



INFORME FINAL CORREGIDO

ACTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE Y PROPUESTA DE MONITOREO PARA EL DISEÑO DE LA NORMA SECUNDARIA DE CALIDAD AMBIENTAL PARA EL GOLFO DE ARAUCO

Resolución Exenta N° 0323/2020
Ministerio de Medio Ambiente

Concepción, diciembre de 2020

EQUIPO DE TRABAJO

Aldo Hernández R.	Jefe de Proyecto	<i>Coordinación general, análisis estadísticos, integración de data en Sistema de Información Geográfico, elaboración de informes</i>
Carlos Leal G.	Investigador	<i>Generación y sistematización de bases de datos, elaboración de informes</i>
Marco Salamanca O.	Investigador	<i>Revisión de metodologías de análisis de laboratorio, Análisis crítico diseño muestral revisión bibliográfica y elaboración de informes</i>
Cristian Chandía V.	Investigador	<i>Análisis crítico de protocolos de muestreo y técnicas laboratorio, revisión bibliográfica y elaboración de informes</i>
Eduardo Hernández M.	Investigador	<i>Análisis de comunitario zooplancton, fitoplancton y macrofauna elaboración de informes</i>
Manuel Castillo S.	Investigador	<i>Análisis dinámica de corrientes revisión bibliográfica y elaboración de informes</i>
Freddy Vargas P.	Investigador	<i>Revisión estratégica PSA/PVA Análisis crítico diseño muestreo</i>

TABLA DE CONTENIDO

1 RESUMEN EJECUTIVO.....	10
2 ANTECEDENTES GENERALES.....	14
3 OBJETIVOS	17
3.1 OBJETIVO GENERAL	17
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS (OE)	17
4 METODOLOGÍA	18
4.1 OEA. RECOPIRAR Y SISTEMATIZAR INFORMACIÓN DE CALIDAD DE AGUA FISCOQUÍMICA, INFORMACIÓN BIOLÓGICA Y OTRA DISPONIBLE DEL GOLFO DE ARAUCO	18
4.1.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN PARA ANÁLISIS CRÍTICO	18
4.1.2 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DESDE PUBLICACIONES CIENTÍFICAS	20
4.1.3 SISTEMATIZACIÓN DE INFORMACIÓN.....	21
4.1.4 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN PARA EL DISEÑO DE LA NORMA	22
4.1.5 OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN TERRITORIAL COMPLEMENTARIA	22
4.2 OEB. SELECCIONAR MEDIANTE ANÁLISIS CRÍTICO LA INFORMACIÓN CON CALIDAD SUFICIENTE PARA SER CONSIDERADA EN EL DISEÑO DE UNA FUTURA NORMA DE CALIDAD SECUNDARIA PARA LA PROTECCIÓN DE LAS AGUAS DEL GOLFO DE ARAUCO.....	24
4.2.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE DE LAS UFS.....	24
4.2.2 ANÁLISIS BASES DE DATOS POAL.....	27
4.2.3 ANÁLISIS CRÍTICO DE LAS BASES DE DATOS DISPONIBLES.....	28
4.2.4 SELECCIÓN DE INFORMACIÓN CON CALIDAD SUFICIENTE PARA EL DISEÑO DE LA NSCA	29
4.3 OEc. GENERAR UN INVENTARIO DE LAS FUENTES DIFUSAS Y PUNTUALES PRESENTES EN LA BAHÍA, QUE INCLUYA UN LISTADO DETALLADO DE LAS EMISIONES GENERADAS POR CADA UNA DE ELLAS	31
4.3.1 GENERACIÓN DE UN INVENTARIO DE FUENTES EMISORAS	31
4.4 OEd. ELABORAR UN MODELO CONCEPTUAL DE EMISIÓN-CONCENTRACIÓN, PARA EL GOLFO DE ARAUCO, QUE CONSIDERE COMO MÍNIMO LOS FLUJOS E INTERACCIONES DE PARÁMETROS COMO: METALES, NUTRIENTES Y COMPUESTOS ORGÁNICOS	35
4.4.1 ASPECTOS GENERALES	35
4.4.2 EL MODELO DPSIR.....	36

