- b. Verificación de la limpieza de todos los envases para las muestras, conforme a los procedimientos de conservación y analíticos.
- c. Verificación de la existencia de productos químicos y materiales para limpieza.
- d. Elaboración de una lista de verificación en la que deberán figurar los siguientes conceptos: suministros de envases para las muestras, hieleras; mapas, descripciones de estaciones, etiquetas para los recipientes, y formularios para reportar información de las estaciones; manuales, herramientas, piezas de repuesto; equipo de seguridad.
- e. Contar con un plano o carta para la ubicación de los sitios de muestreo, coordenadas de los puntos a muestrear además de protocolos y planillas de terreno.
- f. Se debe de contar permisos exigidos, cartas de presentación a autoridades civiles, militares y organismos gubernamentales, que en algún momento debieran controlar y/o pudieran apoyar el trabajo de campo.
- g. Transporte de las muestras y destino: En este punto se señalara de qué forma serán transportadas (camioneta, mensajería, etc.) las muestras y el destino de las mismas (laboratorio(s) regional(es) o central).

Previo a los trabajos de campo, el muestreador deberá registrar en su Bitácora de Muestreo la siguiente información:

- a. Coordenadas del sitio de muestreo (lectura del GPS) e identificación del Sitio de Muestreo (misma en bitácora, hoja de campo, envase de muestra y cadena de custodia), Fecha y Hora, Profundidad de la columna de agua

- b. Descripción del sedimento en cuanto a propiedades observables: tipo de sedimento, textura, color, olor.
- c. Condiciones meteorológicas durante el muestreo: temperatura, olas, ondas, dirección y rapidez del viento, nubes en octas, lluvias.
- d. Actividades, operaciones, cálculos, observaciones, que permiten garantizar y trazar los procedimientos realizados para la obtención de resultados confiables.
- e. Se debe elaborar una hoja de registro de campo con la información que permita identificar el origen de la muestra y todos los datos que en un momento dado permitan repetir el muestreo.
- f. Cada protocolo y/o planilla de muestreo debe consignar el nombre de las personas que realizan el muestreo (encadenamiento del muestreo y trazabilidad).

Métodos de muestro de agua de mar.

Los muestreos de agua de mar (o aguas continentales) requiere de baldes de polipropileno, para las muestras superficiales, muestreadores Niskin, con diferentes capacidades de acuerdo al volumen de muestra que se requiera (1,7 a 10 L) para muestreos estratificado. Las botellas Niskin tipo Go-Flow se usan para muestres estratificados de metales. Cuando se requiere volúmenes de muestra mayores se recomienda el muestreo de agua mediante bombas sumergibles.

Para determinaciones de analitos que se encuentran disueltos en concentraciones trazas es posible usar muestreadores pasivos.

Debe realizarse protocolos de muestreo que consideren:

- a. Planillas de muestreo: fecha, hora, condiciones atmosféricas, condiciones del mar, tipo y número de muestreadores usados, profundidad, transparencia del agua, temperatura superficial.
- b. Rotulación de muestras: Nro botella, analitos, profundidad,

- c. Protocolo de guardado, conservación y traslado de muestras hasta el laboratorio de análisis.
- d. Protocolo de entrada de las muestras al Laboratorio. Certificados de análisis e informe de datos.
- e. Todos los protocolos y panillas deben ir con el nombre de los técnicos que realizaron el muestreo.

Métodos de muestro sedimentos marinos.

Los muestreos de los sedimentos debería hacerse mediante un Box Corer (30x20x20 cm) y/o un saca testigo de gravedad de tres réplicas y con un liner de al menos 32' cm de diámetro de polipropileno. Los sedimentos así obtenidos permiten realizar muestras estratificadas a diferentes profundidades del sedimento, que entrega información adicional para la línea base de una zona o para los programas de vigilancia ambiental.

Debe realizarse protocolos de muestreo que consideren:

- a. Planillas de muestreo: fecha, hora, tipo, color y olor del sedimento. Número de muestras, profundidad y temperatura superficial del sedimento.
- b. Rotulación de muestras: Nro. envase, Nro. estación, procedimientos preanálisis, (secado o liofilizado de a muestra) analitos a determinar, profundidad de la muestra,
- c. Protocolo de guardado, conservación y traslado de muestras hasta el laboratorio de análisis.
- d. Protocolo de ingreso de las muestras al Laboratorio. Certificados de análisis e informe de datos.

Todos los protocolos y panillas deben ir con el nombre de los técnicos que realizaron el muestreo.

Métodos de muestreo químico de organismos (Bioacumulación).

La bioacumulación consiste en la capacidad de los organismos de acumular selectivamente contaminantes en sus tejidos respecto de las concentraciones existentes en el medio en que habitan. Para determinar la concentración de los contaminantes relacionados al proyecto a ser evaluado, se requiere recolectar organismos de la zona de influencia del proyecto mediante rastras, buceo autónomo, trampas o cualquier otro método que no contamine la muestra. Dependiendo del porte de los organismos a analizar estos pueden incluir el fraccionamiento de ellos para su análisis. Los organismos pequeños es común separar las partes duras (caparazones o conchas) y partes blandas (tejidos). Cuando los organismos son de pequeño tamaño es posible hacer un “compositae” de muestra. En organismos de tamaños mayores es posible separar los órganos para análisis parciales (estrategia de muestreo). De ser posible se deben recolectar organismos de diversas tallas, edades y sexos debido a las posibles diferencias en bioacumulación dependiendo de las características biológicas de los individuos a evaluar. Se recomienda también utilizar organismos filtradores como bivalvos cuando esto sea posible (mitilidos por ejemplo).

Una vez obtenidas las muestras a analizar estas se lavan con agua destilada, se secan con papel absorbente y se procede a liofilizar los tejidos. Los tejidos secos, liofilizados y molidos quedan listos para los procedimientos analíticos respectivos, entre los que se cuentan espectrofotometría de adsorción atómica u ICP de masa.

Parámetros químicos a ser medidos

Los parámetros químicos a ser medidos dependerán de las características de las sustancias vertidas a través del emisario. De todas maneras, como parámetros basales deberían ser medidos los siguientes:

Metales disueltos y totales

Cobre, cadmio, mercurio, plomo, zinc, hierro

Parámetros inorgánicos

Sólidos suspendidos, sólidos sedimentables, cloro libre residual

Parámetros orgánicos

Hidrocarburos totales, hidrocarburos volátiles, Hidrocarburos fijos.

Parámetros biológicos

Coliformes fecales, coliformes totales

Además de oxígeno disuelto, potencial redox, temperatura, pH y salinidad

Métodos de laboratorio para el análisis químico.

Seleccionar o recomendar métodos individuales para ser usados, previendo los cuidados de muestreo, transporte, conservación y riesgos analíticos, es un tema que está por sobre este proyecto. No obstante, existen instituciones que han desarrollado manuales de métodos analíticos con propósitos de ser utilizados en el medio ambiente y análisis de residuos. Es el caso del *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*, preparado y publicado por: American Public Health Association, American Water Works Association & Water Pollution Control Federation. Este manual de métodos se inicia en 1905 y ya se han reeditado 20 ediciones. Actualmente *Standard Methods* está en línea con la edición número 22 del 21 de Enero de 2014, con correcciones y precisiones metodológicas. Este manual de métodos se recomienda como una guía sólida para la aplicación en estos estudios. De todas maneras los laboratorios deberían ser reconocidos y acreditados por el INN bajo la norma ISO 17.025, al menos para aguas crudas y en lo posible matriz específico para cada uno de los analitos a ser evaluados.

- **Control de calidad y trazabilidad**

Las muestras químicas requieren un control de calidad adecuado para garantizar que los valores obtenidos son representativos de la realidad del ambiente, debido a que son muestras que son muy fáciles de contaminar. Por lo tanto, se requieren

importantes controles de calidad, tanto en la toma de muestras en terreno y su transporte, como en el laboratorio.

Control de calidad en la toma, transporte y almacenamiento de las muestras.

El proceso de control y vigilancia del muestreo, preservación y análisis (*chain-of-custody procedure*) es esencial para asegurar la integridad de las muestras desde su recolección hasta el reporte de los resultados; incluye monitorear las condiciones de toma de muestra, preservación, codificación, transporte y su posterior análisis. Este proceso es básico e importante para demostrar el control y confiabilidad de la muestra, no sólo cuando hay un litigio involucrado, sino también para el control de rutina de las muestras. Se considera que una muestra está bajo la custodia de una persona si está bajo su posesión física individual, a su vista, y en un sitio seguro. Los siguientes procedimientos resumen los principales aspectos del control y vigilancia de las muestras.

Etiquetas. Para prevenir confusiones en la identificación de las muestras, se debe verificar el etiquetado de cada botella y que este haya sido realizado antes de o en el momento del muestreo, mediante el uso de papel engomado o etiquetas adhesivas en las que se anote, con tinta a prueba de agua, por lo menos la siguiente información: número de muestra, nombre del recolector, fecha, hora y lugar de recolección, y preservación realizada.

Sellos. Para evitar o detectar adulteraciones de las muestras, es conveniente que los recipientes sean sellados con papel autoadhesivo, en los que se incluya por lo menos la siguiente información: número de muestra (idéntico al número en la etiqueta), nombre del recolector, fecha y hora de muestreo; también son útiles los sellos de plástico.

Libro de campo. Debe existir un documento maestro donde este registrada toda la información pertinente a observaciones de campo o del muestreo, en el que se incluya como mínimo lo siguiente: propósito del muestreo; localización de la estación de

muestreo, tipo de muestra y método de preservación si es aplicable. Describir también la posible composición de la muestra y las concentraciones; número y volumen de muestra tomados; descripción del punto y método de muestreo; fecha y hora de recolección; número(s) de identificación del (los) recolector(es) de la muestra; distribución y método de transporte de la muestra; referencias tales como mapas o fotografías del sitio de muestreo; observaciones y mediciones de campo; y firmas del personal responsable de las observaciones. Debido a que las situaciones de muestreo varían ampliamente, es esencial registrar la información suficiente de tal manera que se pueda reconstruir el evento del muestreo sin tener que confiar en la memoria de los encargados. Guardar el libro en un sitio seguro.

Registro del control y vigilancia de la muestra. Se debe llenar un formato de control y vigilancia de cada una de las muestras o grupo de muestras, las cuales deben estar acompañadas siempre de este formato; en él se incluye la siguiente información: número(s) de la(s) muestra(s); firma del recolector responsable; fecha, hora y sitio de muestreo; tipo de muestra; firmas del personal participante en el proceso de control, vigilancia y posesión de las muestras y las fechas correspondientes.

Transporte de muestras al laboratorio. Las muestras se deben entregar en el laboratorio lo más pronto que sea posible después del muestreo; si el tiempo de almacenamiento y preservación es menor, debe planificarse el procedimiento para asegurar su entrega oportuna en el laboratorio respetando los holding times de cada uno de los parámetros a medir. En caso de que las muestras sean enviadas por correo a través de una empresa responsable, se debe incluir el formato de la compañía transportadora dentro de la documentación del control y vigilancia de la muestra. La solicitud de análisis debe estar acompañada por el registro completo del proceso de control y vigilancia de la muestra. Entregar la muestra a la oficina de recepción en el laboratorio; el recepcionista a su vez debe firmar el formato de vigilancia y control, incluyendo la fecha y hora de entrega.

Recepción y registro de la muestra. En el laboratorio, el recepcionista debe inspeccionar la condición y el sello de la muestra, comparar la información de la etiqueta y el sello con el registro o formato del proceso de control y vigilancia, le asigna un número o código para su entrada al laboratorio, la registra en el libro del laboratorio, y la guarda en el cuarto o cabina de almacenamiento hasta que sea asignada a un analista.

Asignación de la muestra para análisis. El coordinador del laboratorio asigna la muestra para su análisis. Una vez la muestra está en el laboratorio, el auditor y los analistas son responsables de su cuidado y vigilancia.

Control de calidad en el laboratorio

La información ambiental tanto para realizar una Línea base, reconocer químicamente una matriz ambiental, realizar una evaluación del impacto ambiental o realizar un Programa de vigilancia, requiere de una información confiable. Para ello no solo se requiere un laboratorio acreditado (se acredita la gestión y procedimientos de análisis mas no los resultados), por lo que debe verificarse las calibraciones de los equipos pero a la vez establecer el error de las mediciones mediante la revisión de los resultados del control de calidad aplicado por el laboratorio en el proceso de análisis de las muestras. A continuación se muestran los controles de calidad aplicados comúnmente en laboratorios comerciales y que son un estándar básico para asegurar la competencia de los ensayos ante los institutos de acreditación ISO 17.025.

- **Blanco analítico:** el blanco de método corresponde a un ensayo que se realiza con una matriz limpia, la cual se somete al mismo proceso analítico de las muestras. Se utiliza para evaluar la potencial contaminación que exista en la aplicación del método.
- **Adición estándar o "Spike":** La adición una solución estándar secundario, que agrega una cantidad conocida de analito(s) a la muestra antes de ser sometido

al proceso analítico. Entrega información sobre los efectos de matriz en los resultados analíticos.

- **Réplicas:** corresponde al proceso de obtener muestras paralelas y someterlas a un tren de análisis y metodologías en paralelo, esto permite tener una referencia de la precisión y variabilidad de la matriz analizada. Pueden ser duplicadas o triplicadas.
- **Pseudoréplicas:** corresponde al proceso de obtener una muestra, dividirlos en dos o tres muestras y someterlas a un tren de análisis y las metodologías en paralelo, esto permite tener una referencia de la precisión del método de ensayo.
- **Estándar de Control:** Corresponde a una solución patrón primario, que es utilizado para verificar que los estándares de calibración fueron adecuadamente preparados. Este estándar proviene de un lote de fabricación distinto al estándar de la curva de calibración.
- **Material de Referencia Certificado (MRC):** corresponde a una solución o material con certificación analítica de sus concentraciones de diferentes analitos de interés y que tienen disponibilidad comercial. El MRC elegido debe considerar la matriz de análisis, cercanía al rango de concentraciones a analizar y verificación de su tiempo de vencimiento. El MRC debe ser analizado con las mismas técnicas y metodologías que se aplicaran a las muestras. Los resultados deberán contrastarse con los valores certificados y a partir de allí, determinar el error metodológico (incerteza) de los análisis realizados.

4.2.3.3.3.- Variables biológicas

4.2.3.3.3.1.- Fitoplancton

- **Marco conceptual**

La composición, abundancia y biomasa del fitoplancton son fuertemente influenciadas por cambios en las condiciones medioambientales, siendo uno de los

más importantes la composición química del medio en el que viven. Dado su corto ciclo de vida, sensibilidad y rápida capacidad de respuesta a estos cambios, el fitoplancton puede ser utilizado como un indicador biológico eficaz para determinar alteraciones en el medio ambiente marino. Entre estas, el aporte de nutrientes (nitratos y fosfatos); mediante la descarga de aguas servidas pueden incrementar la productividad primaria, alterar la composición de las comunidades y estimular la aparición de especies tóxicas y/o nocivas.

Para evaluar los posibles efectos de la contaminación, se deberán realizar análisis de la composición y abundancia del fitoplancton durante el estudio de línea base y posteriormente en las etapas de instalación y operación del emisario submarino.

Estos estudios, permitirán describir preliminarmente y/o detectar cambios en la composición, abundancia temporal, distribución espacial y la presencia de floraciones del fitoplancton e identificar especies fitoplanctónicas tóxicas o aquellas que puedan ser utilizadas como indicadores biológicos.

- **Metodología y análisis**

Para cada una de las estaciones definidas de acuerdo a la metodología determinada, se deberá establecer la frecuencia de muestreo durante el estudio de línea base, donde se sugiere un estudio de alta frecuencia para identificar las especies características de la zona de estudio y establecer (si es posible) alguna especie como indicador biológico. Para proyectos ubicados en bahías abiertas con altas tasas de renovación de agua la frecuencia de muestreo deberá ser quincenal. En tanto, para proyectos ubicados en zonas de canales y fiordos con bajas tasas de renovación de agua la frecuencia de muestreo debe ser mensual.

Durante el periodo de construcción y operación, los muestreos deberán ser realizados considerando la variabilidad estacional (estaciones del año) o un plan de contingencia durante un evento de contaminación accidental.

Respecto de la duración de la ejecución de los muestreos, este dependerá de la cantidad de muestras a tomar y de las características propias del proyecto, sin embargo, las muestras deberán ser tomadas en el menor tiempo, en lo posible en un solo día.

Tamaño muestral: en cada estación se debe tomar una muestra de red para el análisis cualitativo y una muestra por cada estrato (0-5, 5-10, 10-15 y 15-20 m) o profundidad (5, 10, 15 y 20 m).

Instrumentos y toma de muestras

Red de fitoplancton: el cuerpo filtrante debe tener forma cónica y será confeccionado con malla de 20 μm de apertura de malla. Estará unido a la boca (confeccionada en acero inoxidable) por su parte más ancha y al colector (copo) por su parte más angosta. Además, deberá considerar un peso muerto (1 a 2 kg) que permita su descenso vertical. Las medidas de la red, deberán mantener una relación de aspecto de 1:2 ó 1:3 entre el diámetro de la boca y la longitud del cono.

Botella oceanográfica: se recomienda utilización de botella Niskin con un volumen que no supere los 30 litros.

Manguera segmentada (tipo Lindhal): consiste en una manguera de 20 m divisible en cuatro segmentos de 5 m cada uno. El diámetro de la manguera debe ser de 1 pulgada, mientras que las conexiones y llaves de paso deberán ser de PVC. En uno de sus extremos deberá tener un peso (plomo) de 2 kg, cuidando que la ubicación de este no interfiera con la toma de la muestra.

Muestras cualitativas: para determinar la composición de la comunidad fitoplanctónica, se deberá obtener muestras para análisis cualitativo utilizando una red de fitoplancton. Las muestras deberán ser tomadas realizando tres arrastres verticales desde la profundidad de la capa fótica (estimada a partir de la profundidad de visión del disco de Secchi) hacia la superficie, con la precaución de evitar tocar el fondo con la red para no resuspender sedimentos. Una vez recuperada la red, se

desmontará o abrirá el colector y se vertirá el contenido en el recipiente para posteriormente fijar con formaldehído con una concentración final del 4%. Al final cada estación, la red deberá ser lavada con el propósito de no contaminar las muestras siguientes, para lo cual se deberá disponer de un recipiente a bordo de la embarcación con agua dulce.

Muestras cuantitativas: para determinar la abundancia y distribución vertical de la comunidad fitoplanctónica, se deberá obtener muestras para análisis cuantitativo mediante la utilización de botellas oceanográficas o mangueras segmentadas.

Fijadores y recipientes

Formaldehído: se utiliza para evitar el deterioro de las muestras obtenidas con red de fitoplancton. La concentración final de formaldehído en la muestra debe ser al 4%.

Solución de lugol ácido: Se utiliza para evitar el deterioro de las muestras obtenidas con botella o manguera. Para su preparación se utilizan 200 mL de agua destilada, 20 g de yoduro de potasio (KI), 10 g de yodo (I₂) y 20 mL de ácido acético glacial. Se recomienda una concentración entre 0,2 a 0,5 mL por cada 100 mL de muestra.

Recipientes: se recomienda utilizar recipientes de plástico (125 a 200 mL) con tapa rosca y contratapa. Cada recipiente, deberá ser etiquetado indicando nombre de la estación, tipo de muestra y fecha de muestreo.

Contenedor: se recomienda disponer de contenedor (5 L) que permita contener temporalmente y homogenizar las muestras de agua obtenidas con botella oceanográfica o manguera segmentada.

Equipos

Microscopio: el análisis de la muestra deberá ser realizado utilizando un microscopio con contraste de fase para todos los grupos fitoplanctónicos. Se deberá utilizar un microscopio con sistema de epifluorescencia para el estudio e identificación de dinoflagelados tóxicos mediante tinción con calcofluor. Se sugiere disponer de cámara

fotográfica para micrografiar las especies dominantes, así como también aquellas tóxicas y nocivas.

Análisis de la muestra

Análisis cualitativo: previo al análisis, las muestras deben sedimentar por un tiempo mínimo de 3 horas. Se analizará 3 réplicas de la muestra de 0,1 mL (aproximados) utilizando portaobjetos (76 x 21 x 1 mm) y cubreobjetos (22 x 22 mm). El resultado de los análisis corresponderá al promedio de las células de cada replica. Adicionalmente, para clasificar la presencia de las especies se sugiere la utilización de un índice de abundancia relativa.

Análisis cuantitativo: los análisis deberán ser realizados siguiendo el método descrito por Utermöhl (1958), utilizando cubetas de sedimentación. El mínimo volumen a utilizar será de 10 mL, y podrá aumentar a 25 mL dependiendo de la abundancia de la muestra. En cada análisis, se contabilizará la cantidad de células sedimentadas en el fondo de la cámara expresando los resultados en células L⁻¹. En el caso del nanoplacton (2 – 20 µm) se recomienda el conteo mediante observación con una magnificación entre 100 a 400X, mientras que para el microplancton (> 20 µm) se recomienda un magnificación 100X.

Análisis de datos

Con el propósito de determinar los atributos de la comunidad fitoplanctónica se deberá estimar los índices de diversidad. Para esto se determinará la abundancia relativa, riqueza específica, biomasa, diversidad específica (Shannon-Wiener), índice de uniformidad de Pielou y el índice de dominancia de Simpson. Adicionalmente, para determinar los patrones de zonación de la comunidad fitoplanctónica se deberá realizar un análisis de agrupamiento, mediante un análisis de clúster utilizando el índice de similitud de Bray-Curtis.

- **Control de calidad y trazabilidad**

Cadenas de custodia: la recepción de muestras por los laboratorios deberá ser acompañada por su respectiva cadena de custodia. En esta, se deberá registrar lugar de muestreo, nombre de proyecto, identificación del muestreador, identificación de la muestra, fecha y hora de muestreo.

Material audiovisual: se sugiere disponer de literatura científica y biblioteca de micrografías de las especies dominantes, así como también aquellas tóxicas y nocivas.

Controles de calidad y calibraciones: se deberá considerar la realización de controles de calidad periódicos que incluyan auditorías internas, revisión de protocolos internos, no conformidades, etc. Además, se requiere mantener calibrado el equipamiento utilizado para la identificación de la muestra (microscopio, software de procesamiento de imágenes) y su cuantificación (cámaras de sedimentación).

Normas y estándares: los procedimientos deberán ser realizados considerando las siguientes normas y metodologías científicas reconocidas:

Hallegraeff GM, Anderson DM, Cembella AD. 2003. Manual on Harmful Marine Microalgae. Monographs on Oceanographic Methodology 11, UNESCO, Paris, 793 pp.

Intergovernmental Oceanographic Commission of ©UNESCO. 2010. Karlson, B., Cusack, C. and Bresnan, E. (editors). Microscopic and molecular methods for quantitative phytoplankton analysis. Paris, UNESCO. (IOC Manuals and Guides, no. 55.) (IOC/2010/MG/ 55), 110 pages. (English only) <http://ioc-unesco.org/hab>

Sournia, A., 1978. Phytoplankton Manual. Unesco. 337 p.

4.2.3.3.2.- Perifiton

- **Marco conceptual**

Las microalgas bentónicas (perifiton o fitobentos) son organismos importantes para la productividad primaria, siendo además base de la alimentación y estructuradores de hábitat para otros organismos bentónicos. Considerando que los ensambles del perifiton están constituidos por diversas especies de microalgas y se encuentran adheridos a sustrato, estas comunidades son susceptibles a sufrir alteraciones en su composición y biomasa producto de alteraciones en el medio ambiente marino. Por este motivo y considerando su corto ciclo de vida, sensibilidad y rápida capacidad de respuesta a estos cambios, el perifiton puede ser utilizado como un indicador biológico eficaz para determinar alteraciones producidas por diferentes factores físicos y químicos generadas por la actividad antropogénica. Entre estas, el aporte de nutrientes (nitratos y fosfatos); mediante la descarga de aguas servidas pueden incrementar el crecimiento del perifiton, alterar la composición de las comunidades y estimular la aparición de especies tóxicas y/o nocivas.

Para evaluar los posibles efectos de la contaminación, se deberán realizar análisis de la composición y abundancia del fitoplancton durante el estudio de línea base y posteriormente en las etapas de construcción y operación del emisario submarino. Estos estudios, permitirán describir preliminarmente y/o detectar cambios en la composición, distribución espacial, abundancia (como materia orgánica) e identificar especies tóxicas o aquellas que puedan ser utilizadas como indicadores biológicos.

Tamaño muestral: en cada estación se deberá instalar un bastidor con cuatro placas de las cuales una servirá para análisis cualitativo y las tres restantes para determinación de biomasa.

- **Metodología y análisis**

Instrumentos y toma de muestras

Sustrato artificial: placas para la fijación del perifiton fabricadas en Plexiglass® o acrílico. Se recomiendan placas con medidas de 10 x 10 cm equivalentes a 100 cm².

Perifitonmetro o bastidor para fijación de placas: estructura construida en PVC con el propósito de sostener las placas de sustrato artificial en el cual se fijará el perifiton. Cada bastidor, deberá ser etiquetado indicando nombre de la estación, profundidad y fecha de muestreo.

Toma de muestras: Para la toma de muestras cualitativas y cuantitativas, se deberá instalar los bastidores con los sustratos artificiales en cada una de las estaciones seleccionadas para el estudio. La instalación de los bastidores se deberá realizar mediante buceo autónomo asegurando que el bastidor quede bien anclado al sustrato. Se recomienda instalar al menos cuatro placas por estación con un tiempo de fijación o colonización de las placas entre 2 a 4 semanas. Las placas deberán ser recuperadas cuidadosamente para evitar el desprendimiento del perifiton por el contacto con otra superficie. Una vez en la embarcación, cada placa deberá ser desmontada de los bastidores y almacenada individualmente en bolsas con cierre hermético previamente rotuladas con la información de la muestra. En cada bolsa se adicionará 100 mL de agua de mar filtrada (0,45 μm) y 0,5 mL de una solución de lugol ácido.

Muestras cualitativas: para determinar la composición de la comunidad del perifiton, una de las placas deberá ser raspada en su totalidad utilizando un cepillo o espátula hasta remover todo el material orgánico adherido a ellas. El lavado preliminar de las placas deberá ser realizado con el agua en la cual viene la muestra. De manera adicional, se podrá utilizar un volumen de 100 mL para asegurar la remoción completa del perifiton. Finalmente, la muestra deberá ser almacenada en recipientes de 250 mL de capacidad hasta su análisis.

Muestras cuantitativas: para determinar la biomasa del perifiton se deberá remover la totalidad de la materia orgánica adherida a las placas. Para esto, cada placa (por separado) deberá ser raspada en su totalidad utilizando un cepillo o espátula realizando un lavado preliminar con el agua en la cual viene la muestra. De manera adicional, se podrá utilizar un volumen de 100 mL para asegurar la remoción completa del perifiton. Finalmente, la muestra deberá ser almacenada en recipientes de 250 mL de capacidad hasta su análisis.

Fijadores y recipientes

Solución de lugol ácido: Se utiliza para evitar el deterioro de las muestras. Para su preparación se utilizan 200 mL de agua destilada, 20 g de yoduro de potasio (KI), 10 g de yodo (I₂) y 20 mL de ácido acético glacial. Se recomienda una concentración entre 0,2 a 0,5 mL por cada 100 mL de muestra.

Recipientes: se recomienda utilizar recipientes de plástico (250 a 300 mL) con tapa rosca y contratapa. Cada recipiente, deberá ser etiquetado indicando nombre de la estación, tipo de muestra y fecha de muestreo.

Microscopio: el análisis de la muestra deberá ser realizado utilizando un microscopio con contraste de fase. Se deberá utilizar un microscopio con sistema de epifluorescencia para el estudio e identificación de dinoflagelados tóxicos mediante tinción con calcofluor. Se sugiere disponer de cámara fotográfica para micrografiar las especies dominantes.

Análisis de la muestra

Análisis cualitativo: previo al análisis, las muestras deberán sedimentar por un tiempo mínimo de 3 horas. Se analizará 3 réplicas de la muestra de 0,1 mL (aproximados) utilizando portaobjetos (76 x 21 x 1 mm) y cubreobjetos (22 x 22 mm). El resultado de los análisis corresponderá al promedio de las células de cada replica. Adicionalmente, para clasificar la presencia de las especies se sugiere la utilización de un índice de abundancia relativa.

Determinación de biomasa (método materia orgánica): el volumen total de cada muestra deberá ser filtrado utilizando filtros de fibra de vidrio GF/C (1,2 µm). Cada filtro deberá ser rotulado con el código de la muestra y pesado utilizando balanza analítica (precisión: 0,1 mg). Posteriormente, los filtros deberán ser secados en estufa (45° C) durante 24 – 48 horas hasta obtener una lectura de peso estable. Finalmente, los filtros deberán ser incinerados en mufla (500° C) durante 8 horas hasta obtener una lectura de peso estable. La determinación de la biomasa corresponderá a

Biomasa (g): Peso filtro seco - Peso filtro incinerado.

Análisis de datos

Con el propósito de determinar los atributos del perifiton se determinarán patrones de zonación de la comunidad mediante un análisis de agrupamiento utilizando el índice de similitud de Bray-Curtis

- **Control de calidad y trazabilidad**

Cadenas de custodia: la recepción de muestras por los laboratorios deberá ser acompañada por su respectiva cadena de custodia. En esta, se deberá registrar lugar de muestreo, nombre de proyecto, identificación del muestreador, identificación de la muestra, fecha y hora de muestreo.

Material audiovisual: se sugiere disponer de literatura científica y biblioteca de microfotografías de las especies dominantes, así como también aquellas tóxicas y nocivas.

Controles de calidad y calibraciones: se deberá considerar la realización de controles de calidad periódicos que incluyan auditorías internas, revisión de protocolos internos, no conformidades, etc. Se requiere mantener calibrado el equipamiento utilizado para la identificación de la muestra (microscopio, software de procesamiento de imágenes) y su cuantificación (cámaras de sedimentación). Además, se requiere mantener calibrada balanza analítica con patrones certificados (categoría R11 u M1) y un correcto funcionamiento de estufa y mufla.

Normas y estándares: los procedimientos deberán ser realizados considerando las siguientes normas y metodologías científicas reconocidas.

American Public Health Association (APHA). 1995. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Pollution Control Federation. 19th edition, Washington, D.C.

Barbour, M.T., J. Gerritsen, B.D. Snyder, and J.B. Stribling. 1999. Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C.

U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). 1995b. *Guidelines for preparation of the 1996 State Water Quality Assessments (305[b] Reports)*. Office of Water, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C. EPA 841-B-95-001.

4.2.3.3.3. Zooplancton

- **Marco conceptual**

El zooplancton ha sido usado ampliamente como indicador de diversos procesos oceanográficos como surgencias o procesos de mezcla, así como indicador para monitorear diversas formas de polución, incluyendo acidificación, eutroficación, polución debido a pesticidas o a la presencia de toxinas algales. En el caso de los emisarios submarinos, estos pueden afectar las comunidades del zooplancton mediante la introducción de contaminantes o mediante el cambio de los parámetros de la columna de agua.

- **Metodología y análisis**

El diseño muestral para el zooplancton debiera considerar al menos muestreos durante la época invernal y estival, tanto durante la construcción del proyecto como durante la operación de este, realizado al menos un muestreo en cada una de estas estaciones. Las muestras en lo posible deberán ser tomadas lo más cercanas en el tiempo en cada estación, en lo posible dentro del mismo día de monitoreo.

Instrumentos y toma de muestras

Las muestras se deberán obtener mediante Red Nansen o red WP2. La red a utilizar, deberá tener una apertura de boca mínima de 50 cm de diámetro, mientras que la luz de malla a utilizar dependerá de las especies presentes en el sector de estudio y del objetivo del estudio. Sin embargo, el estándar determinado por la UNESCO corresponde a una luz de malla de 200 μm .

Para determinar la cantidad de agua que pasa por la red y así determinar la abundancia del zooplancton, la red deberá contar con un flujómetro.

Las muestras deberán ser obtenidas mediante arrastres verticales u oblicuos de la red, dependiendo de la profundidad de las estaciones de monitoreo. Para evitar la evasión de las larvas en el momento de muestreo, la velocidad de la embarcación no deberá superar los 3 nudos, girando en sentido contrario al puesto de operación de la red, arrastrando ésta a una velocidad constante de 50 m/min.

La fijación de las muestras mediante formaldehído (generalmente al 5%) permite detener la actividad biológica e incrementa la resistencia mecánica de los tejidos. Otros preservantes como el alcohol o la sal reducen o detienen la actividad biológica sin fijar químicamente los tejidos. Por lo tanto, el tipo y cantidad de preservante a usar dependerá del objetivo del estudio y de las especies presentes, pero deberá asegurar que las muestras sean claramente identificables una vez en el laboratorio. Las muestras de zooplancton deberán ser transportadas en recipientes adecuados, con tapas adecuadas que eviten la pérdida de muestra.

Las muestras de zooplancton deberán ser analizadas mediante su observación bajo una lupa estereoscópica o microscopio.

Análisis de la muestra

Las muestras deberán ser analizadas bajo lupa o microscopio y en lo posible analizadas en su totalidad sin la realización de sub muestras. En caso de altas abundancias de zooplancton sean altas o el objetivo del estudio sea analizar algún grupo en específico se podrá sub muestrear la muestras dejando constancia de esto.

Análisis de datos

Para determinar las características de las comunidades zooplanctónicas, se deben estimar los índices de diversidad. Para esto se determinará la abundancia relativa, riqueza específica, biomasa, diversidad específica (Shannon-Wiener), índice de uniformidad de Pielou y el índice de dominancia de Simpson. Adicionalmente, para determinar los patrones de zonación de la comunidad zooplanctónica se debe realizar un análisis de agrupamiento, mediante un análisis de clúster utilizando el índice de similitud de Bray-Curtis.

- **Control de calidad y trazabilidad**

Cadenas de custodia: la recepción de muestras por los laboratorios debe ser acompañada por su respectiva cadena de custodia. En esta, se debe registrar lugar de muestreo, nombre de proyecto, identificación del muestreador, identificación de la muestra, fecha y hora de muestreo.

4.2.3.3.3.4. Recursos pesqueros

- **Marco conceptual**

Los recursos pesqueros existentes en la zona de influencia del emisario submarino, pueden ser impactados tanto por la construcción del proyecto como por la operación posterior. Durante la construcción pueden ser destruidos aquellos recursos pesqueros de nula o baja movilidad que se encuentren tanto en la zona intermareal como submareal cercana, así como se puede alterar el hábitat necesario para su subsistencia. Durante la operación, también puede ser afectada la sobrevivencia de las especies por las sustancias vertidas por la operación del emisario.

- **Metodología y análisis**

La evaluación de los recursos pesqueros puede ser abordada por diversas metodologías, las que dependen en gran parte de las características del recurso a evaluar. Entre las características que deben ser consideradas para la definición de la

metodología adecuada, se encuentran la agregación del recurso, su movilidad, sector donde habita (arena, roca, submareal, intermareal, etc.), profundidad, así como la ubicación del proyecto. Debido a la gran diversidad de recursos pesqueros existentes en la zona costera, no se puede establecer a priori una metodología única que dé cuenta de una correcta evaluación de las poblaciones de estos recursos. La metodología de evaluación por lo tanto debe ser propuesta por el consultor de acuerdo a las características de las poblaciones que observe en el sector del proyecto. Sin embargo, la metodología elegida debe dar cuenta de las siguientes especificaciones:

- Se debe determinar la densidad del recurso mediante su medición *in situ* en sectores de área conocida, como cuadratas, transectos o áreas delimitadas de alguna forma. La abundancia total debe ser referida estrictamente a su hábitat (el área efectiva que esta especie utiliza)
- El n muestral y el tamaño muestral deben ser definidos para la correcta determinación de la variabilidad del recurso y además para la correcta determinación de sus atributos poblacionales en toda la zona de influencia del proyecto.
- Se debe determinar si los recursos observados en la zona de influencia corresponden a bancos o no, para lo cual, se puede utilizar la metodología para la determinación de banco natural de recursos hidrobiológicos, establecida por la subsecretaría de pesca, mediante el indicador IPBAN
- Se debe realizar una caracterización de los bancos observados en cuanto a su biomasa, tallas medias y máximas, así como una estimación de sus parámetros poblacionales (mortalidad natural, crecimiento, etc.)

Como resultados de las evaluaciones directas se debe obtener la densidad y abundancia total del recurso, su distribución en la zona de influencia del proyecto, la estructura de tallas y biomasa observada y la determinación de si corresponde a un

banco o no, de acuerdo a lo establecido en la resolución exenta 2353 de 2013 y de acuerdo al IPBAN allí establecido.

- **Control de calidad y trazabilidad**

Para garantizar la trazabilidad de los datos obtenidos en las evaluaciones de los recursos pesqueros, se deberá contar con copias o fotografías de las tablillas de acrílico u otro medio de escritura submarina en la que se anotó la data de densidad o cobertura de las especies observadas por el buzo, así como de las planillas de anotación de tallas, biomasa etc. Idealmente, se deberá tener fotografía de algunas de las características más relevantes de las comunidades observadas.

4.2.3.3.3.5. Comunidades submareales de fondo blando

- **Marco conceptual**

Las comunidades de fondos blandos, han sido ampliamente utilizadas en estudios de impacto ambiental, ya que muestran una respuesta rápida al estrés y por lo tanto pueden dar respuestas tempranas a eventos de contaminación. La contaminación puede afectar a los organismos que viven en el sedimento debido a variables físicas asociadas a la contaminación, como por ejemplo el incremento de la sedimentación de partículas que asfixia los organismos o por efecto de la toxicidad debido a un aumento de la concentración de ciertos contaminantes como metales, hidrocarburos o el aumento de la materia orgánica, generando en este último caso una disminución de la concentración de oxígeno que puede llevar a la muerte de los organismos. Todos estos cambios, eventualmente pueden ser generados por la operación de un emisario submarino.

- **Metodología y análisis**

El diseño muestral para evaluar las comunidades de infauna, debiera considerar al menos muestreos durante la época invernal y estival, tanto durante la

construcción del proyecto como durante la operación de este, realizado al menos un muestreo en cada una de estas estaciones. Las muestras en lo posible deberán ser tomadas lo más cercanas en el tiempo en cada estación, en lo posible dentro del mismo día de monitoreo.

Instrumentos y toma de muestras

Las muestras deben ser tomadas con draga con mordida de 0,1 m² de superficie. La draga debe ser operada desde una embarcación con huinche y será establecido como muestra válida cuando la mordida de un dragado llene a lo menos el 75% de la draga. En la práctica, un buen dragado permite ver en el sedimento retenido en el recipiente de la draga, la superficie del fondo marino “tal cual” se apreciaría en la profundidad de donde proviene el dragado.

Cada muestra será depositada íntegramente en una doble bolsa de polietileno, fijada en formalina al 5% y etiquetada, donde se debe incluir la fecha, localidad y código de la estación. La muestra no debe ser lavada ni pre-lavada en la embarcación y en ningún otro lugar mientras se permanezca en el terreno. El lavado de la muestra y extracción de la macrofauna, sólo debe ser realizado en un laboratorio.

Equipos de análisis en laboratorio

En el laboratorio, las muestras serán lavadas con agua extrayendo toda la fauna retenida en un tamiz de 1 milímetro de abertura de malla. En caso de quedar sedimento retenido en el tamiz, este sedimento remanente deberá ser revisado convenientemente para extraer toda la fauna que aún permanezca en él.

Una vez extraídos los animales, deberán ser determinados al nivel taxonómico más bajo posible, deseable a nivel de especie. Cuando 2 ó más especies no determinadas sean asignadas a un mismo taxón superior, éstas serán nombradas por esa asignación más la extensión sp.1, sp.2 , etc. En toda ocasión, cuando un taxón no haya sido identificado a nivel de especie, este deberá ser particularmente guardado y

rotulado con la asignación entregada, de manera tal de poder ser revisado y referenciado en los futuros monitoreos, dándole así, siempre la misma asignación. Será responsabilidad de la Empresa Contratante asegurar que la Empresa Consultora mantenga la *colección de referencia*, y de ser cambiada la Empresa Consultora por otra empresa para los siguientes monitoreos, la Empresa Consultora saliente deberá entregar la *colección de referencia* con el objeto de seguir el mismo criterio de asignación. Este procedimiento permitirá, en lo sucesivo, que dicho taxón pueda ser determinado a un nivel taxonómico menor hasta llegar a especie sin alterar la interpretación que se tiene de la situación ambiental producto de la actividad productiva.

Los *taxa* de cada muestra serán contados, pesados con una sensibilidad de 0,001 gr (peso húmedo luego de 5 minutos de drenado) y preservados en alcohol al 70%. Las muestras deberán ser guardadas por un período no menor a 5 años, debiendo mantener una *colección guía* con especímenes representativos de cada uno de los *taxa* determinados a nivel de especie. De ser pertinente, la *colección guía* permitirá a la Empresa Consultora, o a la empresa que continúe con el monitoreo, hacer las correcciones necesarias en presencia de una determinación incorrecta de una ó más especies. Será responsabilidad de la Empresa Contratante asegurar que la Empresa Consultora mantenga la *colección guía* y, de ser cambiada por otra Empresa Consultora, se haga entrega de dicha colección con el objeto de continuar con los mismos criterios.

Todo cambio en la determinación de un taxón que provenga de la revisión de la *colección de referencia* y/o de la *colección guía*, será entendido como una mejora en la capacidad de establecer de manera cada vez más precisa los eventuales impactos negativos de la actividad productiva. Esto deberá ser informado a la Autoridad competente mediante un *addendum* a informes de monitoreos precedentes y explicitado en un anexo en el informe de monitoreo donde se establece el cambio. Será responsabilidad de la Empresa Contratante mantener el adecuado registro de los cambios de asignación de especies/taxón y que este cambio le sea informado oportunamente a la Autoridad competente por la actual Empresa Consultora. La

Autoridad competente podrá realizar auditorías a la Empresa Contratante por la determinación de especies en presencia de cambios detectados en la composición de la macrofauna.

Análisis de datos

Con los datos de abundancia y biomasa se obtendrá una matriz de taxa x muestras. En un primer análisis del monitoreo, deberá ser entregado en una Tabla el listado general de *taxa* ordenados por Phylum, Clase y Orden, además de Total Macrofauna, con los siguientes descriptores:

Abundancia promedio total: $(\text{abundancia total del taxón})/(\text{número total de réplicas})$,

Biomasa promedio total: $(\text{biomasa total del taxón})/(\text{número total de réplicas})$,

Abundancia relativa: proporción de la abundancia de una especie respecto a la abundancia de todas las especies en la muestra, expresada como porcentaje.

Frecuencia de ocurrencia: proporción del número de estaciones donde una especie está presente sobre el total de estaciones, expresado en porcentaje.

Riqueza (*S*): número total de especies por estación.

Diversidad (*H'*): Índice de diversidad de Shannon & Weaver por estación, calculado con logaritmo natural:

Uniformidad de Pielou (*J'*), o Evenness (Pielou, 1966):

Seguidamente, para la macrofauna agrupada por Phylum y Total Macrofauna, y con los datos de las cuatro réplicas por estación de muestreo, se obtendrá la abundancia promedio, la biomasa promedio y riqueza promedio (\pm desviación estándar), lo que deberá ser entregada en Figuras. El análisis de cada Figura deberá estar acompañado con el resultado de un ANOVA (análisis de la varianza de 1 factor), paramétrico o no-paramétrico según comportamiento de las varianzas. Como prueba a posteriori se deberá utilizar la prueba de Tukey.

La caracterización de las comunidades de fondos blandos será realizada con los *taxa* dominantes de cada estación, siendo éstos aquellos *taxa* que en orden decreciente de sus abundancias y biomasa logran el 80% ó más del total de la abundancia y/o total de la biomasa de la respectiva estación. La caracterización incluye un análisis de clasificación jerárquica de la co-ocurrencia de los *taxa* dominante a través de las estaciones, utilizando para dicho propósito el índice de disimilitud de Bray–Curtis en base a las abundancias, previa transformación de los datos (por ej., raíz cuarta). La técnica de agrupamiento a utilizar es la UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*). El análisis es acompañado por una Figura donde se muestre el aporte porcentual de cada uno de los referidos *taxa* dominantes dentro de cada estación. Finalmente, el grado de similitud de los agregados macroinfaunicos por estación será también evaluado con un análisis de clasificación jerárquica considerando las abundancias de todos los *taxa* dominantes dentro de cada estación (con el índice de disimilitud de Bray–Curtis, transformación de los datos y técnica de agrupamiento UPGMA).

La visualización y el establecimiento de los eventuales cambios temporales en la estructura comunitaria (y que puedan indicar impactos negativos o positivos significativos de una actividad productiva), se hará en base a un análisis de ordenación no-paramétrico nMDS (*non Metric MultiDimensional Scaling*), teniendo como insumo una matriz *taxa* x muestras-por-estación/tiempo de las abundancias, utilizando el índice de disimilitud de Bray & Curtis. La significancia estadística de los cambios en el tiempo a observar será establecida mediante ANOSIM (Warwik & Clarke) o mediante el nPMA (*non-Parametric Multivariate Analysis*) (Anderson, 2001). Dado que un cambio temporal significativo en la estructura comunitaria no necesariamente indicará un impacto negativo (o positivo) de una actividad productiva, la relevancia ambiental de este cambio (y efecto real de la actividad productiva) debe ser evaluada considerando la identidad de las especies, los descriptores de abundancia, biomasa y riqueza de especies (incluyendo H' y J'), donde la aproximación AMBI debe ser un referente adicional en esta evaluación.

- **Control de calidad y trazabilidad**

Para garantizar la trazabilidad de las muestras de infauna, se deberá confeccionar las respectivas cadenas de custodia, las que deberán contener al menos el lugar de muestreo, el nombre de las estaciones y réplicas, la fecha de muestreo y el nombre del personal que tomo la muestra. Esta cadena de custodia deberá ser firmada tanto por el personal que tomo la muestra como el personal que recepcionó la muestra en el laboratorio.

4.2.3.3.3.6. Comunidades submareales de fondos duros

- **Marco conceptual**

Las comunidades marinas de fondos duros pueden ser afectadas por durante la construcción del emisario submarino o durante la operación de este debido a la introducción de sustancias nocivas para las comunidades existentes en la zona de influencia. Durante la construcción los organismos que habitan los fondos duros pueden ser destruidos debido a la instalación de estructuras, detonaciones de explosivos u otras actividades que destruyan el hábitat donde estas se encuentran. Durante la operación en tanto, pueden ser afectadas por los posibles contaminantes químicos que se viertan en el mar, los que pueden afectar tanto las poblaciones adultas como las larvas o juveniles.

- **Metodología y análisis**

Para caracterizar la biota de fondos duros submareales colindantes a un emisario submarino, se deben trazar y ubicar transectos perpendiculares a la costa, desde los 3 m hasta los 20 m de profundidad o hasta se extiendan los fondos duros si la profundidad es menor. Todos los transectos deben ser distribuidos de manera equidistante uno del otro en el área costera colindante al proyecto, frente a los

terrenos de la empresa siguiendo la metodología descrita en el acápite diseño muestral de este capítulo.

En cada transecto, cada 5 m de profundidad, se debe evaluar la cobertura y abundancia de invertebrados bentónicos de fondos duros lanzando al azar cuadrantes de 0,25 m². En cada cuadrante se debe evaluar la cobertura de organismos sésiles (invertebrados y macroalgas) utilizando una trama de cien puntos de intersección, y la abundancia de invertebrados móviles con conteos *in situ*. La cobertura de organismos debe ser expresada como frecuencia porcentual por 0,25 m² y la densidad de invertebrados como número de individuos por 0,25 m². La identificación taxonómica de cada especie debe ser realizada a la menor resolución posible (Ej. Familia, Género o especie), de acuerdo a la literatura disponible (ver Lancelloti & Vásquez 2000).

El extremo profundo de cada transecto debe ser georeferenciado en coordenadas UTM y UG usando un GPS portátil comercial. Las coordenadas geográficas deben ser registradas en superficie, ubicando el bote sobre la posición de inmersión de los buzos. Además, los buzos deben anotar la profundidad. Llevar un registro fotográfico de actividades en terreno.

Los monitoreos de las comunidades de fondos duros deben ser realizadas al menos en invierno y verano tanto durante la construcción como la operación del proyecto, realizando una campaña de monitoreo en cada una de las estaciones, procurando que la duración de esta sea lo más acotada en el tiempo.

Análisis de datos

Con los datos de abundancia y cobertura de las especies presentes se obtendrá una matriz de *taxa* x muestras. En un primer análisis del monitoreo, deberá ser entregado en una Tabla el listado general de *taxa* ordenados por Phylum, Clase y Orden, con los siguientes descriptores:

Abundancia promedio total fauna móvil

Cobertura promedio total para fauna sésil.

Abundancia relativa

Frecuencia de ocurrencia

Riqueza (S)

Diversidad (H')

Uniformidad de Pielou (J')

Se deberá realizar una comparación entre estaciones, poniendo énfasis especial entre las diferencias observadas entre las estaciones ubicadas en la zona de influencia y las ubicadas en la zona control. Este análisis deberá estar acompañado con el resultado de un ANOVA (análisis de la varianza de 1 factor), paramétrico o no-paramétrico según comportamiento de las varianzas. Como prueba a posteriori se deberá utilizar la prueba de Tukey.

La caracterización deberá incluir un análisis de clasificación jerárquica de la co-ocurrencia de los *taxa* dominante a través de las estaciones, utilizando para dicho propósito el índice de disimilitud de Bray-Curtis en base a las abundancias, previa transformación de los datos (por ej., raíz cuarta). La técnica de agrupamiento a utilizar es la UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*). El análisis es acompañado por una Figura donde se muestre el aporte porcentual de cada uno de los referidos *taxa* dominantes dentro de cada estación. Finalmente, el grado de similitud de los agregados macroinfaunicos por estación será también evaluado con un análisis de clasificación jerárquica considerando las abundancias de todos los *taxa* dominantes dentro de cada estación (con el índice de disimilitud de Bray-Curtis, transformación de los datos y técnica de agrupamiento UPGMA).

La visualización y el establecimiento de los eventuales cambios temporales en la estructura comunitaria (y que puedan indicar impactos negativos o positivos significativos de una actividad productiva), se hará en base a un análisis de ordenación no-paramétrico nMDS (*non Metric MultiDimensional Scaling*), teniendo como insumo una matriz *taxa* x muestras-por-estación/tiempo de las abundancias, utilizando el índice de disimilitud de Bray & Curtis. La significancia estadística de los

cambios en el tiempo a observar será establecida mediante ANOSIM (Warwik & Clarke) o mediante el nPMA (*non-Parametric Multivariate Analysis*) (Anderson, 2001). Dado que un cambio temporal significativo en la estructura comunitaria no necesariamente indicará un impacto negativo (o positivo) de una actividad productiva, la relevancia ambiental de este cambio (y efecto real de la actividad productiva) debe ser evaluada considerando la identidad de las especies, los descriptores de abundancia, biomasa y riqueza de especies (incluyendo H' y J').

- **Control de calidad y trazabilidad**

Para garantizar la trazabilidad de los datos obtenidos en las evaluaciones de comunidades submarinas de fondos duros, se deberá contar con copias o fotografías de las tablillas de acrílico u otro medio de escritura submarina en la que se anotó la data de densidad y cobertura de las especies observadas por el buzo. Idealmente, se deberá tener fotografía de algunas de las características más relevantes de las comunidades observadas.

4.2.3.3.3.7. Comunidades intermareales de roca

- **Marco conceptual**

Las comunidades marinas que habitan el intermareal rocoso pueden ser afectadas por la construcción y operación de un emisario submarino, principalmente debido a la destrucción del hábitat durante la construcción del emisario o podrían verse afectadas por un aumento de los contaminantes que pudiesen ingresar al sistema producto de la operación del mismo.

- **Metodología y análisis**

Para evaluar la biota marina de playas de roca se trazan transectos perpendiculares a la costa, considerando el ancho de la distribución de los ensambles intermareales. Los transectos deben ser distribuidos, de manera equidistante, a lo largo de la franja intermareal dentro del área costera colindante al proyecto, y a los terrenos de la empresa. Un transecto intermareal (T1) debe ser ubicado dentro del área proyectada como Concesión Marítima de Porción de Playa sobre el eje del emisario. Debido a la heterogeneidad del litoral rocoso, y con el fin de describir de mejor manera los patrones de distribución y de diversidad de especies, en los sitios de muestreo (definidos como Tx) se debe trazar un transecto sobre plataformas rocosas (entre 0 y 75° de inclinación) y otro sobre paredones (>75° de inclinación).

Para describir la composición y los patrones de distribución vertical de las especies en la franja intermareal, cada transecto debe ser subdividido en tres zonas en función del nivel de marea. En el área de estudio y de acuerdo a la clasificación de Santelices (1989) para comunidades de rocas: la zona intermareal alta (o intermareal alto) se ubica entre los 1,5 m y 2,5 m sobre el nivel medio del mar, la zona intermareal media (o intermareal medio) está entre los 0,5 m y 1,5 m sobre el nivel medio del mar, mientras que la zona intermareal baja (o intermareal bajo) está entre los 0,1 m y 0,5 m sobre el nivel medio del mar. En cada zona intermareal (alto, medio, bajo) del transecto, se deben lanzar cuadrantes de 0,25 m² (50 cm por 50 cm) al azar para evaluar in situ la cobertura de invertebrados sésiles y macroalgas (utilizando una trama de cien puntos de intersección), y la abundancia de invertebrados móviles.

La cobertura de especies sésiles debe ser expresada como porcentaje, mientras que la abundancia de organismos móviles debe ser expresada como número de individuos por especie en 0,25 m².

Cada transecto debe ser georeferenciado en coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator) y geográfica, anotando además el tipo de sustrato y el perfil de la playa. El transecto debe ser georeferenciado usando GPS portátil comercial, registrando las coordenadas del punto en el intermareal alto. Mantener un registro fotográfico de las actividades en terreno.

Los monitoreos de las comunidades intermareales de fondos duros deben ser realizadas al menos en invierno y verano tanto durante la construcción como la operación del proyecto, realizando una campaña de monitoreo en cada una de las estaciones, procurando que la duración de esta sea lo más acotada en el tiempo.

- **Control de calidad y trazabilidad**

Para garantizar la trazabilidad de los datos obtenidos en las evaluaciones de comunidades intermareales de fondos duros, se deberá contar con copias o fotografías de las tablillas de acrílico u otro medio de escritura submarina en la que se anotó la data de densidad y cobertura de las especies observadas por el buzo. Idealmente, se deberá tener fotografía de algunas de las características más relevantes de las comunidades observadas.

4.2.3.3.3.8. Comunidades intermareales de arena

- **Marco conceptual**

Las comunidades marinas que habitan el intermareal de arena pueden estar expuestas a los mismos impactos ambientales descritos para las comunidades del intermareal de roca, es decir destrucción del hábitat durante la construcción del emisario o efectos de un aumento de los contaminantes que pudiesen ingresar al sistema producto de su operación.

- **Metodología y análisis**

Para evaluar la biodiversidad marina de playas de arena colindante a emisarios submarinos se deberán trazar transectos perpendiculares a la costa que abarquen todo el ancho de la costa intermareal. Los transectos deben ser distribuidos,

aproximadamente de manera equidistante entre sí, a lo largo de la franja intermareal dentro del área costera colindante al proyecto y a los terrenos de la empresa de acuerdo a la metodología muestral indicada anteriormente en esta guía.

Con el fin de describir los patrones de zonación vertical de la biota que habita en la playa de arena, cada transecto debe ser subdividido en estaciones de muestreo equidistante entre sí. Cada estación de muestreo debe ser ubicada aproximadamente cada 5 m a lo largo del transecto, abarcando la extensión comprendida entre la berma de la playa y la zona de saturación. De acuerdo a la clasificación utilizada por McLachlan & Jaramillo (1995), las playas se dividen en cuatro zonas: (1) la zona de secado y más alta marea, que incluye la berma de la playa, y se ubica en el área de estudio entre los 1,5 m y 2,5 m sobre el nivel medio del mar. (2) La zona de retención, ubicada en el centro de la playa entre los 0,5 y 1,5 m sobre el nivel medio del mar. (3) La zona de resurgencia ubicada dentro del límite determinado por las mareas bajas; y (4) la zona de saturación y batido de las olas que está entre el nivel 0 de mareas y los 0,5-1 m de profundidad.

En cada estación de muestreo del transecto, se enterraran cores de 0,01 m² para evaluar la abundancia de invertebrados. Los sedimentos retenidos en los cores debe ser tamizado a través de una malla de 1 mm de luz. La densidad de organismos móviles debe ser expresada como número de individuos por especie en 0,01 m² y la biomasa en gramos (g) en 0,01 m², respectivamente.

Cada transecto debe ser georeferenciado en coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator) y UG (Unidades Geográficas) usando un GPS postátiles, registrando las coordenadas del punto en la zona secado y más alta marea (berma de la playa) y en la zona de saturación y batido de las olas. Además, se debe determinar el perfil de la playa usando el método de Emery (1961) para estimar la pendiente.

Los monitoreos de las comunidades intermareales de arena deben ser realizadas al menos en invierno y verano tanto durante la construcción como la operación del proyecto, realizando una campaña de monitoreo en cada una de las estaciones, procurando que la duración de esta sea lo más acotada en el tiempo.

- **Control de calidad y trazabilidad**

Para garantizar la trazabilidad de las muestras de intermareal de arena, se deberá confeccionar las respectivas cadenas de custodia, las que deberán contener al menos el lugar de muestreo, el nombre de las estaciones y réplicas, la fecha de muestreo y el nombre del personal que tomo la muestra. Esta cadena de custodia deberá ser firmada tanto por el personal que tomo la muestra como el personal que recepcionó la muestra en el laboratorio.

4.2.3.3.3.9. Ictiofauna

- **Marco conceptual**

Debido a que los peces presentan cierta movilidad que puede generar un alejamiento de una fuente de contaminación, el principal efecto sobre las poblaciones de estos organismos tiene relación con la destrucción de su hábitat. Como efecto no letal, también se debe considerar la bioacumulación especialmente en especies bentónicas o residentes con menor movilidad que permanecen en las cercanías del proyecto por un mayor tiempo.

- **Metodología y análisis**

Las poblaciones de peces deben ser evaluadas dependiendo de su movilidad mediante métodos directos (censos) o mediante métodos indirectos (pescas).

Censos visuales

Para aquellas poblaciones de peces bentónicos con baja movilidad y que permanecen habitando en las inmediaciones de la zona de influencia del proyecto, se deberán realizar censos directos. El muestreo de peces deberá realizarse en transectos de área conocida (por ejemplo, de longitud 100 m) y cada transecto, debe ser recorrido por un buzo biólogo el cual identificará y contará todas las especies que

pueda observar. Se deben contar todos aquellos peces que se observen nadando en las cercanías del transecto (hasta donde la visibilidad permita la evaluación) o en dirección contraria al buzo, no contabilizando aquellas que se desplacen en la misma dirección de este de manera de minimizar los conteos dobles. De igual manera se pueden utilizar puntos de observación dentro del transecto con tiempos fijos de observación como metodología alternativa (ver Pere-Matus et al, 2007). Se registrará además la visibilidad promedio para cada día de muestreo y las profundidades de inicio y finalización del transecto.

Muestreo de peces mediante pesca

Para aquellas poblaciones de peces pelágicas o con mayor movilidad y para las cuales se requiera conocer sus características poblacionales, se deberán desarrollar muestreos mediante artes de pesca. Para ello se pueden utilizar redes o espineles (horizontales o verticales).

Redes.

Para la utilización de redes como arte de pesca, se debe considerar las especies a capturar y además asegurar que la abertura de malla permita la captura de especies de distinto tamaño. Se recomienda usar dos redes de trasmallo con diferentes aperturas de malla, las cuales se deben instalar al menos durante 12 horas. Se debe considerar la biología de las especies a pescar para determinar la extensión de la red, su profundidad de instalación, fase lunar etc. La captura debe ser analizada en cuanto a captura por unidad de esfuerzo y determinar parámetros poblacionales como sexo, tamaño, edad u otro de importancia para el proyecto.

Espineles.

En estas experiencias se pueden utilizar espineles verticales, horizontales u ambos dependiendo de las especies a estudiar. Los espineles verticales reciben ese nombre en atención a que la línea madre queda en forma vertical sobre el fondo, mientras que en el caso de los espineles horizontales la línea madre queda calada en forma paralela al fondo marino. Para asegurar la captura de especies de distintos

tamaños y organismos de distintas edades, se debe considerar entre otros factores, el tamaño de los anzuelos, tipo de carnada, tiempo de permanencia en el agua.

Proceso y registro de la información

Para cada lance se registrará la fecha, posición geográfica, profundidad de trabajo, aparejo de pesca empleados y características específicas de los mismos y carnada utilizada en los espineles. Además, se deberá llevar un control *in situ* del tamaño y peso total de los ejemplares capturados. Los rendimientos por sitio de pesca se deben calcular por especie, como el cociente entre el peso capturado y red o el número y tipo de anzuelos empleados según el arte de pesca. Los peces serán identificados taxonómicamente, medidos con un ictiómetro, registrando la longitud total en centímetro inferior y el peso total debe ser determinado en forma individual con ayuda de una balanza.

Para la correcta evaluación de las comunidades de peces, los muestreos deben ser realizados al menos dos veces al año en épocas opuestas (invierno verano). La extensión en el tiempo debe ser lo más acotada en el tiempo en cada campaña para no incluir variabilidad temporal entre los sectores de estudio. Se debe contemplar además otras condiciones como fases lunares, dependiendo de las especies estudiadas y el objetivo del estudio en particular

- **Control de calidad y Trazabilidad**

Para garantizar la trazabilidad de los datos obtenidos en las evaluaciones de peces, se deberá contar con copias o fotografías de las tablillas de acrílico u otro medio de escritura utilizada en terreno en la que se anotó la data de densidad para las evaluaciones mediante censos. De igual forma se deberán conservar los registros de las mediciones de la ictiofauna capturada mediante las pescas. Idealmente, se deberá tener fotografía de algunas de las características más relevantes de los procedimientos muestrales utilizados.

4.2.4.- Guía de criterios y metodologías para proyectos centrales hidroeléctricas

4.2.4.1.- Definición y antecedentes de Centrales hidroeléctricas

Las centrales hidroeléctricas aprovechan los cursos naturales de agua dulce para generar energía eléctrica al pasar el agua por turbinas generadoras, aprovechando el desnivel natural del cauce de los ríos o generando un embalsamiento de estos. Existen dos tipos de centrales hidroeléctricas, las centrales de pasada y las centrales de embalse de las aguas. En el primer tipo de centrales, parte del agua del cauce se desvía y se pasa por una turbina para generar energía para posteriormente devolver el agua desviada a su curso natural. En el segundo tipo, se requiere del embalse de las aguas para posteriormente liberarlas a través de una turbina lo que genera la energía eléctrica.

El cambio del régimen de las aguas de los ríos intervenidos por las centrales hidroeléctricas, genera cambios en el sector de mar donde desembocan debido a la disminución de los aportes de agua dulce, lo que se traduce en un cambio en las condiciones del agua de mar, por ejemplo en la salinidad del sector y una disminución del aporte de nutrientes y otras sustancias al medio marino, las cuales pueden, una vez en funcionamiento los embalses, quedar depositados en estos y no llegar al mar. De igual forma, la construcción de las centrales hidroeléctricas puede generar barreras a la migración de algunas especies que tienen parte de su ciclo de vida en el mar y otra parte en los ríos. Además, las centrales hidroeléctricas podrían contemplar como parte de su diseño, el transporte de la energía producida mediante cables submarinos, los que podrían también tener un impacto sobre el ambiente marino. Considerando estos antecedentes es que se desarrolla esta guía para centrales hidroeléctricas.

4.2.4.2.- Impactos potenciales de las centrales hidroeléctricas por etapa de proyecto.

Etapa construcción.

Las centrales hidroeléctricas durante su construcción pueden afectar el ambiente marino debido a la construcción de las obras de ingreso y salida de los cables de conducción de corriente al mar, donde se puede remover sustrato tanto intermareal como submareal, así como desarrollar dragados en el sector donde será posicionado el cable. También durante la construcción del embalse y de las obras propias de la central generadora, se pueden producir el movimiento de tierra la cual puede ser arrastrada por las aguas generando cambios en las condiciones a su llegada al mar como aumento de turbidez o ingreso de sustancias no deseadas. Los impactos ambientales probables en esta etapa por lo tanto son:

Destrucción o modificación de hábitats: Si el proyecto contempla un tendido de transmisión submarina, la construcción de las estructuras intermareales donde se instalará la entrada o salida de cables, podría generar pérdida de hábitats en los sectores intervenidos.

Destrucción de bancos de especies sésiles: Por las mismas actividades descritas en el punto anterior, se destruyen aquellos bancos de especies sésiles o con bajo movimiento que no tienen posibilidad de emigrar a otros sectores durante la etapa de construcción. Estas especies pueden tener importancia económica (recursos pesqueros) o ecológica (por ejemplo algas u otras especies estructuradoras de hábitats).

Efecto de la generación de ruidos y ondas expansivas sobre mamíferos marinos y aves: Los mamíferos marinos, especialmente aquellos que son residentes, pueden ser afectados durante la etapa de construcción, debido a la generación de ruidos intensos que podría generar cambios de conducta, abandono del lugar o incluso la

muerte de individuos. De igual manera, el uso de explosivos puede también generar abandono del lugar o la muerte de los individuos.

Alteración de la calidad de la columna de agua y sedimento mediante resuspensión de este o ingreso de contaminantes externos: El movimiento de los sedimentos marinos, rocas etc. genera re suspensión de sedimentos, que pueden o no contener metales traza u otros contaminantes, los cuales pueden afectar las características de la columna de agua aumentando la turbidez o cambiando las características de esta. La etapa de construcción también puede generar incorporación de contaminantes externos tales como hidrocarburos u otros provenientes de las actividades de construcción. Estos cambios químicos pueden afectar tanto a las comunidades planctónicas como bentónicas del sector.

Etapas de operación.

La etapa de operación contempla cambios en los regímenes de las aguas del cauce intervenido y además genera obstáculos físicos a algunas especies marinas. La transmisión de energía a través de los cables submarinos puede generar efectos relacionados con los campos electromagnéticos. A continuación se describen los impactos asociados a la etapa de operación de las centrales hidroeléctricas en el ambiente marino.

Generación de campos electromagnéticos y radiación termal: La operación de cables submarinos de alta tensión genera campos electromagnéticos, los cuales pueden afectar la orientación de peces y mamíferos marinos, así como de algunos elasmobranchios, afectando conductas migratorias. La radiación termal por su parte puede afectar las comunidades de especies bentónicas cercanas a la instalación del cable.

Cambio en los regímenes de aguas que llegan a la costa: Durante la operación de las centrales hidroeléctricas, el régimen y el volumen de agua descargado al mar cambiará y dependerá de la cantidad que se encuentre embalsada y de la necesidad

de generación de energía, con el consiguiente cambio en las condiciones en la costa cercana a la desembocadura del curso de agua.

Interrupción de rutas migratorias de peces: Las obras que se pueden construir como parte de la central hidroeléctrica pueden interrumpir las rutas migratorias de algunos peces, afectando poblacionalmente a dichas especies.

Etapas de cierre.

La etapa de cierre corresponde a todas las actividades que se requieren para poner término a las operaciones de las centrales hidroeléctricas, puedan afectar el ambiente. Los posibles impactos ambientales que pueden ocurrir durante esta etapa, son similares a los que se reportan para la etapa de construcción.

En la Tabla 15 se presenta, para las diferentes fases de los proyectos portuarios, una matriz general de actividades e impactos potenciales, por tipo de componente ambiental.

Tabla 15 Matriz de actividades e impactos potenciales de los proyectos de centrales hidroeléctricas, por componente ambiental, de acuerdo a las distintas fases de proyecto.

Proyecto	Actividades	Impacto	Matriz / Componente Ambiental Impactado	Total
----------	-------------	---------	---	-------

Tipo	Fase			Agua		Sedimentos		Biota												
				F	Q	F	Q	FP	ZP	IS	II	ESfd	EIfd	P	A		R	M		
Centrales hidroeléctricas/ cables submarinos	Construcción	Movimiento de tierra en borde costero/instalación de cables	Alteración de la calidad de la columna de agua y los sedimentos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	14		
		Tronaduras intermareales	Efectos generación de ruidos y ondas expansivas en mamíferos y aves												X	X		X	3	
			Destrucción o modificación de hábitats									X		X	X	X			5	
			Destrucción de bancos de especies sésiles									X		X	X	X			5	
		Tronaduras submareales	Efectos generación de ruidos y ondas expansivas en mamíferos y aves												X	X		X	3	
			Destrucción o modificación de hábitats									X		X				X	4	
			Destrucción de bancos de especies sésiles									X		X				X	4	
		Hincado de pilotes de anclaje cables	Efectos generación de ruidos y ondas expansivas en mamíferos y aves												X	X		X	3	
		operación	Cambio caudales de ríos	Alteración de la calidad de la columna de agua y los sedimentos		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			12
				Alteración de hidrodinámica		X	X	X	X											4
	Alteración rutas de migración especies														X			X	2	
	Operación cable submarino		Efecto del magnetismo sobre las especies												X			X	12	

Cierre / Abandono	Movimiento de tierra en borde costero	Efectos generación de ruidos y ondas expansivas en mamíferos y aves														X		X					2	
	Desmontaje de estructuras	Alteración de la calidad de la columna de agua y los sedimentos		X	X	X	X																	4
		Destrucción o modificación de hábitats									X	X	X	X				X	X					6
		Destrucción de bancos de especies sésiles									X	X	X	X										4

F: físico; **Q:** químico; **FP:** fitoplancton; **ZP:** zooplancton; **IS:** Infauna submareal; **II:** Infauna intermareal; **ESfd:** Epibiota submareal fondos duros; **EIfd:** Epibiota intermareal fondos duros; **P:** Peces; **A:** aves; **R:** Reptiles; **M:** mamíferos.

4.2.4.3.- Protocolos de evaluación de componentes ambientales.

Los protocolos de evaluación del impacto ambiental de las actividades previamente descritas, deben de dar cuenta de la variabilidad ambiental intrínseca de cada una de los parámetros o matrices a ser estudiados y ser capaz de diferenciar los efectos provocados por las actividades de las centrales hidroeléctricas de aquellos cambios que se producen de manera natural en el ambiente o de aquellos provocados por otras actividades antrópicas que se desarrollen en el borde costero cercano al proyecto como son la pesca artesanal, acuicultura u otras actividades industriales o en lo posible evaluar la probable sinergia con dichas actividades. De igual manera, el dimensionamiento de un impacto en los sistemas acuáticos debe tener en cuenta como elementos principales las características del lugar (sistemas cerrados; semi cerrados o sistemas abiertos; profundos o someros; características ecológicas y/o usos compartidos), la dinámica física y química del sistema y su condición de conservación actual. El dimensionamiento debe poder guardar las proporciones del

impacto con las características de unidad geográfica local (bahía, costa expuesta, un fiordo, una ensenada pequeña, etc.).

A continuación se desarrolla una propuesta de diseño muestral para ser aplicado a todas las matrices ambientales estudiadas que requieren la toma de muestras ya sea para la evaluación química o biológica. Se exceptúan aquellas matrices que por sus características deben ser evaluadas por metodologías diferentes como son los mamíferos marinos o la oceanografía física.

Zona de influencia

De acuerdo al Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental “El área de influencia del proyecto o actividad se definirá y justificará, para cada elemento afectado del medio ambiente, tomando en consideración los impactos ambientales potenciales relevantes sobre ellos” .La determinación de la zona de influencia del proyecto, deberá considerar entonces al menos la siguiente información que deberá ser analizada y cuyo análisis deberá quedar explícito en la definición de la zona de influencia presentada en el estudio o declaración de impacto ambiental:

- Presencia de otras actividades antrópicas (áreas de manejo de recursos pesqueros, áreas de acuicultura, actividades industriales)
- Áreas de pesca
- Presencia de reservas o parques marinos
- Características del caudal a intervenir
- Información de literatura respecto de características de la zona cercanas al cauce a intervenir o a la zona de instalación de los cables de transmisión submarino para la componente física (corrientes, vientos, batimetría, etc.)
- Información de literatura respecto de características de la zona cercanas al cauce a intervenir o a la zona de instalación de los cables de transmisión submarino para la componente química.
- Información de literatura respecto de características de la zona cercanas al cauce a intervenir o a la zona de instalación de los cables de transmisión

submarino para la componente biológica (Plancton, comunidades submareales e intermareales, mamíferos marinos, aves, etc.)

La información recolectada deberá ser considerada para establecer la mayor área posible de impacto, considerando las posibles sinergias existentes. Se debe incluir en una carta un polígono que dé cuenta del área de influencia del proyecto.

Diseño muestral estudios de impacto ambiental y planes de vigilancia ambiental

Un diseño muestral adecuado debería poder caracterizar de buena manera la zona de influencia del proyecto, para poder determinar dónde y en que magnitud se producen los impactos. En general, los diseños muestrales tanto de las líneas de base como de los planes de vigilancia ambiental posteriores se basan en una serie de estaciones o puntos de muestreo distribuidos de manera aleatoria en la zona de influencia del proyecto o de manera equidistante alejándose del punto de impacto, incluyéndose uno o dos puntos de control alejados del proyecto y no influenciados por este. Sin embargo, no existe una metodología estandarizada que establezca cuantas estaciones de muestreo son necesarias ni cómo se deben distribuir estas, así como tampoco existe una referencia a las consecuencias que tiene la observación de cambios ambientales en alguna de estas estaciones. De esta manera, el diseño muestral debe comenzar en el “punto cero” del Impacto, lugar donde se encuentra la fuente de emisión, y terminar en un “punto L”, distancia que define un Área de Impacto. El “punto L” será el límite último de dicho impacto potencial, posterior al cual no se espera efecto alguno bajo ninguna circunstancia debido al proyecto en cuestión. Para el caso de las centrales hidroeléctricas, el “punto L” debiera considerar el punto de llegada del cauce de agua dulce intervenido por la central, así como los puntos de entrada y salida de los cables de transmisión submarina. Además debiera considerar lo estipulado por la Autoridad competente y por los intereses de la

comunidad, entendiendo en esta última a otras empresas productivas, organizaciones sociales, organizaciones culturales, Estado, etc.

La actividad productiva no debiera impactar negativamente el “punto cero” (entendiendo impacto negativo desde una disminución significativa de la diversidad biológica hasta la desaparición local de ella o cambios significativos en las características fisicoquímicas del sector), sin embargo, cualquier impacto negativo en dicho punto será una primera luz de alerta (una luz amarilla) de eventos potencialmente riesgosos para el ambiente y deberá ser explicado a la Autoridad competente por la actividad productiva. Habrá un promedio de 3 estaciones para el “punto cero”, el que correspondería la desembocadura del río intervenido, el punto de entrada del cable al mar y el punto de salida de esta, existiendo por tanto, para este tipo de proyectos tres sectores distintos a ser evaluados, conteniendo cada uno de ellos un punto cero y un punto L.

Desde el “punto cero” al “punto L” de cada uno de estos sectores, habrá un número determinado de estaciones en función de la distancia de ambos. Este número adicional de estaciones puede ser definido por la fórmula $1+3,22*\log(n)$ (regla de Sturges), siendo n la distancia del “punto cero” al “punto L” en metros dividido por 10 (en números de decámetros). Por ejemplo, si la distancia entre ambos puntos es de 1.000 metros, n será igual a $1.000:10 = 100$ decámetros. Entonces, $1+3,22*\log(100) = 7,44$ que al aproximararlo al entero correspondiente resulta en 7 estaciones (si fuesen 100 metros corresponderían a 4 [4,22] estaciones; si fuesen 10.000 metros habrían 11 [10,66] estaciones; etc.). Estas estaciones serán distribuidas equidistante entre el “punto cero” (o entre el “punto cero” más proximal al “punto L”, si existe más de uno) y el “punto L”.

En una línea de costa, el potencial impacto negativo de la actividad productiva podría darse en ambos sentido de la costa, como también en profundidad. Paralelo a la costa, la uni o bidireccionalidad de un potencial impacto negativo lo dará la oceanografía y/o topografía del sector, así como la modelación de las plumas de descarga. Finalmente, la bidireccionalidad de un potencial impacto negativo

implicaría dos “puntos L” por lo que la estimación de las estaciones adicionales deberá considerar la distancia entre estos dos “puntos L” y deberán estar distribuidas proporcionalmente (y equidistante) entre el “punto cero” (o “puntos ceros” proximales a los “puntos L”) y los respectivos “puntos L”. En el caso de estimar un número impar de estaciones adicionales y en presencia de un potencial impacto bidireccional, el número de estaciones adicionales será llevado al número par inmediatamente superior (por ejemplo, de 3 a 4, de 5 a 6, etc.). El número adicional de estaciones no incluye el (los) “punto(s) cero(s)” y tampoco el (los) “punto(s) L”.

Cuando se evidencie un impacto negativo en la estación adicional más proximal al “punto cero” corresponderá una segunda luz amarilla, luego una tercera luz amarilla y, así, sucesivamente hasta alcanzar el “punto L”, lo que encenderá la luz roja originando el cese de la actividad. Sin embargo, antes de llegar a ese último punto, al encenderse cada luz amarilla gatillará medidas de mitigación específicas que serán fiscalizadas por la Autoridad.

Si bien el número de estaciones será dependiente de la extensión de área de impacto, el número de réplicas por estación es fijo. Tradicionalmente, el número mínimo de réplicas (y el aceptado por todos a nivel nacional) es 3, sin embargo, no hay una fórmula única basada en datos empíricos que unifique criterios. Es claro que mientras mayor es el número de réplicas, mejor es la representación de la comunidad de interés o del parámetro de interés; pero también aumenta la representación de la variabilidad del sistema y aumenta el registro de la biodiversidad a niveles tales que complejiza el umbral entre lo que consideramos un sistema sano de uno no-sano. Esta información necesaria para nuestro conocimiento y entendimiento de la biodiversidad, va más allá de los alcances de un programa de vigilancia ambiental enfocado en cautelar la salud del sistema mediante la detección precoz y poniendo límites a intrusiones dañinas. Estudios disponibles que usan un mayor número de réplicas por estación muestran números que van desde los 5 a 9 réplicas por estación, entregando información valiosa sobre lo primero pero no necesariamente evidenciando una mejora en la detección precoz de los eventuales impactos negativos de una actividad productiva. Hasta no contar con información específica para este

tópico, pero entendiendo que una mínima mejora permitirá mejorar la argumentación de cambios precoces, el número de réplicas por estación será subido a 4 (cuatro).

4.2.4.3.1.-Varibles físicas

- **Marco conceptual**

El cambio de los regímenes de agua dulce que llega al mar luego de la construcción de la central hidroeléctrica, puede cambiar las condiciones físicas de la columna de agua, por ejemplo, la densidad de esta, y por tanto también afectar la hidrodinámica del sector. También se producirá un cambio en el aporte de material por parte del río afectando las tasas de sedimentación y de esta manera se puede afectar incluso la batimetría del sector. Por esta razón se hace necesario estudiar las condiciones hidrodinámicas del sector del proyecto, en especial las corrientes existentes y la capacidad de dilución y dispersión del agua de mar.

Durante la operación los cambios estarán asociados a los gradientes de densidad en torno a la desembocadura del río y a los efectos sobre el transporte de sedimento de este mismo.

De acuerdo con el diseño del proyecto, considerando los distintos cambios que generará el proyecto tanto en el medio marino, como terrestre en especial si hay marismas o sistemas estuarinos se deberá definir la metodología a utilizar en la línea base marina, evaluación de impactos y en los programas de vigilancia ambiental.

En las líneas base ambiental se debe hacer como mínimo lo indicado por la DIRECTEMAR y el SHOA, teniendo en cuenta los procesos dominantes, por ejemplo, en la zona de los canales la marea es el principal forzante, mientras que al norte del Canal Chacao el forzante dominante es el viento. Por lo tanto, durante la planificación de los estudios a realizar es necesario analizar que forzantes actúan más sobre las corrientes, y como la batimetría y la forma de la costa modifican las corrientes del sector.

En la evaluación de los impactos es importante evaluar mediante modelación numérica como son las corrientes sin el proyecto y que cambios producirá el proyecto. Debe tenerse en cuenta la interacción del oleaje reinante en las principales épocas de marejada (invierno y verano), y como las corrientes y el oleaje afecta el transporte de sedimentos, teniéndose en cuenta la cercanía de áreas de manejo, reservas y otras actividades económicas que se desarrollen en las cercanías.

En los programas de vigilancia debe incluirse un conjunto de estaciones con CTD que permita describir las variaciones espacio-temporales que se produzcan durante la operación del proyecto. También es importante realizar mediciones con ADCP remolcado para evaluar los cambios de las corrientes en el tiempo y la estimación de los cambios que se producen en los sedimentos en suspensión por medio del análisis del backscattering.

Como las centrales hidroeléctricas generan cambios en la dinámica del sedimento es importante hacer un seguimiento de los cambios batimétricos mediante una batimetría exploratoria.

Las mediciones de las variables físicas deben realizarse a lo menos en las estaciones de verano y de invierno durante la línea de base de manera de establecer las condiciones oceanográficas previas a la intervención del proyecto. Estas mediciones deben desarrollarse como mínimo durante 30 días para corrientes eulerianas, vientos y mareas y mediciones durante marea llenante y vaciante en sicigia y cuadratura para corrientes lagrangianas deriva litoral y dispersión.

- **Metodología y análisis**

Estudio de corrientes Eulerianas o fijas

Como parte de la línea de base del proyecto, se deberá caracterizar el comportamiento de las corrientes costeras en al menos un punto representativo del proyecto (desembocadura del río, ingreso y salida de los cables submarinos), así como

su variación en dirección y magnitud en la columna de agua. Para este efecto y acorde con los requerimientos de la autoridad marítima, se deberá ejecutar un estudio de correntometría de tipo Euleriana, Lagrangiana, corrientes litorales y dispersión con trazador químico (Rodamina WT). El objetivo básico de esta actividad es caracterizar el comportamiento temporal de las corrientes costeras en el área de proyecto, así como su variación en dirección y magnitud a través de la columna de agua, de tal modo de poder caracterizar adecuadamente la dinámica costera del área de interés.

El estudio de correntometría euleriana se realizará por un período de 30 días para lo cual se deberá instalar un perfilador acústico ADCP con tecnología Doppler, que permita medir corrientes y mareas. La programación del instrumento deberá considerar la medición de la corriente en capas de agua de 1 m de espesor, desde la superficie hasta 2 m sobre el fondo marino, con intervalo de registro de 10 minutos.

El análisis de los registros eulerianos deberá incluir un análisis espectral, correlación con viento y marea, efecto de la brisa marina y de la marea, direcciones y probabilidades de ocurrencia, persistencia e intensidades de los flujos y sus estadísticas básicas. Asimismo, se deberán determinar los valores modales y máximos, la fluctuación diurna y semi diurna de la corriente y los diagramas de vector progresivo.

Control de Vientos y Marea

Con la finalidad de determinar posibles relaciones causa efecto entre los distintos agentes forzantes de la circulación marina (marea, vientos), los estudios de correntometría Euleriana se deberán realizar superpuestos temporalmente a estudios de vientos y marea.

Estudio de Vientos

Las mediciones de vientos se deberán desarrollar en el mismo período de ejecución de los estudios de corrientes, para lo cual se instalará y operará una estación meteorológica automática durante 30 días. La estación de medición deberá

ser programada al menos para registrar la rapidez y dirección media del viento en intervalos de 10 minutos.

El análisis de los registros deberá incluir espectros que permitan comprender la circulación atmosférica, ciclos diurnos e intensidades de los flujos atmosféricos y sus estadísticas básicas.

Estudio de Marea

Se deberá analizar los registros de marea medidos por el perfilador ADCP que se instalará en el sector. La información de las mareas del sector de estudio deberá comprender al menos los siguientes análisis: Análisis no armónico, Análisis armónico, Régimen de marea y Planos de marea (NMM, Amplitud media, marea mínima, etc.)

Estudio de corrientes Lagrangianas

Como complemento a las evaluaciones de la correntometría euleriana, se deberán determinar las trayectorias de las corrientes lagrangianas al menos en dos sitios representativos del área donde se establecerá el puerto. Para tal efecto se deberán realizar mediciones con boyas de deriva, considerando condiciones de marea llenante y vaciante. En cada sitio de medición, se deberán efectuar lances de derivadores en dos estratos de profundidad: en superficie y media agua. La trayectoria seguida por las boyas de deriva deberá ser demarcada con sistema de posicionamiento GPS instalado en el derivador registrando con una frecuencia de 1 a 5 segundos, durante un período variable entre 1 a 1,5 horas o hasta estos que encallen en la costa. Se deberán utilizar derivadores tipo cruceta, debido a que su diseño fue optimizado para eliminar la influencia del viento en el arrastre del elemento derivador. Las mediciones deberán ser efectuadas en períodos de sicigia y cuadratura lunar, considerando condiciones de marea vaciante y llenante.

Deriva litoral

El estudio de corrientes litorales tendrá como objetivo determinar las corrientes asociadas a la zona costera. Al menos se deberá realizar esta experiencia en 3 estaciones de lance dentro de la zona de influencia del proyecto, analizándose las condiciones asociadas a cuadratura y sicigia lunar, en fases de marea llenante y vaciante.

En cada estación se deberán desplegar elementos derivadores (botellas de deriva) con boyantes neutra. El recorrido y posicionamiento de las botellas deberá ser seguido mediante un GPS incorporado en la botella de deriva registrando en forma continua con una frecuencia de 1 a 5 segundos.

Se entregará un análisis general de las corrientes asociadas a la zona costera, incluyendo análisis estadísticos y cálculos de corrientes en la zona surf generada por las olas y vientos.

Estudio de dispersión con trazadores químicos

La capacidad de dispersión de un contaminante o partícula en el mar depende del transporte generado por el sistema de corrientes locales, los vientos predominantes y el grado de difusión estimado a través del gradiente de concentración de un trazador donde se asume un comportamiento pasivo de este, lo que implica que la distribución del trazador depende exclusivamente de los forzantes físicos y no existe reacción con el agua (Smart & Laidlaw, 1976).

Se deberá desarrollar, por lo tanto, mediciones con el objeto de determinar el grado de dispersión en el área de interés. Para tal efecto, se deberá utilizar un trazador químico (por ejemplo, rodamina WT) y determinar su dispersión y dilución en experiencias desarrolladas en el período de cuadratura lunar (peor escenario ambiental), en un punto definido con el mandante, durante la marea vaciante y llenante. Para la cuantificación del trazador químico, se deberá utilizar un Fluorómetro de campo. Los resultados de este estudio deberán incluir la descripción geométrica de las manchas del trazador, incluyendo una representación gráfica de ellas, las que deberán estar referidas a la topografía de la línea de la costa, con sus correspondientes coordenadas geográficas y/o UTM.

Estudio de Olas

Se deberán realizar mediciones de oleaje durante 30 días continuos, mediante la utilización de un medidor direccional de olas y correntómetro perfilador acústico con tecnología Doppler. El instrumento debe registrar al menos cada 3 horas el régimen del oleaje. El informe de esta experiencia deberá incluir una caracterización del régimen de oleaje, considerando su dirección, periodo y altura de ola.

Perfiles de CTD

Otro forzante importante a considerar son los gradientes de densidad, y que no están incluidos en las Instrucciones Oceanográficas N°1 (SHOA PUB. 3201), para lo cual se requiere la realización de una grilla de muestreo mediante perfiles de CTD. Por razones históricas normalmente las mediciones de los perfiles de CTD son incluido en los análisis de las variables químicas, por lo cual no se evalúa su influencia sobre los patrones de circulación.

Se debe realizar una grilla de muestreo estacional compuesta de al menos 9 estaciones oceanográficas, su distribución espacial dependerá de las características de la desembocadura del río. Los análisis deben considerar tanto la variabilidad en profundidad como en el plano horizontal y la interpretación de los resultados deben estar en función de los patrones de circulación, así como en su influencia en la dispersión tanto de huevos y larvas de los recursos marinos, como de contaminantes.

Es importante que los sensores de presión, temperatura y salinidad tengan una resolución apropiada a la variabilidad de estas propiedades y de los procesos físicos que ocurren en la zona de estudio, por ejemplo, el sensor de conductividad debe permitir registrar las variaciones de salinidad al 3 dígito de resolución, sino se corre el riesgo que el sensor tenga un error mayor que la variabilidad del sector.

Con el fin de corregir la deriva litoral se deben tomar muestras agua de mar a profundidades estándares de salinidad y oxígeno disuelto. En el caso de que una de las

estaciones tenga una profundidad mayor a 50 m se deben tomar en ella las muestras de agua de mar, en caso contrario se deben tomar muestras en al menos 2 estaciones. La toma de las muestras, fijación, transporte y análisis en laboratorio debe ser realizado mediante los protocolos de este tipo de muestras, manteniendo las cadenas de custodia requerida en estos casos.

Batimetrías de Prospección

Como se indicó es necesario registrar la batimetría y sus cambios espacio-temporales, pues influyen en los patrones de circulación. Los accidentes batimétricos, así como la forma de la costa producen zonas en los cuales las corrientes se aceleran o se frenan, así como la formación de zonas de retención ya sea de huevos y larvas de recursos marinos, plancton, materia orgánica e inorgánica, así como de contaminantes.

Dado que el objetivo es la comprensión de los patrones de circulación es importante cubrir una zona mayor a la que normalmente se cubre con las batimetrías de precisión para los diseños de ingeniería de los proyectos teniendo en cuenta las características de la línea de la costa. La metodología a ocupar es la indicada en las Instrucciones Hidrográficas N° 5 (SHOA PUB. 3015).

Junto con permitir un mejor análisis de las corrientes registradas en terreno (Eulerianas, Lagrangianas y las mediciones con ADCP remolcado) entregara información apropiada para la implementación de modelos de circulación, dispersión de contaminantes y de oleaje.

Análisis de la información

El análisis de toda la información generada en el ámbito de la dinámica costera será en conformidad con lo establecido en los instructivos y publicaciones del SHOA (Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile) para tales efectos.

- **Control de calidad y trazabilidad**

Para garantizar la trazabilidad de los datos obtenidos con los instrumentos oceanográficos, se deben conservar y entregar como parte de los informes los reportes de datos de cada uno de estos en su formato original (ADCP, Estación de vientos, etc.). De igual manera se deberá contar con registró audiovisual de cada una de las actividades realizadas en terreno

4.2.4.3.2.- Variables químicas.

- **Marco conceptual**

Los efectos directos en la química de los sistemas acuáticos ocurren por modificaciones en la dinámica del sistema, reactividad de los elementos, introducción natural de compuestos y/o energías, por vertimientos o introducción de compuestos químicos de origen antrópico. Respecto de las centrales hidroeléctricas los principales grupos que producen cambios importantes en el ambiente, se describen a continuación:

Materia orgánica residual o externa al sistema. Dependiendo de su volumen y de la capacidad asimilativa del cuerpo de agua receptor y de la dinámica del lugar, puede influir en la turbidez, disminución del Oxígeno disuelto, pH y Eh de la columna de agua y su acumulación en los sedimentos. Considerándose así en una variable a monitorear para mantener la salud natural del ecosistema. El efecto indirecto más importante de un exceso de materia orgánica es la disminución del oxígeno disuelto del agua de mar. Cambios importantes en los aportes naturales de estos elementos se pueden producir una vez que se comienza a construir la central hidroeléctrica, donde se mueven gran cantidad de material, del cual una parte puede ser arrastrada por el río y ser depositado en el mar. Por el contrario, durante su operación puede disminuir el aporte de materia al mar, el cual queda embancado en el embalse de la central.

Incremento de materia orgánica en los sedimentos, generando sedimentos anóxicos o suboxicos de características particulares. El consumo de oxígeno, por la oxidación de la materia orgánica, puede producir suboxia de la columna de agua. Valores menores al 70% del valor de saturación de oxígeno pueden ser considerados como una alteración del sistema. Respecto de los sedimentos, la materia orgánica sedimentada cambia la textura y las características químicas del sedimento. La acumulación de materia orgánica produce reacciones formando material refractario a la oxidación de

alto peso molecular (Humados y Fulvatos), los que a su vez tiene la propiedad de reaccionar y producir el atrapamiento y el enriquecimiento de metales e hidrocarburos aromáticos policíclicos en los sedimentos. Los sedimentos ricos en materia orgánica (MOT > 10) tienden a la desfaunación. Un sedimento con exceso de aportes de materia orgánica, en condiciones de anoxia produce como subproducto de los procesos oxidativos, la reducción de los sulfatos contenidos en el agua a sulfhídrico. Los parámetros ambientales característicos de esta condición son: anoxia, pH 7,5; Eh negativo (sedimentos reductores).

- **Metodología y análisis**

El muestreo requiere de definir el número de estaciones, sitios o puntos de muestreo. Su número dependerá del área que se desee muestrear y una configuración de puntos que cubran la totalidad de la cuenca natural, como se especifica en el acápite 4.2.4.3. El diseño de muestreo debe considerar áreas con una profundidad mayor a 10 m. Profundidades más someras tienen una alta variabilidad de sus variables por el efecto del stress del viento, corrientes y marejadas. La red de estaciones debe considerar los puntos de descarga y aducción de la planta desalinizadora o de la central termoeléctrica. Una vez establecidos los puntos de muestreo se deben fijar geográficamente en una carta o mapa a través de coordenadas geográficas, coordenadas UTM o sistema de posicionamiento global (GPS).

Como norma general, cada una de las muestras tomadas debe estar contempladas en una estrategia de muestreo, con sus respectivas identificaciones, planillas, de toma de muestra, conservación, transporte y análisis y las personas que participaron en cada uno de las etapas de muestreo. Recepción de Laboratorio, analistas y Resultados. Esto corresponde a la cadena de custodia, trazabilidad y calidad de los análisis realizados.

Para poder caracterizar y evaluar los posibles cambios químicos relacionados a las distintas épocas del año, los muestreos deberán ser realizados al menos en las estaciones de invierno y verano, tanto para la línea de base como para los

seguimientos posteriores. La duración del muestreo dependerá de la cantidad de muestras, pero deberá ser realizado en el menor tiempo posible de manera que no se pierda la relación temporal entre todas las muestras.

Antecedentes previos al muestreo.

Previo al desarrollo del muestreo de las variables químicas ya sea de agua o sedimentos, se deberán realizar las siguientes actividades:

- a. Elaboración de las listas de chequeo de equipo y material de muestreo.
- b. Verificación de la limpieza de todos los envases para las muestras, conforme a los procedimientos de conservación y analíticos.
- c. Verificación de la existencia de productos químicos y materiales para limpieza. Elaboración de una lista de verificación en la que deberán figurar los siguientes conceptos: suministros de envases para las muestras, hieleras; mapas, descripciones de estaciones, etiquetas para los recipientes, y formularios para reportar información de las estaciones; manuales, herramientas, piezas de repuesto; equipo de seguridad.
- d. Contar con un plano o carta para la ubicación de los sitios de muestreo, coordenadas de los puntos a muestrear además de protocolos y planillas de terreno.
- e. Se debe de contar permisos exigidos, cartas de presentación a autoridades civiles, militares y organismos gubernamentales, que en algún momento debieran controlar y/o pudieran apoyar el trabajo de campo.
- f. Transporte de las muestras y destino: En este punto se señalará de qué forma serán transportadas (camioneta, mensajería, etc.) las muestras y el destino de las mismas (laboratorio(s) regional(es) o central).

Métodos de muestro de agua de mar.

Los muestreos de agua de mar (o aguas continentales) requiere de baldes de polipropileno, para las muestras superficiales, muestreadores Niskin, con diferentes

capacidades de acuerdo al volumen de muestra que se requiera (1,7 a 10 L) para muestreos estratificado. Las botellas Niskin tipo Go-Flow se usan para muestres estratificados de metales. Cuando se requiere volúmenes de muestra mayores se recomienda el muestreo de agua mediante bombas sumergibles.

Para determinaciones de analitos que se encuentran disueltos en concentraciones trazas es posible usar muestreadores pasivos.

Debe realizarse protocolos de muestreo que consideren:

- a. Planillas de muestreo: fecha, hora, condiciones atmosféricas, condiciones del mar, tipo y número de muestreadores usados, profundidad, transparencia del agua, temperatura superficial.
- b. Rotulación de muestras: Nro botella, analitos, profundidad,
- c. Protocolo de guardado, conservación y traslado de muestras hasta el laboratorio de análisis.
- d. Protocolo de entrada de las muestras al Laboratorio. Certificados de análisis e informe de datos.
- e. Todos los protocolos y panillas deben ir con el nombre de los técnicos que realizaron el muestreo.

Métodos de muestro sedimentos marinos.

Los muestreos de los sedimentos debería hacerse mediante un Box Corer (30x20x20 cm) y/o un saca testigo de gravedad de tres réplicas y con un liner de al menos 32' cm de diámetro de polipropileno. Los sedimentos así obtenidos permiten realizar muestras estratificadas a diferentes profundidades del sedimento, que entrega información adicional para la línea base de una zona o para los programas de vigilancia ambiental.

Debe realizarse protocolos de muestreo que consideren:

- a. Planillas de muestreo: fecha, hora, tipo, color y olor del sedimento. Número de muestras, profundidad y temperatura superficial del sedimento.
- b. Rotulación de muestras: Nro. envase, Nro. estación, procedimientos preanálisis, (secado o liofilizado de la muestra) analitos a determinar, profundidad de la muestra,
- c. Protocolo de guardado, conservación y traslado de muestras hasta el laboratorio de análisis.
- d. Protocolo de ingreso de las muestras al Laboratorio. Certificados de análisis e informe de datos.

Todos los protocolos y planillas deben ir con el nombre de los técnicos que realizaron el muestreo.

Métodos de muestreo químico de organismos (Bioacumulación).

La bioacumulación consiste en la capacidad de los organismos de acumular selectivamente contaminantes en sus tejidos respecto de las concentraciones existentes en el medio en que habitan. Para determinar la concentración de los contaminantes relacionados al proyecto a ser evaluado, se requiere recolectar organismos de la zona de influencia del proyecto mediante rastras, buceo autónomo, trampas o cualquier otro método que no contamine la muestra. Dependiendo del porte de los organismos a analizar estos pueden incluir el fraccionamiento de ellos para su análisis. Los organismos pequeños es común separar las partes duras (caparazones o conchas) y partes blandas (tejidos). Cuando los organismos son de pequeño tamaño es posible hacer un "compositae" de muestra. En organismos de tamaños mayores es posible separar los órganos para análisis parciales (estrategia de muestreo). De ser posible se deben recolectar organismos de diversas tallas, edades y sexos debido a las posibles diferencias en bioacumulación dependiendo de las características biológicas de los individuos a evaluar. Se recomienda también utilizar organismos filtradores como bivalvos cuando esto sea posible (mitilidos por ejemplo).

Una vez obtenidas las muestras a analizar estas se lavan con agua destilada, se secan con papel absorbente y se procede a liofilizar los tejidos. Los tejidos secos, liofilizados y molidos quedan listos para los procedimientos analíticos respectivos, entre los que se cuentan espectrofotometría de adsorción atómica u ICP de masa.

Métodos de muestreo químico de organismos (Bioacumulación).

La bioacumulación consiste en la capacidad de los organismos de acumular selectivamente contaminantes en sus tejidos respecto de las concentraciones existentes en el medio en que habitan. Para determinar la concentración de los contaminantes relacionados al proyecto a ser evaluado, se requiere recolectar organismos de la zona de influencia del proyecto mediante rastras, buceo autónomo, trampas o cualquier otro método que no contamine la muestra. Dependiendo del porte de los organismos a analizar estos pueden incluir el fraccionamiento de ellos para su análisis. Los organismos pequeños es común separar las partes duras (caparazones o conchas) y partes blandas (tejidos). Cuando los organismos son de pequeño tamaño es posible hacer un “compositae” de muestra. En organismos de tamaños mayores es posible separar los órganos para análisis parciales (estrategia de muestreo). De ser posible se deben recolectar organismos de diversas tallas, edades y sexos debido a las posibles diferencias en bioacumulación dependiendo de las características biológicas de los individuos a evaluar. Se recomienda también utilizar organismos filtradores como bivalvos cuando esto sea posible (mitilidos por ejemplo).

Una vez obtenidas las muestras a analizar estas se lavan con agua destilada, se secan con papel absorbente y se procede a liofilizar los tejidos. Los tejidos secos, liofilizados y molidos quedan listos para los procedimientos analíticos respectivos, entre los que se cuentan espectrofotometría de adsorción atómica u ICP de masa.

Parámetros químicos a ser medidos

Los parámetros químicos a ser medidos dependerán de las características de del proyecto. De todas maneras, como parámetros basales deberían ser medidos los siguientes:

Metales disueltos y totales

Cobre, cadmio, mercurio, plomo, zinc, hierro

Parámetros inorgánicos

Sólidos suspendidos, sólidos sedimentables, cloro libre residual

Parámetros orgánicos

Hidrocarburos totales, hidrocarburos volátiles, Hidrocarburos fijos, nutrientes (nitrato, fosfato, nitrito)

Parámetros biológicos

Coliformes fecales, coliformes totales

Además de oxígeno disuelto, potencial redox, temperatura, pH y salinidad

Métodos de laboratorio para el análisis químico.

Seleccionar o recomendar métodos individuales para ser usados, previendo los cuidados de muestreo, transporte, conservación y riesgos analíticos, es un tema que está por sobre este proyecto. No obstante, existen instituciones que han desarrollado manuales de métodos analíticos con propósitos de ser utilizados en el medio ambiente y análisis de residuos. Es el caso del *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*, preparado y publicado por: American Public Health Association, American Water Works Association & Water Pollution Control Federation. Este manual de métodos se inicia en 1905 y ya se han reeditado 20 ediciones. Actualmente *Standard Methods* está en línea con la edición número 22 del 21 de Enero de 2014, con correcciones y precisiones metodológicas. Este manual de métodos se recomienda como una guía sólida para la aplicación en estos estudios. De todas maneras los laboratorios deberían ser reconocidos y acreditados por el INN bajo la norma ISO 17.025, al menos para aguas crudas y en lo posible matriz específico para cada uno de los analitos a ser evaluados.

- **Control de calidad y trazabilidad**

Las muestras químicas requieren un control de calidad adecuado para garantizar que los valores obtenidos son representativos de la realidad del ambiente, debido a que son muestras que son muy fáciles de contaminar. Por lo tanto, se requieren importantes controles de calidad, tanto en la toma de muestras en terreno y su transporte, como en el laboratorio.

Control de calidad en la toma, transporte y almacenamiento de las muestras.

El proceso de control y vigilancia del muestreo, preservación y análisis (*chain-of custody procedure*) es esencial para asegurar la integridad de las muestras desde su recolección hasta el reporte de los resultados; incluye monitorear las condiciones de toma de muestra, preservación, codificación, transporte y su posterior análisis. Este proceso es básico e importante para demostrar el control y confiabilidad de la muestra, no sólo cuando hay un litigio involucrado, sino también para el control de rutina de las muestras. Se considera que una muestra está bajo la custodia de una persona si está bajo su posesión física individual, a su vista, y en un sitio seguro. Los siguientes procedimientos resumen los principales aspectos del control y vigilancia de las muestras.

Etiquetas. Para prevenir confusiones en la identificación de las muestras, se debe verificar el etiquetado de cada botella y que este haya sido realizado antes de o en el momento del muestreo, mediante el uso de papel engomado o etiquetas adhesivas en las que se anote, con tinta a prueba de agua, por lo menos la siguiente información: número de muestra, nombre del recolector, fecha, hora y lugar de recolección, y preservación realizada.

Sellos. Para evitar o detectar adulteraciones de las muestras, es conveniente que los recipientes sean sellados con papel autoadhesivo, en los que se incluya por lo menos la siguiente información: número de muestra (idéntico al número en la etiqueta), nombre del recolector, fecha y hora de muestreo; también son útiles los sellos de plástico.

Libro de campo. Debe existir un documento maestro donde este registrada toda la información pertinente a observaciones de campo o del muestreo, en el que se incluya como mínimo lo siguiente: propósito del muestreo; localización de la estación de muestreo, tipo de muestra y método de preservación si es aplicable. Describir también la posible composición de la muestra y las concentraciones; número y volumen de muestra tomados; descripción del punto y método de muestreo; fecha y hora de recolección; número(s) de identificación del (los) recolector(es) de la muestra; distribución y método de transporte de la muestra; referencias tales como mapas o fotografías del sitio de muestreo; observaciones y mediciones de campo; y firmas del personal responsable de las observaciones. Debido a que las situaciones de muestreo varían ampliamente, es esencial registrar la información suficiente de tal manera que se pueda reconstruir el evento del muestreo sin tener que confiar en la memoria de los encargados. Guardar el libro en un sitio seguro.

Registro del control y vigilancia de la muestra. Se debe llenar un formato de control y vigilancia de cada una de las muestras o grupo de muestras, las cuales deben estar acompañadas siempre de este formato; en él se incluye la siguiente información: número(s) de la(s) muestra(s); firma del recolector responsable; fecha, hora y sitio de muestreo; tipo de muestra; firmas del personal participante en el proceso de control, vigilancia y posesión de las muestras y las fechas correspondientes.

Transporte de muestras al laboratorio. Las muestras se deben entregar en el laboratorio lo más pronto que sea posible después del muestreo; si el tiempo de almacenamiento y preservación es menor, debe planificarse el procedimiento para asegurar su entrega oportuna en el laboratorio respetando los holding times de cada uno de los parámetros a medir. En caso de que las muestras sean enviadas por correo a través de una empresa responsable, se debe incluir el formato de la compañía transportadora dentro de la documentación del control y vigilancia de la

muestra. La solicitud de análisis debe estar acompañada por el registro completo del proceso de control y vigilancia de la muestra. Entregar la muestra a la oficina de recepción en el laboratorio; el recepcionista a su vez debe firmar el formato de vigilancia y control, incluyendo la fecha y hora de entrega.

Recepción y registro de la muestra. En el laboratorio, el recepcionista debe inspeccionar la condición y el sello de la muestra, comparar la información de la etiqueta y el sello con el registro o formato del proceso de control y vigilancia, le asigna un número o código para su entrada al laboratorio, la registra en el libro del laboratorio, y la guarda en el cuarto o cabina de almacenamiento hasta que sea asignada a un analista.

Asignación de la muestra para análisis. El coordinador del laboratorio asigna la muestra para su análisis. Una vez la muestra está en el laboratorio, el auditor y los analistas son responsables de su cuidado y vigilancia.

Control de calidad en el laboratorio

La información ambiental tanto para realizar una Línea base, reconocer químicamente una matriz ambiental, realizar una evaluación del impacto ambiental o realizar un Programa de vigilancia, requiere de una información confiable. Para ello no solo se requiere un laboratorio acreditado (se acredita la gestión y procedimientos de análisis mas no los resultados), por lo que debe verificarse las calibraciones de los equipos pero a la vez establecer el error de las mediciones mediante la revisión de los resultados del control de calidad aplicado por el laboratorio en el proceso de análisis de las muestras. A continuación se muestran los controles de calidad aplicados comúnmente en laboratorios comerciales y que son un estándar básico para asegurar la competencia de los ensayos ante los institutos de acreditación ISO 17.025.

- **Blanco analítico:** el blanco de método corresponde a un ensayo que se realiza con una matriz limpia, la cual se somete al mismo proceso analítico de las

muestras. Se utiliza para evaluar la potencial contaminación que exista en la aplicación del método.

- **Adición estándar o "Spike":** La adición una solución estándar secundario, que agrega una cantidad conocida de analito(s) a la muestra antes de ser sometido al proceso analítico. Entrega información sobre los efectos de matriz en los resultados analíticos.
- **Réplicas:** corresponde al proceso de obtener muestras paralelas y someterlas a un tren de análisis y metodologías en paralelo, esto permite tener una referencia de la precisión variabilidad de la matriz analizada. Pueden ser duplicadas o triplicadas.
- **Pseudoréplicas:** corresponde al proceso de obtener una muestra, dividir las en dos o tres muestras y someterlas a un tren de análisis y las metodologías en paralelo, esto permite tener una referencia de la precisión del método de ensayo.
- **Estándar de Control:** Corresponde a una de solución patrón primario, que es utilizado para verificar que los estándares de calibración fueron adecuadamente preparados. Este estándar proviene de un lote de fabricación distinto al estándar de la curva de calibración.
- **Material de Referencia Certificado (MRC):** corresponde a una solución o material con certificación analítica de sus concentraciones de diferentes analitos de interés y que tienen disponibilidad comercial. El MRC elegido debe considerar la matriz de análisis, cercanía al rango de concentraciones a analizar y verificación de su tiempo de vencimiento. El MRC debe ser analizado con las mismas técnicas y metodologías que se aplicaran a las muestras. Los resultados deberán contrastarse con los valores certificados y a partir de allí, determinar el error metodológico (incerteza) de los análisis realizados.

4.2.4.3.3.- Variables biológicas.

4.2.4.3.3.1.- Fitoplancton

- **Marco conceptual**

La composición, abundancia y biomasa del fitoplancton son fuertemente influenciadas por cambios en las condiciones medioambientales, siendo uno de los más importantes la composición química y los parámetros físicos del medio en el que viven. Dado su corto ciclo de vida, sensibilidad y rápida capacidad de respuesta a estos cambios, el fitoplancton puede ser utilizado como un indicador biológico eficaz para determinar alteraciones en el medio ambiente marino. Entre estos, alteraciones en el campo eléctrico y magnético producido por la instalación de cables submarinos podría tener algún efecto sobre la composición, dominancia y los patrones de sucesión de la comunidad.

Para evaluar los posibles efectos de alteraciones en el medio ambiente, se deberán realizar análisis de la composición y abundancia del fitoplancton durante el estudio de línea base y posteriormente en las etapas de instalación y operación de los cables submarinos. Estos estudios, permitirán describir preliminarmente y/o detectar cambios en la composición, abundancia temporal, distribución espacial y la presencia de floraciones del fitoplancton e identificar especies fitoplanctónicas que puedan ser utilizadas como indicadores biológicos.

Por su parte, los *quistes* cumplen funciones de protección, de recombinación genética, de propagación y/o de dispersión de diversas especies *de dinoflagelados*, entre los cuales destacan especies tóxicas como *Alexandrium catenella*, *Alexandrium ostenfeldii*, *Alexandrium peruvianum* *Protoceratium reticulatum*, *Gonyaulax spinifera* y *Lingulodinium polyedrum*. Por este motivo, es relevante identificar y cuantificar previamente los quistes de los lugares que serán afectados por el tendido del cable submarino, así como también los puntos de ingreso y salida de la columna de agua. Esto, con el propósito de verificar la presencia de especies tóxicas existentes antes del

inicio de las operaciones de instalación del cable y evitar propagación o dispersión mediante las embarcaciones a utilizar u otros fomites requeridos para dicho trabajo.

- **Metodología y análisis**

Para cada una de las estaciones definidas de acuerdo a la metodología determinada, se deberá establecer la frecuencia de muestreo durante el estudio de línea base, donde se sugiere un estudio de alta frecuencia para identificar las especies características de la zona de estudio y establecer (si es posible) alguna especie como indicador biológico. Para proyectos ubicados en bahías abiertas con altas tasas de renovación de agua la frecuencia de muestreo deberá ser quincenal. En tanto, para proyectos ubicados en zonas de canales y fiordos con bajas tasas de renovación de agua la frecuencia de muestreo debe ser mensual.

Durante el periodo de construcción y operación, los muestreos deberán ser realizados considerando la variabilidad estacional (estaciones del año) o un plan de contingencia durante un evento de contaminación accidental.

Respecto de la duración de la ejecución de los muestreos, este dependerá de la cantidad de muestras a tomar y de las características propias del proyecto, sin embargo, las muestras deberán ser tomadas en el menor tiempo, en lo posible en un solo día.

Tamaño muestral: en cada estación se debe tomar una muestra de red para el análisis cualitativo y una muestra por cada estrato (0-5, 5-10, 10-15 y 15-20 m) o profundidad (5, 10, 15 y 20 m).

Instrumentos y toma de muestras

Red de fitoplancton: el cuerpo filtrante debe tener forma cónica y será confeccionado con malla de 20 μm de apertura de malla. Estará unido a la boca (confeccionada en acero inoxidable) por su parte más ancha y al colector (copo) por su parte más angosta. Además, deberá considerar un peso muerto (1 a 2 kg) que

permita su descenso vertical. Las medidas de la red, deberán mantener una relación de aspecto de 1:2 ó 1:3 entre el diámetro de la boca y la longitud del cono.

Botella oceanográfica: se recomienda utilización de botella Niskin con un volumen que no supere los 30 litros.

Manguera segmentada (tipo Lindhal): consiste en una manguera de 20 m divisible en cuatro segmentos de 5 m cada uno. El diámetro de la manguera debe ser de 1 pulgada, mientras que las conexiones y llaves de paso deberán ser de PVC. En uno de sus extremos deberá tener un peso (plomo) de 2 kg, cuidando que la ubicación de este no interfiera con la toma de la muestra.

Muestras cualitativas: para determinar la composición de la comunidad fitoplanctónica, se deberá obtener muestras para análisis cualitativo utilizando una red de fitoplancton. Las muestras deberán ser tomadas realizando tres arrastres verticales desde la profundidad de la capa fótica (estimada a partir de la profundidad de visión del disco de Secchi) hacia la superficie, con la precaución de evitar tocar el fondo con la red para no resuspender sedimentos. Una vez recuperada la red, se desmontará o abrirá el colector y se vertirá el contenido en el recipiente para posteriormente fijar con formaldehído con una concentración final del 4%. Al final cada estación, la red deberá ser lavada con el propósito de no contaminar las muestras siguientes, para lo cual se deberá disponer de un recipiente a bordo de la embarcación con agua dulce.

Muestras cuantitativas: para determinar la abundancia y distribución vertical de la comunidad fitoplanctónica, se deberá obtener muestras para análisis cuantitativo mediante la utilización de botellas oceanográficas o mangueras segmentadas.

Fijadores y recipientes

Formaldehído: se utiliza para evitar el deterioro de las muestras obtenidas con red de fitoplancton. La concentración final de formaldehído en la muestra debe ser al 4%.

Solución de lugol ácido: Se utiliza para evitar el deterioro de las muestras obtenidas con botella o manguera. Para su preparación se utilizan 200 mL de agua destilada, 20 g de yoduro de potasio (KI), 10 g de yodo (I₂) y 20 mL de ácido acético glacial. Se recomienda una concentración entre 0,2 a 0,5 mL por cada 100 mL de muestra.

Recipientes: se recomienda utilizar recipientes de plástico (125 a 200 mL) con tapa rosca y contratapa. Cada recipiente, deberá ser etiquetado indicando nombre de la estación, tipo de muestra y fecha de muestreo.

Contenedor: se recomienda disponer de contenedor (5 L) que permita contener temporalmente y homogenizar las muestras de agua obtenidas con botella oceanográfica o manguera segmentada.

Equipos

Microscopio: el análisis de la muestra deberá ser realizado utilizando un microscopio con contraste de fase para todos los grupos fitoplanctónicos. Se deberá utilizar un microscopio con sistema de epifluorescencia para el estudio e identificación de dinoflagelados tóxicos mediante tinción con calcofluor. Se sugiere disponer de cámara fotográfica para micrografiar las especies dominantes, así como también aquellas tóxicas y nocivas.

Análisis de la muestra

Análisis cualitativo: previo al análisis, las muestras deben sedimentar por un tiempo mínimo de 3 horas. Se analizará 3 réplicas de la muestra de 0,1 mL (aproximados) utilizando portaobjetos (76 x 21 x 1 mm) y cubreobjetos (22 x 22 mm). El resultado de los análisis corresponderá al promedio de las células de cada replica. Adicionalmente, para clasificar la presencia de las especies se sugiere la utilización de un índice de abundancia relativa.

Análisis cuantitativo: los análisis deberán ser realizados siguiendo el método descrito por Utermöhl (1958), utilizando cubetas de sedimentación. El mínimo volumen a utilizar será de 10 mL, y podrá aumentar a 25 mL dependiendo de la abundancia de la

muestra. En cada análisis, se contabilizará la cantidad de células sedimentadas en el fondo de la cámara expresando los resultados en células L⁻¹. En el caso del nanoplacton (2 – 20 µm) se recomienda el conteo mediante observación con una magnificación entre 100 a 400X, mientras que para el microplancton (> 20 µm) se recomienda un magnificación 100X.

Análisis de datos

Con el propósito de determinar los atributos de la comunidad fitoplanctónica se deberá estimar los índices de diversidad. Para esto se determinará la abundancia relativa, riqueza específica, biomasa, diversidad específica (Shannon-Wiener), índice de uniformidad de Pielou y el índice de dominancia de Simpson. Adicionalmente, para determinar los patrones de zonación de la comunidad fitoplanctónica se deberá realizar un análisis de agrupamiento, mediante un análisis de clúster utilizando el índice de similitud de Bray-Curtis.

4.2.4.3.3.2.- Quistes

- **Marco conceptual**

La presencia de quistes de dinoflagelados tóxicos en la zona sur de nuestro país, donde se instalarán las centrales hidroeléctricas es un punto a considerar debido a que se tiene la aprensión de que la eventual instalación de cables submarinos pudiese levantarlos del sedimento y producir un fenómeno de floración de algas nocivas perjudicial para la salud humana y el desarrollo de la actividad extractiva de moluscos filtradores. De esta forma, es importante evaluar la presencia de quistes en los sectores de acometida de los cables donde se puede mover el sedimento durante su construcción.

- **Metodología y análisis**

Box-core:

Microscopio: el análisis de la muestra deberá ser realizado utilizando un microscopio con contraste de fase. Se sugiere disponer de cámara fotográfica para micrografiar quistes de las especies dominantes, así como también aquellas tóxicas y nocivas.

Toma de muestras: Las muestras de sedimentos serán tomadas mediante la utilización de box-core en los mismos puntos en los cuales se tomarán las muestras de fitoplancton durante las rutas de navegación que se encuentran situadas en las posibles trayectorias del cable submarino.

Adicionalmente, en cada uno de los sectores en los cuales posiblemente esté ubicado el ingreso y la salida del cable al mar se realizarán estudios de la distribución espacial y por profundidad de los quistes de los dinoflagelados con especial énfasis en las especies productoras de toxinas marinas como *Alexandrium catenella*, *Protoceratium reticulatum*, *Gonyaulax spinifera* y *Lingulodinium polyedrum*. Para esto, las muestras superficiales del sedimento serán tomadas manualmente utilizando recipientes plásticos de 100 mL de manera de recoger los primeros 2-3 cm superficiales en fondos preferentemente limoso-arcilloso en sectores someros de la zona de estudio.

Es importante destacar que todas las muestras obtenidas serán cuidadosamente manipuladas durante el muestreo evitando dejar espacios con aire entre el sedimento y la contratapa del recipiente. Además, cada recipiente será cubierto con papel aluminio para evitar su exposición a la luz y serán almacenadas en oscuridad y refrigeradas a 4°C hasta su procesamiento en laboratorio.

Muestras cualitativas: Las muestras serán procesadas según metodología descrita por Matzuoka y Fukuyo (2000), que consiste en la limpieza de los quistes para eliminar arena y detritus utilizando ultrasonidos, seguido por lavados sucesivos y el filtrado a través de tamices de 80, 35, 20 μm . La muestra final será transferida a un volumen de 3 mL de agua de mar microfiltrada 0,45 μm . Se sugiere disponer de

cámara fotográfica para micrografiar quistes de las especies dominantes, así como también aquellas tóxicas y nocivas.

Muestras cuantitativas: Para la cuantificación de quistes, una porción de 5 cm³ de sedimento será tratada con el mismo procedimiento descrito anteriormente. En este caso, se deberá considerar el volumen de agua a utilizar para la resuspensión de estos. Una vez lavados, 1 mL de la muestra será depositada en una cámara de Sedgewick-Rafter y los quistes serán contados utilizando un aumento de 10X. Se analizarán un total de 3 cámaras por muestra y una vez estimados se promediara el valor para determinar la concentración en quistes/ cm³.

Fijadores y recipientes

Recipientes: se recomienda utilizar recipientes de plástico (250 a 300 mL) con tapa rosca y contratapa. Cada recipiente, deberá ser etiquetado indicando nombre de la estación, tipo de muestra y fecha de muestreo.

Análisis de la muestra

Con el propósito de determinar la diversidad de los quistes en todas las estaciones se deberá estimar los índices de diversidad. Para esto se determinará la diversidad específica de Shannon-Wiener. Adicionalmente, para determinar los patrones de zonación se realizará un análisis de agrupamiento mediante un análisis de clúster utilizando el índice de similitud de Bray-Curtis. Todos los análisis serán realizados utilizando los programas estadísticos PRIMER v.5 y BioDiversity Professional versión 2 (The Natural History Museum, London).

- **Control de calidad y trazabilidad**

Cadenas de custodia: la recepción de muestras por los laboratorios deberá ser acompañada por su respectiva cadena de custodia. En esta, se deberá registrar lugar

de muestreo, nombre de proyecto, identificación del muestreador, identificación de la muestra, fecha y hora de muestreo.

Material audiovisual: se sugiere disponer de literatura científica y biblioteca de microfotografías de las especies dominantes, así como también aquellas tóxicas y nocivas.

Controles de calidad y calibraciones: se deberá considerar la realización de controles de calidad periódicos que incluyan auditorías internas, revisión de protocolos internos, no conformidades, etc. Además, se requiere mantener calibrado el equipamiento utilizado para la identificación de la muestra (microscopio, software de procesamiento de imágenes) y su cuantificación (cámaras de sedimentación).

Normas y estándares: los procedimientos deberán ser realizados considerando las siguientes normas y metodologías científicas reconocidas:

Hallegraeff GM, Anderson DM, Cembella AD. 2003. Manual on Harmful Marine Microalgae. Monographs on Oceanographic Methodology 11, UNESCO, Paris, 793 pp.

Intergovernmental Oceanographic Commission of ©UNESCO. 2010. Karlson, B., Cusack, C. and Bresnan, E. (editors). Microscopic and molecular methods for quantitative phytoplankton analysis. Paris, UNESCO. (IOC Manuals and Guides, no. 55.) (IOC/2010/MG/ 55), 110 pages. (English only) <http://ioc-unesco.org/hab>

Sournia, A., 1978. Phytoplankton Manual. Unesco. 337 p.

Matsuoka, K., Fukuyo, Y., 2000. Guía técnica para el estudio de quistes de dinoflagelados actuales COI-IEO, WESTPAC-HAB/WESTPAC/IOC, 30.

4.2.4.3.3.3.- Zooplancton

- **Marco conceptual**

Las comunidades zooplanctónicas, pueden ser afectadas por la construcción de una central hidroeléctrica en la medida que el embalsamamiento de las aguas por parte de la central, cambia las condiciones hidrodinámicas en la desembocadura del río intervenido. Estos cambios hidrodinámicos pueden por tanto afectar a las comunidades existentes en el sector.

- **Metodología y análisis**

El diseño muestral para el zooplancton debiera considerar al menos muestreos durante la época invernal y estival, tanto durante la construcción del proyecto como durante la operación de este, realizado al menos un muestreo en cada una de estas estaciones. Las muestras en lo posible deberán ser tomadas lo más cercanas en el tiempo en cada estación, en lo posible dentro del mismo día de monitoreo.

Evaluación de las comunidades zooplanctónicas

Instrumentos y toma de muestras

Las muestras se deberán obtener mediante Red Nansen o red WP2. La red a utilizar, deberá tener una apertura de boca mínima de 50 cm de diámetro, mientras que la luz de malla a utilizar dependerá de las especies presentes en el sector de estudio y del objetivo del estudio. Sin embargo, el estándar determinado por la UNESCO corresponde a una luz de malla de 200 μm .

Para determinar la cantidad de agua que pasa por la red y así determinar la abundancia del zooplancton, la red deberá contar con un flujómetro.

Las muestras deberán ser obtenidas mediante arrastres verticales u oblicuos de la red, dependiendo de la profundidad de las estaciones de monitoreo. Para evitar la evasión de las larvas en el momento de muestreo, la velocidad de la embarcación no

deberá superar los 3 nudos, girando en sentido contrario al puesto de operación de la red, arrastrando ésta a una velocidad constante de 50 m/min.

Fijadores y recipientes

La fijación de las muestras mediante formaldehído (generalmente al 5%) permite detener la actividad biológica e incrementa la resistencia mecánica de los tejidos. Otros preservantes como el alcohol o la sal reducen o detienen la actividad biológica sin fijar químicamente los tejidos. Por lo tanto, el tipo y cantidad de preservante a usar dependerá del objetivo del estudio y de las especies presentes, pero deberá asegurar que las muestras sean claramente identificables una vez en el laboratorio. Las muestras de zooplancton deberán ser transportadas en recipientes adecuados, con tapas adecuadas que eviten la pérdida de muestra.

Equipos de análisis en laboratorio

Las muestras de zooplancton deberán ser analizadas mediante su observación bajo una lupa estereoscópica o microscopio.

Análisis de la muestra

Las muestras deberán ser analizadas bajo lupa o microscopio y en lo posible analizadas en su totalidad sin la realización de sub muestras. En caso de altas abundancias de zooplancton sean altas o el objetivo del estudio sea analizar algún grupo en específico se podrá sub muestrear la muestras dejando constancia de esto.

Análisis de datos

Para determinar las características de las comunidades zooplanctónicas, se deben estimar los índices de diversidad. Para esto se determinará la abundancia relativa, riqueza específica, biomasa, diversidad específica (Shannon-Wiener), índice de uniformidad de Pielou y el índice de dominancia de Simpson. Adicionalmente, para determinar los patrones de zonación de la comunidad zooplanctónica se debe realizar un análisis de agrupamiento, mediante un análisis de clúster utilizando el índice de similitud de Bray-Curtis.

- **Control de calidad y trazabilidad**

Cadenas de custodia: la recepción de muestras por los laboratorios debe ser acompañada por su respectiva cadena de custodia. En esta, se debe registrar lugar de muestreo, nombre de proyecto, identificación del muestreador, identificación de la muestra, fecha y hora de muestreo.

4.2.4.3.3.4. Recursos pesqueros

- **Marco conceptual**

Los recursos pesqueros existentes en la zona posiblemente influenciadas por la construcción de una central hidroeléctrica, es decir las desembocaduras de los ríos intervenidos o las zonas de acometida de los cables submarinos de transporte de energía, pueden ser impactados tanto por la construcción del proyecto como por la operación posterior. Durante la construcción pueden ser destruidos aquellos recursos pesqueros de nula o baja movilidad que se encuentren tanto en la zona intermareal como submareal cercana, así como se puede alterar el hábitat necesario para su subsistencia. Durante la operación, también puede ser afectada la sobrevivencia de las especies por un cambio en el régimen de las aguas provenientes del río intervenido o por los campos magnéticos producidos por el funcionamiento del cable submarino.

- **Metodología y análisis**

La evaluación de los recursos pesqueros puede ser abordada por diversas metodologías, las que dependen en gran parte de las características del recurso a evaluar. Entre las características que deben ser consideradas para la definición de la metodología adecuada, se encuentran la agregación del recurso, su movilidad, sector donde habita (arena, roca, submareal, intermareal, etc.), profundidad, así como la ubicación del proyecto. Debido a la gran diversidad de recursos pesqueros existentes

en la zona costera, no se puede establecer a priori una metodología única que dé cuenta de una correcta evaluación de las poblaciones de estos recursos. La metodología de evaluación por lo tanto debe ser propuesta por el consultor de acuerdo a las características de las poblaciones que observe en el sector del proyecto. Sin embargo, la metodología elegida debe dar cuenta de las siguientes especificaciones:

- Se debe determinar la densidad del recurso mediante su medición *in situ* en sectores de área conocida, como cuadratas, transectos o áreas delimitadas de alguna forma. La abundancia total debe ser referida estrictamente a su hábitat (el área efectiva que esta especie utiliza)
- El n muestral y el tamaño muestral deben ser definidos para la correcta determinación de la variabilidad del recurso y además para la correcta determinación de sus atributos poblacionales en toda la zona de influencia del proyecto.
- Se debe determinar si los recursos observados en la zona de influencia corresponden a bancos o no, para lo cual, se puede utilizar la metodología para la determinación de banco natural de recursos hidrobiológicos, establecida por la subsecretaría de pesca, mediante el indicador IPBAN
- Se debe realizar una caracterización de los bancos observados en cuanto a su biomasa, tallas medias y máximas, así como una estimación de sus parámetros poblacionales (mortalidad natural, crecimiento, etc.)

Como resultados de las evaluaciones directas se debe obtener la densidad y abundancia total del recurso, su distribución en la zona de influencia del proyecto, la estructura de tallas y biomasa observada y la determinación de si corresponde a un banco o no, de acuerdo a lo establecido en la resolución exenta 2353 de 2013 y de acuerdo al IPBAN allí establecido.

- **Control de calidad y trazabilidad**

Para garantizar la trazabilidad de los datos obtenidos en las evaluaciones de los recursos pesqueros, se deberá contar con copias o fotografías de las tablillas de acrílico u otro medio de escritura submarina en la que se anotó la data de densidad o cobertura de las especies observadas por el buzo, así como de las planillas de anotación de tallas, biomásas etc. Idealmente, se deberá tener fotografía de algunas de las características más relevantes de las comunidades observadas.

4.2.4.3.3.5.- Comunidades submareales de fondo blando

- **Marco conceptual**

Las comunidades de fondos blandos, han sido ampliamente utilizadas en estudios de impacto ambiental, ya que muestran una respuesta rápida al estrés y por lo tanto pueden dar respuestas tempranas a eventos de contaminación. Para los proyectos de centrales hidroeléctricas, cambios en las características físicas o químicas de la columna de agua por el cambio en el régimen de agua de los ríos intervenidos, pueden generar alteraciones de las características del agua de mar y de los sedimentos marinos afectando a las comunidades que en estos habitan, cambiando parámetros que sobrepasan los límites fisiológicos de las especies o cambian parámetros importantes para la vida como el oxígeno disuelto.

- **Metodología y análisis**

El diseño muestral para evaluar las comunidades de infauna, debiera considerar al menos muestreos durante la época invernal y estival, tanto durante la construcción del proyecto como durante la operación de este, realizado al menos un muestreo en cada una de estas estaciones. Las muestras en lo posible deberán ser tomadas lo más cercanas en el tiempo en cada estación, en lo posible dentro del mismo día de monitoreo.

Instrumentos y toma de muestras

Las muestras deben ser tomadas con draga con mordida de 0,1 m² de superficie. La draga debe ser operada desde una embarcación con huinche y será establecido como muestra válida cuando la mordida de un dragado llene a lo menos el 75% de la draga. En la práctica, un buen dragado permite ver en el sedimento retenido en el recipiente de la draga, la superficie del fondo marino “tal cual” se apreciaría en la profundidad de donde proviene el dragado.

Recipientes y fijación

Cada muestra será depositada íntegramente en una doble bolsa de polietileno, fijada en formalina al 5% y etiquetada, donde se debe incluir la fecha, localidad y código de la estación. La muestra no debe ser lavada ni pre-lavada en la embarcación y en ningún otro lugar mientras se permanezca en el terreno. El lavado de la muestra y extracción de la macrofauna, sólo debe ser realizado en un laboratorio.

Equipos de análisis en laboratorio

En el laboratorio, las muestras serán lavadas con agua extrayendo toda la fauna retenida en un tamiz de 1 milímetro de abertura de malla. En caso de quedar sedimento retenido en el tamiz, este sedimento remanente deberá ser revisado convenientemente para extraer toda la fauna que aún permanezca en él.

Una vez extraídos los animales, deberán ser determinados al nivel taxonómico más bajo posible, deseable a nivel de especie. Cuando 2 ó más especies no determinadas sean asignadas a un mismo taxón superior, éstas serán nombradas por esa asignación más la extensión sp.1, sp.2 , etc. En toda ocasión, cuando un taxón no haya sido identificado a nivel de especie, este deberá ser particularmente guardado y rotulado con la asignación entregada, de manera tal de poder ser revisado y referenciado en los futuros monitoreos, dándole así, siempre la misma asignación. Será responsabilidad de la Empresa Contratante asegurar que la Empresa Consultora mantenga la *colección*

de referencia, y de ser cambiada la Empresa Consultora por otra empresa para los siguientes monitoreos, la Empresa Consultora saliente deberá entregar la *colección de referencia* con el objeto de seguir el mismo criterio de asignación. Este procedimiento permitirá, en lo sucesivo, que dicho taxón pueda ser determinado a un nivel taxonómico menor hasta llegar a especie sin alterar la interpretación que se tiene de la situación ambiental producto de la actividad productiva.

Los *taxa* de cada muestra serán contados, pesados con una sensibilidad de 0,001 gr (peso húmedo luego de 5 minutos de drenado) y preservados en alcohol al 70%. Las muestras deberán ser guardadas por un período no menor a 5 años, debiendo mantener una *colección guía* con especímenes representativos de cada uno de los *taxa* determinados a nivel de especie. De ser pertinente, la *colección guía* permitirá a la Empresa Consultora, o a la empresa que continúe con el monitoreo, hacer las correcciones necesarias en presencia de una determinación incorrecta de una ó más especies. Será responsabilidad de la Empresa Contratante asegurar que la Empresa Consultora mantenga la *colección guía* y, de ser cambiada por otra Empresa Consultora, se haga entrega de dicha colección con el objeto de continuar con los mismos criterios.

Todo cambio en la determinación de un taxón que provenga de la revisión de la *colección de referencia* y/o de la *colección guía*, será entendido como una mejora en la capacidad de establecer de manera cada vez más precisa los eventuales impactos negativos de la actividad productiva. Esto deberá ser informado a la Autoridad competente mediante un *addendum* a informes de monitoreos precedentes y explicitado en un anexo en el informe de monitoreo donde se establece el cambio. Será responsabilidad de la Empresa Contratante mantener el adecuado registro de los cambios de asignación de especies/taxón y que este cambio le sea informado oportunamente a la Autoridad competente por la actual Empresa Consultora. La Autoridad competente podrá realizar auditorías a la Empresa Contratante por la determinación de especies en presencia de cambios detectados en la composición de la macrofauna.

Análisis de datos

Con los datos de abundancia y biomasa se obtendrá una matriz de *taxa* x muestras. En un primer análisis del monitoreo, deberá ser entregado en una Tabla el listado general de *taxa* ordenados por Phylum, Clase y Orden, además de Total Macrofauna, con los siguientes descriptores:

Abundancia promedio total: $(\text{abundancia total del taxón})/(\text{número total de réplicas})$,

Biomasa promedio total: $(\text{biomasa total del taxón})/(\text{número total de réplicas})$,

Abundancia relativa: proporción de la abundancia de una especie respecto a la abundancia de todas las especies en la muestra, expresada como porcentaje.

Frecuencia de ocurrencia: proporción del número de estaciones donde una especie está presente sobre el total de estaciones, expresado en porcentaje.

Riqueza (*S*): número total de especies por estación.

Diversidad (*H'*): Índice de diversidad de Shannon & Weaver por estación, calculado con logaritmo natural:

Uniformidad de Pielou (*J'*), o Evenness (Pielou, 1966):

Seguidamente, para la macrofauna agrupada por Phylum y Total Macrofauna, y con los datos de las cuatro réplicas por estación de muestreo, se obtendrá la abundancia promedio, la biomasa promedio y riqueza promedio (\pm desviación estándar), lo que deberá ser entregada en Figuras. El análisis de cada Figura deberá estar acompañado con el resultado de un ANOVA (análisis de la varianza de 1 factor), paramétrico o no-paramétrico según comportamiento de las varianzas. Como prueba a posteriori se deberá utilizar la prueba de Tukey.

La caracterización de las comunidades de fondos blandos será realizada con los *taxa* dominantes de cada estación, siendo éstos aquellos *taxa* que en orden

decreciente de sus abundancias y biomasa logran el 80% ó más del total de la abundancia y/o total de la biomasa de la respectiva estación. La caracterización incluye un análisis de clasificación jerárquica de la co-ocurrencia de los taxa dominante a través de las estaciones, utilizando para dicho propósito el índice de disimilitud de Bray–Curtis en base a las abundancias, previa transformación de los datos (por ej., raíz cuarta). La técnica de agrupamiento a utilizar es la UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*). El análisis es acompañado por una Figura donde se muestre el aporte porcentual de cada uno de los referidos *taxa* dominantes dentro de cada estación. Finalmente, el grado de similitud de los agregados macroinfaunicos por estación será también evaluado con un análisis de clasificación jerárquica considerando las abundancias de todos los taxa dominantes dentro de cada estación (con el índice de disimilitud de Bray–Curtis, transformación de los datos y técnica de agrupamiento UPGMA).

La visualización y el establecimiento de los eventuales cambios temporales en la estructura comunitaria (y que puedan indicar impactos negativos o positivos significativos de una actividad productiva), se hará en base a un análisis de ordenación no-paramétrico nMDS (*non Metric MultiDimensional Scaling*), teniendo como insumo una matriz *taxa* x muestras-por-estación/tiempo de las abundancias, utilizando el índice de disimilitud de Bray & Curtis. La significancia estadística de los cambios en el tiempo a observar será establecida mediante ANOSIM (Warwick & Clarke) o mediante el nPMA (*non-Parametric Multivariate Analysis*) (Anderson, 2001). Dado que un cambio temporal significativo en la estructura comunitaria no necesariamente indicará un impacto negativo (o positivo) de una actividad productiva, la relevancia ambiental de este cambio (y efecto real de la actividad productiva) debe ser evaluada considerando la identidad de las especies, los descriptores de abundancia, biomasa y riqueza de especies (incluyendo H' y J'), donde la aproximación AMBI debe ser un referente adicional en esta evaluación.

- **Control de calidad y trazabilidad**

Para garantizar la trazabilidad de las muestras de infauna, se deberá confeccionar las respectivas cadenas de custodia, las que deberán contener al menos el lugar de muestreo, el nombre de las estaciones y réplicas, la fecha de muestreo y el nombre del personal que tomo la muestra. Esta cadena de custodia deberá ser firmada tanto por el personal que tomo la muestra como el personal que recepcionó la muestra en el laboratorio.

4.2.4.3.3.6.- Comunidades submareales de fondo duro

- **Marco conceptual**

Las comunidades marinas de fondos duros pueden ser afectadas por los impactos ambientales durante la fase de construcción de una central hidroeléctrica, debido a un efecto directo de la construcción de las estructuras necesarias para la colocación de cables submarinos que destruyen los hábitats o las especies que allí se puedan encontrar. De igual forma la construcción del embalse genera un importante movimiento de material, el cual en parte puede ser arrastrado por las aguas del río, generando una introducción de diversas sustancias potencialmente contaminantes o que alteran los parámetros del agua de mar. Durante la operación, el cambio de los regímenes de agua de los ríos intervenidos, pueden generar cambios en las características de la columna de agua que pueden afectar a su vez a las comunidades existentes en las cercanías de la desembocadura del río intervenido.

- **Metodología y análisis**

Para caracterizar la biota de fondos duros submareales colindantes a la desembocadura de un río intervenido o donde se instalarán cables submarinos, se deben trazar y ubicar transectos perpendiculares a la costa, desde los 3 m hasta los 20

m de profundidad o hasta se extiendan los fondos duros si la profundidad es menor. En el sector influenciado por el río intervenido, al menos uno de los transectos debe quedar ubicado en el sector donde se encuentra la desembocadura del río. Para los sectores de acometida de los cables submarinos, al menos un transecto debe quedar ubicado en el eje del cable. Todos los transectos deben ser distribuidos de manera equidistante uno del otro en el área costera colindante al proyecto, frente a los terrenos de la empresa siguiendo la metodología descrita en el acápite diseño muestral de este capítulo.

En cada transecto, cada 5 m de profundidad, dos buzos hooka deben evaluar la cobertura y abundancia de invertebrados bentónicos de fondos duros lanzando al azar cuadrantes de 0,25 m². En cada cuadrante se debe evaluar la cobertura de organismos sésiles (invertebrados y macroalgas) utilizando una trama de cien puntos de intersección, y la abundancia de invertebrados móviles con conteos in situ. La cobertura de organismos debe ser expresada como frecuencia porcentual por 0,25 m² y la densidad de invertebrados como número de individuos por 0,25 m². La identificación taxonómica de cada especie fue realizada a la menor resolución posible (Ej. Familia, Género o especie), de acuerdo a la literatura disponible (ver Lancelloti & Vásquez 2000).

El extremo profundo de cada transecto debe ser georeferenciado en coordenadas UTM y UG usando un GPS portátil comercial. Las coordenadas geográficas deben ser registradas en superficie, ubicando el bote sobre la posición de inmersión de los buzos. Además, los buzos deben anotar la profundidad. Llevar un registro fotográfico de actividades en terreno.

Los monitoreos de las comunidades de fondos duros deben ser realizadas al menos en invierno y verano tanto durante la construcción como la operación del proyecto, realizando una campaña de monitoreo en cada una de las estaciones, procurando que la duración de esta sea lo más acotada en el tiempo.

- **Control de calidad y trazabilidad**

Para garantizar la trazabilidad de los datos obtenidos en las evaluaciones de comunidades submarinas de fondos duros, se deberá contar con copias o fotografías de las tablillas de acrílico u otro medio de escritura submarina en la que se anotó la data de densidad y cobertura de las especies observadas por el buzo. Idealmente, se deberá tener fotografía de algunas de las características más relevantes de las comunidades observadas.

4.2.4.3.3.7.- Comunidades intermareales de roca

- **Marco conceptual**

Las comunidades marinas que habitan el intermareal rocoso pueden ser afectadas por la construcción y operación de las centrales hidroeléctricas debido a la destrucción del hábitat durante la instalación de los cables de transmisión submarina o podrían verse afectadas por un cambio en las condiciones fisicoquímicas del agua de mar durante la operación debido a los cambios en los regímenes de las aguas.

- **Metodología y análisis**

Para evaluar la biota marina de playas de roca se trazan transectos perpendiculares a la costa, considerando el ancho de la distribución de los ensamblajes intermareales. Los transectos deben ser distribuidos, de manera equidistante, a lo largo de la franja intermareal dentro del área costera colindante al proyecto, y a los terrenos de la empresa. Un transecto intermareal (T1) debe ser ubicado dentro del área proyectada como Concesión Marítima de Porción de Playa, donde se instalará el cable submarino. Debido a la heterogeneidad del litoral rocoso, y con el fin de

describir de mejor manera los patrones de distribución y de diversidad de especies, en los sitios de muestreo se debe trazar un transecto sobre plataformas rocosas (entre 0 y 75° de inclinación) y otro sobre paredones (>75° de inclinación).

Para describir la composición y los patrones de distribución vertical de las especies en la franja intermareal, cada transecto debe ser subdividido en tres zonas en función del nivel de marea. En el área de estudio y de acuerdo a la clasificación de Santelices (1989) para comunidades de rocas: la zona intermareal alta (o intermareal alto) se ubica entre los 1,5 m y 2,5 m sobre el nivel medio del mar, la zona intermareal media (o intermareal medio) está entre los 0,5 m y 1,5 m sobre el nivel medio del mar, mientras que la zona intermareal baja (o intermareal bajo) está entre los 0,1 m y 0,5 m sobre el nivel medio del mar. En cada zona intermareal (alto, medio, bajo) del transecto, se deben lanzar cuadrantes de 0,25 m² (50 cm por 50 cm) al azar para evaluar *in situ* la cobertura de invertebrados sésiles y macroalgas (utilizando una trama de cien puntos de intersección), y la abundancia de invertebrados móviles.

La cobertura de especies sésiles debe ser expresada como porcentaje, mientras que la abundancia de organismos móviles debe ser expresada como número de individuos por especie en 0,25 m².

Cada transecto debe ser georeferenciado en coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator) y geográfica, anotando además el tipo de sustrato y el perfil de la playa. El transecto debe ser georeferenciado usando GPS portátil comercial, registrando las coordenadas del punto en el intermareal alto. Mantener un registro fotográfico de las actividades en terreno.

Los monitoreos de las comunidades intermareales de fondos duros deben ser realizadas al menos en invierno y verano tanto durante la construcción como la operación del proyecto, realizando una campaña de monitoreo en cada una de las estaciones, procurando que la duración de esta sea lo más acotada en el tiempo.

- **Control de calidad y trazabilidad**

Para garantizar la trazabilidad de los datos obtenidos en las evaluaciones de comunidades intermareales de fondos duros, se deberá contar con copias o fotografías de las tablillas de acrílico u otro medio de escritura submarina en la que se anotó la data de densidad y cobertura de las especies observadas. Idealmente, se deberá tener fotografía de algunas de las características más relevantes de las comunidades observadas.

4.2.4.3.3.8.- Comunidades intermareales de arena

- **Marco conceptual**

Las comunidades marinas que habitan el intermareal de arena pueden estar expuestas a los mismos impactos ambientales descritos para las comunidades del intermareal de roca, es decir destrucción del hábitat durante la instalación de los cables de transmisión o efectos debido a los cambios de regímenes de las aguas de los ríos intervenidos durante la operación de la central.

- **Metodología y análisis**

Para evaluar la biodiversidad marina de playas de arena colindante a sectores influenciados por la instalación de una central hidroeléctrica, se deberán trazar transectos perpendiculares a la costa que abarquen todo el ancho de la costa intermareal. Los transectos deben ser distribuidos, aproximadamente de manera equidistante entre sí, a lo largo de la franja intermareal dentro del área costera colindante al proyecto. Algunos transectos intermareales deben ser ubicados dentro de las áreas de Concesión Marítima de Porción de Playa de la empresa.

Con el fin de describir los patrones de zonación vertical de la biota que habita en la playa de arena, cada transecto debe ser subdividido en estaciones de muestreo equidistante entre sí. Cada estación de muestreo debe ser ubicada aproximadamente cada 5 m a lo largo del transecto, abarcando la extensión comprendida entre la berma de la playa y la zona de saturación. De acuerdo a la clasificación utilizada por McLachlan & Jaramillo (1995), las playas se dividen en cuatro zonas: (1) la zona de secado y más alta marea, que incluye la berma de la playa, y se ubica en el área de estudio entre los 1,5 m y 2,5 m sobre el nivel medio del mar. (2) La zona de retención, ubicada en el centro de la playa entre los 0,5 y 1,5 m sobre el nivel medio del mar. (3) La zona de resurgencia ubicada dentro del límite determinado por las mareas bajas; y (4) la zona de saturación y batido de las olas que está entre el nivel 0 de mareas y los 0,5-1 m de profundidad.

En cada estación de muestreo del transecto, se enterraran cores de 0,01 m² para evaluar la abundancia de invertebrados. Los sedimentos retenidos en los cores debe ser tamizado a través de una malla de 1 mm de luz. La densidad de organismos móviles debe ser expresada como número de individuos por especie en 0,01 m² y la biomasa en gramos (g) en 0,01 m², respectivamente.

Cada transecto debe ser georeferenciado en coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator) y UG (Unidades Geográficas) usando un GPS postátiles, registrando las coordenadas del punto en la zona secado y más alta marea (berma de la playa) y en la zona de saturación y batido de las olas. Además, se debe determinar el perfil de la playa usando el método de Emery (1961) para estimar la pendiente.

Los monitoreos de las comunidades intermareales de fondos duros deben ser realizadas al menos en invierno y verano tanto durante la construcción como la operación del proyecto, realizando una campaña de monitoreo en cada una de las estaciones, procurando que la duración de esta sea lo más acotada en el tiempo.

- **Control de calidad y trazabilidad**

Para garantizar la trazabilidad de las muestras de intermareal de arena, se deberá confeccionar las respectivas cadenas de custodia, las que deberán contener al menos el lugar de muestreo, el nombre de las estaciones y réplicas, la fecha de muestreo y el nombre del personal que tomo la muestra. Esta cadena de custodia deberá ser firmada tanto por el personal que tomo la muestra como el personal que recepcionó la muestra en el laboratorio.

4.2.4.3.3.9. Ictiofauna

- **Marco conceptual**

Debido a que los peces presentan cierta movilidad que puede generar un alejamiento de una fuente de contaminación, el principal efecto sobre las poblaciones de estos organismos tiene relación con la destrucción de su hábitat. Como efecto no letal, también se debe considerar la bioacumulación especialmente en especies bentónicas o residentes con menor movilidad que permanecen en las cercanías del proyecto por un mayor tiempo. Para centrales hidroeléctricas en que cambian las condiciones de los ríos intervenidos, también pueden observarse efectos en las especies de peces que tienen parte de su ciclo de vida en un río y otra parte en el mar.

- **Metodología y análisis**

Las poblaciones de peces deben ser evaluadas dependiendo de su movilidad mediante métodos directos (censos) o mediante métodos indirectos (pescas).

Censos visuales

Para aquellas poblaciones de peces bentónicos con baja movilidad y que permanecen habitando en las inmediaciones de la zona de influencia del proyecto, se deberán realizar censos directos. El muestreo de peces deberá realizarse en transectos de área conocida (por ejemplo, de longitud 100 m) y cada transecto, debe

ser recorrido por un buzo biólogo el cual identificará y contará todas las especies que pueda observar. Se deben contar todos aquellos peces que se observen nadando en las cercanías del transecto (hasta donde la visibilidad permita la evaluación) o en dirección contraria al buzo, no contabilizando aquellas que se desplacen en la misma dirección de este de manera de minimizar los conteos dobles. De igual manera se pueden utilizar puntos de observación dentro del transecto con tiempos fijos de observación como metodología alternativa (ver Pere-Matus et al, 2007). Se registrará además la visibilidad promedio para cada día de muestreo y las profundidades de inicio y finalización del transecto.

Muestreo de peces mediante pesca

Para aquellas poblaciones de peces pelágicas o con mayor movilidad y para las cuales se requiera conocer sus características poblacionales, se deberán desarrollar muestreos mediante artes de pesca. Para ello se pueden utilizar redes o espineles (horizontales o verticales).

Redes.

Para la utilización de redes como arte de pesca, se debe considerar las especies a capturar y además asegurar que la abertura de malla permita la captura de especies de distinto tamaño. Se recomienda usar dos redes de trasmallo con diferentes aperturas de malla, las cuales se deben instalar al menos durante 12 horas. Se debe considerar la biología de las especies a pescar para determinar la extensión de la red, su profundidad de instalación, fase lunar etc. La captura debe ser analizada en cuanto a captura por unidad de esfuerzo y determinar parámetros poblacionales como sexo, tamaño, edad u otro de importancia para el proyecto.

Espineles.

En estas experiencias se pueden utilizar espineles verticales, horizontales u ambos dependiendo de las especies a estudiar. Los espineles verticales reciben ese nombre en atención a que la línea madre queda en forma vertical sobre el fondo, mientras que en el caso de los espineles horizontales la línea madre queda calada en

forma paralela al fondo marino. Para asegurar la captura de especies de distintos tamaños y organismos de distintas edades, se debe considerar entre otros factores, el tamaño de los anzuelos, tipo de carnada, tiempo de permanencia en el agua.

Proceso y registro de la información

Para cada lance se registrará la fecha, posición geográfica, profundidad de trabajo, aparejo de pesca empleados y características específicas de los mismos y carnada utilizada en los espineles. Además, se deberá llevar un control *in situ* del tamaño y peso total de los ejemplares capturados. Los rendimientos por sitio de pesca se deben calcular por especie, como el cociente entre el peso capturado y red o el número y tipo de anzuelos empleados según el arte de pesca. Los peces serán identificados taxonómicamente, medidos con un ictiómetro, registrando la longitud total en centímetro inferior y el peso total debe ser determinado en forma individual con ayuda de una balanza.

Para la correcta evaluación de las comunidades de peces, los muestreos deben ser realizados al menos dos veces al año en épocas opuestas (invierno y verano). La extensión en el tiempo debe ser lo más acotada en el tiempo en cada campaña para no incluir variabilidad temporal entre los sectores de estudio. Se debe contemplar además otras condiciones como fases lunares, dependiendo de las especies estudiadas y el objetivo del estudio en particular

- **Control de calidad y Trazabilidad**

Para garantizar la trazabilidad de los datos obtenidos en las evaluaciones de peces, se deberá contar con copias o fotografías de las tablillas de acrílico u otro medio de escritura utilizada en terreno en la que se anotó la data de densidad para las evaluaciones mediante censos. De igual forma se deberán conservar los registros de las mediciones de la ictiofauna capturada mediante las pescas. Idealmente, se deberá tener fotografía de algunas de las características más relevantes de los procedimientos muestrales utilizados.

5.- Análisis y discusión

Antecedentes bibliográficos

La información recogida de los informes enviados al SEIA como parte de los estudios o declaraciones de impacto ambiental es variada en el tipo de información y la calidad de la información contenida en estos. Si se compara por tipo de proyecto, se puede concluir que si bien para cada tipo se identifican y describen de manera general los principales impactos ambientales y además se da cuenta de los impactos descritos en la literatura, estos no son abordados en profundidad en sus efectos. Así por ejemplo, para centrales termoeléctricas y plantas desalinizadoras se indica el efecto del retorno de las aguas e proceso al mar y se mencionan los posibles efectos de la succión de agua y la destrucción de la biomasa que se succiona con ella, sin embargo los efectos ecológicos de la destrucción de larvas o propágulos en las comunidades marinas no es abordado en profundidad y por lo mismo los planes de vigilancia no contemplan monitoreos específicos para evaluar este efecto en muchos de los proyectos analizados. Para los puertos se indican los efectos de la operación del puerto, pero no siempre los efectos de la operación de los buques que ahí operan. Esta falta de profundidad en la descripción de los impactos ambientales, muchas veces tiene efectos en los planes de vigilancia propuestos por los titulares de los proyectos donde o bien no se evalúan todas las matrices impactadas o el diseño muestral no es suficiente para poder establecer diferencias respecto de la situación inicial y por ende establecer la existencia de un impacto o no.

De igual forma, la metodología utilizada para evaluar las matrices posiblemente impactadas por los diferentes proyectos, ya sea en su componente físico, químico o biológico se corresponde a la utilizada en proyectos de evaluación similar o en estudios científicos, sin embargo, el diseño muestral utilizado por lo general no es justificado por los autores de los diversos estudios y se puede apreciar en muchos de estos una falta de replicación de las muestras tomadas en distintas estaciones para la evaluación de las distintas matrices lo que puede afectar el poder estadístico de las

comparaciones ya sean espaciales (zona de influencia-controles) o temporales (línea de base-planes de vigilancia), lo que puede disminuir la posibilidad de identificar un impacto ambiental. En general los consultores se remiten a la guía de la Directemar antes citada la que establece para algunas de las matrices estudiadas una metodología sugerida con indicación de número de estaciones y réplicas solicitadas, sin embargo esta metodología debería ser adaptada a las características propias de cada proyecto de acuerdo a los impactos declarados y a la extensión de estos, así como de las características propias del sector donde se ubica el proyecto.

Guías metodológicas propuestas

Las guías metodológicas desarrolladas, tienen por objetivo entregar información relevante sobre los impactos ambientales esperables, las matrices o variables ambientales afectadas y la metodología a utilizar por cada tipo de proyecto identificado como relevante entre los que ingresan al sistema de evaluación ambiental con un componente marino. De esta forma, se podrá acceder a una guía por tipo de proyecto que incluye los efectos tanto en las variables físicas, químicas y biológicas.

Para cada una de estas matrices se definió un marco conceptual de manera de establecer la relación de la matriz con el posible efecto o impacto ambiental del tipo de proyecto, la metodología para evaluar dicho impacto y las acciones necesarias para asegurar la calidad en la toma de la data y de los análisis subsecuentes así como la trazabilidad de estos.

En general, las metodologías propuestas en cada guía, se corresponden con las metodologías utilizadas en los estudios de impacto ambiental y planes de seguimiento ingresados en los estudios de impacto ambiental al sistema, por lo que las guías no hacen otra cosa que ordenarlas y establecer los criterios necesarios para que los datos obtenidos por dichas metodologías sean adecuados. De esta manera se sugieren instrumentos, métodos y diseños muestrales para cada variable a estudiar. Por lo general, las variables ambientales afectadas son similares entre los distintos tipos de proyectos salvo algunos monitoreos que difieren como la evaluación de la succión de larvas en los proyectos de plantas desalinizadoras o centrales termoeléctricas.

Si bien, en cada una de las guías se solicitan muestreos específicos para evaluar cada una de las variables o matrices ambientales potencialmente afectadas por el proyecto a desarrollar, estas deben ser tomadas como un mínimo sobre el cual se deben determinar aquellas metodologías y diseños más adecuados de acuerdo a las características propias de cada proyecto.

6.- Conclusiones

- Los proyectos ingresados al SEIA corresponden principalmente a emisarios submarinos, puertos de embarque, centrales termoeléctricas, plantas desalinizadoras y centrales hidroeléctricas las que representan más del 95% de los proyectos ingresados en los últimos años.
- Los principales impactos ambientales descritos en los proyectos para su fase de construcción corresponden a destrucción de hábitats, fragmentación de hábitats y pérdida de especies. Todos estos efectos son comunes a todos los proyectos analizados
- Los principales impactos ambientales de los emisarios submarinos para su fase de operación corresponden a cambios en la calidad de la columna de agua, ya sea por un aumento de contaminantes biológicos o químicos, cambios en la calidad de los sedimentos submareales y de las comunidades cercanas a los difusores del emisario.
- Para las plantas desalinizadoras y las centrales termoeléctricas los impactos ambientales corresponden a aquellos ocasionados por la succión de agua junto con la cual se destruye biomasa de fitoplancton, así como propágulos de algas y larvas de diferentes especies. Mientras que el agua de rechazo de ambos tipos de proyectos generan cambios en las características del agua de mar (temperatura/salinidad), aumento de contaminantes químicos y efectos en las comunidades marinas cercanas.
- Para los proyectos portuarios los efectos tienen relación con la operación de las naves las que pueden generar la introducción de especies exóticas, producir perturbación del fondo debido a las propelas y la interferencia con mamíferos marinos los que pueden ser colisionados por los buques o perturbados por el ruido provocado por estos. En la operación habitual del puerto propiamente tal, la contaminación accidental debido al vertimiento de los productos a embarcar o desembarcar o los dragados de mantención de los sitios de embarque.

- Para las centrales hidroeléctricas en tanto los efectos ambientales tienen relación en los cambios en los caudales de los ríos intervenidos que generan cambios en los sectores costeros donde estos desembocan. También se evalúan los efectos relacionados a la instalación de cables de transmisión eléctrica submarina que generan campos magnéticos que pueden afectar a diversas especies marinas.
- Las metodologías utilizadas para evaluar las diversas matrices marinas, se corresponden con aquellas indicadas en la literatura, sin embargo los diseños muestrales en general adolecen de adecuada replicación y de controles. En general no se discuten las razones de los diferentes muestreos realizados.

7.- Referencias bibliográficas

Abbessa D, Carr R. Rachid B. Sousa E. Hortelani M. & Sarkis J. 2005. Influence of a Brazilian sewage outfall on the toxicity and contamination of adjacent sediments. *Marine Pollution Bulletin* 50: 875-885

Abdulla A. & Linden, O. 2008. Maritime traffic effects on biodiversity in the Mediterranean Sea: Review of impacts, priority areas and mitigation measures. Malaga, Spain: IUCN Centre for Mediterranean Cooperation. 184 pp.

Adams, D.A., J.S. O'Connor, and S.B. Weisberg. 1998. Final Report: Sediment Quality of the NY/NJ Harbor System- An Investigation under the Regional Environmental Monitoring and Assessment Program (REMAP). EPA/902-R-98-001. USEPA-Region 2, Division of Environmental Science and Assessment. Edison, NJ.

Aguilar Soto, N., Johnson, M., Madsen, P., Tyack, P.L., Bocconcelli, A. and Borsani, J.F. 2006. 'Does intense ship noise disrupt foraging in deep-diving Cuvier's beaked whales (*Ziphius cavirostris*)?' *Marine Mammal Science*, 22(3):690-699.

ANZECC (Australian and New Zealand Environment and Conservation Council). 1996. 'Working Together to Reduce Impacts from Shipping Operations: ANZECC strategy to protect the marine environment'. Volume 2 - Technical Annex. Environment Protection Agency, Commonwealth.

ANZECC (Australian and New Zealand Environment and Conservation Council). 1998. 'Interim Ocean Disposal Guidelines'. ANZECC secretariat, Canberra.

Arcadis. 2010. Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Planta Desalinizadora de Compañía Contractual Minera Candelaria: Línea Base Medio Marino, 241 pp.

Bamber, RN & Spencer, JF 1984 The benthos of a coastal power station thermal discharge canal. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. Vol. 64, no. 3, pp. 603-623.

Bamber R. N., 1991. The Laminaria holdfast community of Wylfa Power Station cooling water discharges, National Power, Nuclear Electric Research Report, TEC/L/0321/R90., CMP/L/0001/R91.

Barahona N, Orensanz JM, Parma AM, Jerez G, Romero C, Miranda H, Zuleta A, Catasti V, Galvez P 2003 Bases Biológicas para rotación de áreas en el recurso erizo. Proyecto FIP 2000-18. Instituto de Fomento Pesquero, Valparaiso

Bigot L. Conrard Ch. Amouroux J. Froudin P. Brouggemann H. & Gremare A. 2006. Effect of industrial outfall on tropical macrobenthic sediment communities in Reunion Island. *Marine Pollution Bulletin* 52: 865-880

Borja, A., J. Franco & V. Pérez. 2000. A Marine Biotic Index to Establish the Ecological Quality of Soft-Bottom Benthos Within European Estuarine and Coastal Environments. *Marine Pollution Bulletin*. 40: 1100–1114.

Borsani, J.F., Clark, C.W., Nani, B. and Scarpiniti, M. 2007. 'Fin whales avoid loud rhythmic low-frequency sounds in the Ligurian Sea'. Abstracts of the International Conference on the Effects of Noise on Aquatic Life, Nyborg, Denmark.

Braga, E., C. Bonetti, L. Burone & J. Bonetti. 2000. Eutrophication and bacterial pollution caused by industrial and domestic wastes at the Baixada Santista estuarine system-Brazil. *Marine Pollution Bulletin* 40: 165-173

Carlton, J.T. 1985. 'Transoceanic and interoceanic dispersal of coastal marine organisms: the biology of ballast water'. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 23:313–371.

Carlton, J.T. and Geller, R. 1993. 'Ecological roulette: the global transport of nonindigenous marine organisms'. *Science*, 261:78– 82.

Carpenter E.J. Anderson & S.J. Peck, B.B. 1974 Copepod and chlorophyll a concentrations in receiving Waters of a nuclear power station and problems associated with their measurement. *Estuarine and Coastal Marine Science* 2: 83-88

Clark R.B. 1997 *Marine Pollution*. Clarendon press Oxford.161 p.

CME (Canadian Council of Ministers of the Environment). 2002. Protocol for the derivation of Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life.

Coté I & Perrow M. 2006. Fish. En Sutherland W. (Ed) *Ecological Census Techniques* Cambridge University Press. 250-275 p.

Cotruvo, J., Voutchkov, N., Fawell, J., Payment, P., Cunliffe, D. & Lattemann S. 2010 *Desalination technology: health and environmental impact*. CRC Press

Crastioti, L., Ç. M. Beltrano, O. Giambalvo, P. Vivona, & G. Sunseri. 2001. A one-year study of the effects of a hyperhaline discharge from a desalination plant on the zoobenthic communities in the Ustica Island Marine Reserve (Southern Tyrrhenian Sea) In: 36 CIESM Monaco

Cheng I.J., Ko P. Ch., Hu S. I.; Hu Ch. P., Wei T. P. 2004 Nearshore Macro-benthic Communities off Two Nuclear Power Plants in Northern Taiwan *Journal of Marine Science and Technology* 12 (5): 392-403
Enright, J.T. 1977 Power plants and plancton. *Marine Pollution Bulletin* 8, 158-161

Darbra, R.M; Ronza, A; Casal, J.; Stojanovic, T.A. y Wooldridge, C., 2009. The Self Diagnosis Method. A new methodology to assess environmental management in sea ports. En: Marine Pollution Bulletin. 48 (2004): pp. 420-428.

Davis, C., J. Long, M. Donald & N. Ashobolt. 1995. Survival of faecal microorganisms in marine and freshwater sediments. Appl. Environ. Microbiol. 61: 1888-1896.

Decreto Supremo N° 90 del 30 de mayo del 2000 que "Establece la Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales".

Del-Pilar-Ruso, Y., J. A. De-la-Ossa-Carretero, F. Gimenez-Casalduero, & J. L. SanchezLizaso. 2008. Effects of a brine discharge over soft bottom Polychaeta assemblage. Environmental Pollution, 156: 240-250.

Duttilleul P 1993 Spatial heterogeneity and design of ecological field experiments. Ecology 74: 1646-1658

EPA. 2010. National Coastal Condition Assessment, Laboratory Methods manual, environmental Protection agency

Fahrig, L. 1997. Relative effects of habitat loss and fragmentation on species extinction. Journal of Wildlife Management 61: 603-610.

Fisher C. & M. Slater. 2010. Effects of Electromagnetic Fields on Marine Species: A Literature Review. Prepared for the Oregon Wave Energy Trust by Ecology and Environment, Inc. and Science Applications International Corp.

Forman, R.T.T. 1995. Land Mosaics: the ecology of landscapes and regions. Cambridge University Press, New York, U.S.A. 632 pp.

Gacía E. & E. Ballesteros. 2001. El impacto de las plantas desalinizadoras sobre el medio marino: la salmuera en las comunidades bentónicas mediterráneas. In Conferencia Internacional: El Plan Hidrológico Nacional y la Gestión Sostenible del Agua. Aspectos medioambientales, reutilización y desalación. Zaragoza. 13 pp.

Gauthier, M. 1991. Poluciones bacterianas en el medio marino. La polución de las aguas marinas. Ediciones Omega. Barcelona. pp. 126-138.

Gordon, J.C.D., Gillespie, D., Potter, J., Frantzis, A., Simmonds, M., Swift, R. and Thompson, D. 2004. 'A review of the effects of seismic surveys on marine mammals'. Marine Technology Society Journal, 37(4):14-34.

Green, D.M., DeFerrari, H.A., McFadden, D., Pearse, J.S., Popper, A.N., Richardson, W.J., Ridgway, S.H. and Tyack, P.L. 1994. Low-frequency sound and marine mammals:

Current knowledge and research needs. (NRC report) Washington, D.C.: National Academy Press.

González, R., K. León, G. Dévora & A. Mendoza. 2009. Funcionamiento y contaminación generadas por plantas desalinizadoras ubicadas en las zonas del mar de Cortés y mar Caribe: un estudio para el desarrollo de normatividad ambiental acuática. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 5: 186–197.

Guzmán H., Gómez C. & Guevara C. 2013. Potential vessel collisions with Southern Hemisphere humpback whales wintering off Pacific Panama. *Marine Mammal Science* 29:4 629-642

Halpern, B.S., Gaines, S.D. & Warner, R.R. (2004) Confounding effects of the export of production and the displacement of fishing effort from marine reserves. *Ecological Applications* 14(4): 1248-1256.

Hildebrand, J. 2005. 'Impacts of anthropogenic sound'. In: J.E. Reynolds, III, W.F. Perrin, R.R. Reeves, S. Montgomery, and T.J. Ragen (eds) *Marine mammal research: conservation beyond crisis*, pp. 101–124. Baltimore, Maryland: Johns Hopkins University Press.

Huanca, W., E. Santander, L. Padilla & M. Mondaca. 1996. Sobrevida de bacilos gram negativos en ambiente marino. *Gayana Oceanol.* 4 (2): 153-157.

Ibáñez, C., N. Prat y Canicio, A. 1996. Changes in the hydrology and sediment transport produced by large dams on the lower Ebro river and its estuary. *Regulated Rivers* 12: 51-62.

Ibáñez, C., Rodríguez-Capitolo, A. y Prat, N. 1995. The combined impacts of river regulation and eutrophication on the dynamics of the salt wedge and the ecology of the lower Ebro River, en A. Ferguson y D. Harper (eds.), *Ecological Basis for River Management*, John Wiley & Sons, 105-114.

Jaramillo E., Carrasco F., Quijón P., Pino M. y Contreras H. 1998. Distribución y estructura comunitaria de la macroinfauna bentónica de la costa del norte de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 71:459-478

Jensen, A.S. and Silber, G.K. 2003. 'Large whale ship strike database'. US Department of Commerce, NOAA Technical Memorandum NMFS/OPR-25.

Jordan R.A., Martin P.G., Sutton, C.E., 1983 Selective effects of phytoplankton entrainment at the Surry Power Plant, James River, Virginia. *Hydrobiologia* 106, 253-261

Kostylev V, Erlandsson J 2001. A fractal approach for detecting spatial hierarchy and structure on mussel beds. *Marine biology* 139: 497-506

Khordagui H. 2002. Power and desalination plants. In N. Khan, M. Munawar and A. Price, editors. *The Gulf Ecosystem: Health and sustainability*. Backhuys Publishers. Leiden

Knowlton, A.R. and Brown, M.W. 2007. 'Running the gauntlet: right whales and ship strikes'. In: S.D. Kraus and R.M. Rolland (eds), *The urban whale: North Atlantic right whales at the crossroads*, pp.409–435. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Kraus, S.D., Brown, M.W., Caswell, H., Clark, C.W., Fujiwara, M., Hamilton, P.K., Kenney, R.D., Knowlton, A.R., Landry, S., Mayo, C.A., McLellan, W.A., Moore, M.J., Nowacek, D.P., Pabst, A.D., Read, A.J. and Rolland, R.M. 2005. 'North Atlantic right whales in crisis'. *Science*, 309:561–562.

Laist, D.W., Knowlton, A.R., Mead, J.G., Collet, A.S. and Podesta, M. 2001. 'Collisions between ships and whales'. *Marine Mammal Science*, 17(1):35–75.

Lancellotti, D.A., Stotz, W.B., 2004. Effects of shoreline discharge of iron mine tailings on a marine soft-bottom community in northern Chile. *Marine Pollution Bulletin* 48, 303–312.

Lattemann, S. 2010 *Development of an environmental impact assesment and decisión support system for seawater desalination plants*. CRC Press/Balkema The Netherlands

Lattemann, S. & T. Höpner. 2008. Environmental impact and impact assesment of seawater desalination. *Desalination*, 220: 1–15.

Leppe Z. & Arodiz E. 2006. El impacto de los emisarios. *Revista de descontaminación industrial. Recursos energéticos y energía*. *Induambiente* N°79 70-73

Leonardi, M. & E. Tarifeño. 1996. Efecto de la descarga de aguas servidas por un emisario submarino en los lenguados, *Paralichthys microps* (Gunther 1881) y *Paralichthys adspersus* (Steindachner 1867) en la bahía de Concepción, Chile: *Evidencias Experimentales. Rev. Biol. Mar., Valparaíso*, 31 (1): pp. 23-44.

Ley 41/2010, de 29 de diciembre, de Protección del Medio Marino, ministerio de agricultura, alimentación y medioambiente del gobierno de España – 2010.

Lewis, J.A. 2001. 'Ship Anti -Foulants — tributyl tin and substitutes'. *National Shipping Industry Conference 2001*.

Lindenmayer DB & J. Fischer 2006 *Habitat fragmentation and landscape change: an ecological and conservation synthesis*. Island Press, Washington DC.

Ludwig G. 1988. *Evaluación de impacto ambiental. Ubicación y diseño de emisarios submarinos*. Centro panamericano de ingeniería sanitaria y ciencias del ambiente. 62 p

Manual Operativo de la Norma de Muestreo de Aguas Residuales Nch 411/10 – 2005

Manual de métodos de ensayo para agua potable - 2007

Márquez C, I Sánchez & J. Rau. 2004. Técnicas de observación y estimación de abundancia de aves rapaces. 253-263. En Aves rapaces de Chile. Ed. Muñoz-Pedreros A, J Rau & J Yáñez. Ediciones CEA, Valdivia Chile. 387 pp.

Mayhew D. A, Jensen L. D., Hanson D. F. & Muessig P. H. 2000 A comparative review of entrainment survival studies at power plants in estuarine environments. *Environmental Science and Policy* 3, 295-301

Minchin, D. and Gollasch, S. (2002). 'Vectors—how exotics get around'. In: E. Leppäkoski, S. Gollasch and S. Olenin (eds), *Invasive aquatic species of Europe: distribution, impact and management*, pp.183–182. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic.

Mitson, R.B. and Knudsen, H.P. 2003. 'Causes and effects of underwater noise on fish abundance estimation'. *Aquatic Living Resources*, 16:255–263.

Muxika, I., A Borja & W. Bonne. 2005. The suitability of the marine biotic index (AMBI) to new impact sources along European coasts. *Ecological Indicators*, 5: 19–31.

Naylor, E., 1965. Effects of heated effluents on marine and estuarine organisms. *Adv. Mar. Biol* 3: 63–103.

NRC (National Research Council) 2000. *Marine mammals and low-frequency sound*. Washington, DC: National Academy Press.

NRC (National Research Council) 2003. *Ocean Noise and Marine Mammals*. Washington, DC: National Academy Press

Orensanz JM, Parma AM, Hall MA 1996. The analysis of concentration and crowding in shellfish research. In: Campbell GSJaA (ed) *Proceedings of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stock Assessment and Management* Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci., pp 143-157

Palomar, P. & I. Losada. 2008. Desalinisation of seawater in Spain: Aspects to be considered in the design of the drainage system to protect the marine environment. *Public Works Journal*, 155: 37–52.

Panigada, S., Pesante, G, Zanardelli, M, Capoulade, F., Gannier, A. and Weinrich, M.T. 2006. 'Mediterranean fin whales at risk from fatal ship strikes'. *Marine Pollution Bulletin*, 52:1287–1298.

Payne, R. and Webb, D. 1971. 'Orientation by means of long range acoustic signaling in baleen whales'. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 188:110–141.

Pérez-Matus A., Ferry-Graham L., Cea A. & Vásquez A. 2007. Community structure of temperate reef fishes in kelp-dominated subtidal habitats of northern Chile. *Marine And Freshwater Research*. 58: 1069-1085

Pérez, J. 2013. Implementación del índice biótico AMBI en la evaluación ambiental de la acuicultura: una oportunidad para el desarrollo de la taxonomía en Chile. *Boletín de Biodiversidad de Chile*, 8: 1–4.

Pilson E.Q. 2013. *An Introduction to the Chemistry of the Sea 2ed* - Michael, Cambridge University Press, New York.

Poornima E.H., Rajadurai M., Rao T.S., Anupkumar B., Rajamohan R., Narasimhan S.V., Rao V.N.R & V.P. Venugopalan 2005 Impact of thermal discharge from a tropical coastal power plant on phytoplankton *Journal of termal biology* 30, 307-316

Pudget sound water quality action team 1997. Recommended guidelines for measuring metals in pudget sound marine water, sediments and tissue samples. Environmental Protection agency EPA..

Ralph CJ, G R Geupel, P Pyle, T E Martin, D F DeSante & B Milá. 1996. Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-159. 45 pp.

Richardson, W.J., Greene, C.R. Jr., Malme, C.I. and Thomson, D.H. 1995. *Marine Mammals and Noise*. London, UK, and San Diego, USA: Academic Press.

Rivosechii T & Chimenz G. 1990 Effects of termal pollution on benthic population at Torvaldaliga (Civitavechia Rome) In Final Reports on research projects (activities H, I y J) Map Technicals reports Series N° 40 FAO 63-82

Rodríguez-Benito, C., M. Fea, J. Vergara, P. Vicente & C. Haag. 2004. The use of remote sensing from ENVISAT satellite to prevent infections by *Vibrio parahaemolyticus*. *Proceeding Simposio Selper*, 22-26 Nov., Santiago, Chile. pp 1-10.

Roberts, D., Knott N. & Johnston E. 2008 Conceptual models of potencial ecological impacts of plankton entrainment in the port Kembla Steelworks Cogeneration Plant. UNSW report.

Roberts, D., Johnston E. & Knott N. 2010 Impacts of desalination plant discharges on the marine environment: A critical review of published studies. *Water research* 44:18 5117-5128 pp

Robinson C; D. Hay; J. Booth and J. Truscott, 1996. Standard methods for sampling resources and habitats in coastal subtidal regions of British Columbia. Part 2. 115 pp.

Rodríguez-Benito, C. & C. Haag. 2004. Application of ENVISAT data in the south of Chile. Monitoring algal blooms and other coastal ocean features using MERIS and AATSR imagery. *Gayana* 68 (2): 508-513.

Romero, J., O. Invers & M. Manzanera. 2000. Efectos Fisiológicos de los vertidos de aguas de rechazo de estaciones desaladoras en praderas naturales de Posidonia oceanica. Fase I. Informe proyecto de colaboración con el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX). 34 pp.

Ruiz, J. 2005. Impacto ambiental de las desaladoras sobre las comunidades bentónicas marinas. *Ingeniería y Territorio*, 72: 40-47.

Sélem-Salas C, J Sosa-Escalante & S. Hernández. 2004. Aves y mamíferos. Capítulo 9 269-302. En *Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales*. Ed. F. Bautista Zúñiga. Universidad Nacional Autónoma de México.

Simmonds, M.P. and Lopez-Jurado, L.F. (1991). 'Whales and the military'. *Nature*, 351:448.

Smith y Richardson. 1979. Técnicas modelo para prospecciones de huevos y larvas de peces pelágicos. *FAO Documentos Técnicos de Pesca* 175. 107 pp.

SoE (State of the Environment Advisory Council). 1996. 'Australia State of the Environment 1996'. Department of Environment Sport and Territories, Canberra.

Soto D, Molinet C, Jara F 1999. Herramientas metodológicas para definir los usos de áreas con bancos naturales en XI región. Universidad Austral de Chile, Puerto Montt

Soto, R. 1985. Efectos del fenómeno de El Niño 1982-1983 en ecosistemas de la I región. *Investigaciones Pesqueas Chile* 32: 199-206

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 2012. American Water Association 22 ed.

Stillman J.H. & Somero, G.N. 2000 A comparative análisis of the upper thermal tolerance limits of Eastern pacific porcelainid crabs, genus *Petrolisthes*: influence of latitude, vertical zonation, acclimation and phylogeny *Physiological and Biochemical Zoology* 73, 200-208

Sutherland W J, I Newton & E Rhys. 2004. *GreenBird Ecology and Conservation - A Handbook of Techniques*. Oxford. 386.

Toledo H., Hernandez C. Rodriguez C. 2005. Estudio de la contaminación fecal mensual y estacional en la zona costera adyacente al emisario submarino de la bahía de Puerto Montt. Gayana Vol. 69 N° :104-112 pp.

Turnpenny A.W. & Coughlan J. 1992 Power generation on the british coast: thirty years of marine biological research Hydroecol. Appl. Tome 4 Vol (1): 1-11

Underwood, A.J. 1996. On beyond BACI: Sampling designs that might reliably detect environmental disturbances. Ecological Applications 4(1): 3-15

Vadas, R. L., M. Keser & B. Larson, 1978. Effects of reduced temperatures on previously stressed populations of an intertidal alga. In: Thorp, J. H. & J. W. Gibbons (eds), Energy and Environmental Stress in Aquatic Systems, DOE Symposium Series. (Conf-771114) National Technical Information Service, Springfield, Virginia, USA.

Vásquez, J.A. 1992. *Lessonia trabeculata* a subtidal bottom Kemp in Northern Chile: A case study for a structural and geographical comparison. In Coastal Plant Communities of Latin America, U. Seegler (ed.) San Diego California: Academic Press, 77-89

Villouta, E. & B. Santelices, 1984. Estructura de la comunidad submareal de *Lessonia* (Phaeophyta, Laminariales) en Chile norte y central. Revista Chilena de Historia Natural, 57: 111-122

Wahlberg, M. and Westerberg, H. (2005). 'Hearing in fish and their reactions to sounds from offshore wind farms'. Marine Ecology Progress Series, 288:295–309.

Wahby, S.D. and N.F. Bishara. 1981. The effect of the River Nile on Mediterranean Water before and after the construction of the High Dam at Aswan. In Proceedings of a Review Workshop on River Inputs to Ocean Systems. United Nations, New York, pp. 311-318.

Willis, T.J., Millar, R.B., Babcock, R.C. & Tolinieri, N. (2003) Burdens of evidence and benefits of marine reserves: putting Descartes before the horse? Environmental Conservation 30(2): 91-103

Youngbluth M. J. 1976 Zooplankton populations in a polluted tropical embayment. Estuarine and coastal marine science 4, 481-496

Zaixso H (2004) Bancos de cholga *Aulacomya atra atra* (Molina) (Bivalvia: Mytilidae) del golfo San José (Chubut, Argentina): Diversidad y relaciones con facies afines. Revista de Biología Marina y Oceanografía 39: 61- 78