4.5 OEE. ELABORAR UNA PROPUESTA DE UN PLAN DE MONITOREO DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL GOLFO DE ARAUCO, QUE JUNTO CON LA INFORMACIÓN DISPONIBLE PERMITA CONOCER EL ESTADO ACTUAL DE LA BAHÍA Y SIRVA DE INSUMO PARA EL DISEÑO DE UNA FUTURA NORMA.....	40
4.5.1 ANÁLISIS DE BRECHAS DE INFORMACIÓN NECESARIA PARA EL DISEÑO DE UNA FUTURA NORMA SECUNDARIA DE CALIDAD EN EL GOLFO DE ARAUCO	40
4.5.2 PROPUESTA DE PLAN DE MONITOREO	41
5 RESULTADOS.....	43
5.1 GENERALES	43
5.1.1 REUNIONES DE COORDINACIÓN	43
5.1.2 1º REUNIÓN CONSULTORES-MMA.....	43
5.1.3 1º REUNIÓN CONSULTORES-MESA DEL MAR	43
5.1.4 TALLER DE TRABAJO INTERNO	43
5.2 OEA. RECOPIRAR Y SISTEMATIZAR INFORMACIÓN DE CALIDAD DE AGUA FISICOQUÍMICA, INFORMACIÓN BIOLÓGICA Y OTRA DISPONIBLE DEL GOLFO DE ARAUCO	46
5.2.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN PARA ANÁLISIS CRÍTICO	46
5.2.2 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DESDE PUBLICACIONES CIENTÍFICAS	52
5.3 OEB. SELECCIONAR MEDIANTE ANÁLISIS CRÍTICO LA INFORMACIÓN CON CALIDAD SUFICIENTE PARA SER CONSIDERADA EN EL DISEÑO DE UNA FUTURA NORMA DE CALIDAD SECUNDARIA PARA LA PROTECCIÓN DE LAS AGUAS DEL GOLFO DE ARAUCO	60
5.3.1 BASE DE DATOS DE PROGRAMAS DE VIGILANCIA AMBIENTAL.....	60
5.3.2 BASE DE DATOS DEL POAL.....	98
5.3.3 ANÁLISIS DE BASES DE DATOS DEL CEA 2016	110
5.4 OEc. GENERAR UN INVENTARIO DE LAS FUENTES DIFUSAS Y PUNTUALES PRESENTES EN LA BAHÍA, QUE INCLUYA UN LISTADO DETALLADO DE LAS EMISIONES GENERADAS POR CADA UNA DE ELLAS	121
5.4.1 IDENTIFICACIÓN DE FUENTES FIJAS.....	121
5.4.2 ANÁLISIS DE REGISTROS DE FUENTES FIJAS	123
5.4.3 IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DIFUSAS	126
5.4.4 OTRAS FUENTES DIFUSAS EN EL GOLFO DE ARAUCO.....	129
5.4.5 CARACTERIZACIÓN DE FUENTES FIJAS	132
5.4.6 CARACTERIZACIÓN DE FUENTES DIFUSAS	134

5.5 OED. ELABORAR UN MODELO CONCEPTUAL DE EMISIÓN-CONCENTRACIÓN, PARA EL GOLFO DE ARAUCO, QUE CONSIDERE COMO MÍNIMO LOS FLUJOS E INTERACCIONES DE PARÁMETROS COMO: METALES, NUTRIENTES Y COMPUESTOS ORGÁNICOS	137
5.5.1 FUERZAS MOTRICES	137
5.5.2 PRESIONES.....	138
5.5.3 ESTADO	139
5.5.4 IMPACTOS.....	140
5.5.5 RESPUESTAS.....	141
5.5.6 DPSIR.....	142
5.6 OEE: ELABORAR UNA PROPUESTA DE UN PLAN DE MONITOREO DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL GOLFO DE ARAUCO, QUE JUNTO CON LA INFORMACIÓN DISPONIBLE PERMITA CONOCER EL ESTADO ACTUAL DE LA BAHÍA Y SIRVA DE INSUMO PARA EL DISEÑO DE UNA FUTURA NORMA.....	144
5.6.1 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS SITIOS DE MUESTREO	144
5.6.2 FRECUENCIA DE MUESTREO.....	152
5.6.3 CONSIDERACIONES ESPECIALES PARA EL MUESTREO.....	153
5.6.4 TRATAMIENTO DE DATOS QUÍMICOS	165
5.6.5 PERMISOS	166
6 DISCUSIÓN.....	167
7 CONCLUSIONES	171
8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	174
9 ANEXOS.....	193

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen del número de campañas con información disponible de las unidades fiscalizables presentes en el Golfo de Arauco.....	46
Tabla 2. Transversalidad de las matrices analizadas para cada Programa de Seguimiento Ambiental en el Golfo de Arauco.	48
Tabla 3. RCA que rigen los diferentes programas de vigilancia ambiental en Golfo de Arauco con información disponible en https://snifa.sma.gob.cl/	49
Tabla 4. Recopilación de publicaciones científicas analizadas para el Golfo de Arauco. Se incluyen investigaciones en sectores cercanos al área de estudio. Elaboración propia.....	52
Tabla 5. Número de publicaciones científicas por tema de investigación para el área de estudio del Golfo de Arauco. Elaboración propia.....	54
Tabla 6. Recopilación de informes técnicos analizada para el Golfo de Arauco. Se incluyen estudios en sectores cercanos al área de estudio. Elaboración propia.	55
Tabla 7. Número de informes técnicos por tema de investigación para el área de estudio del Golfo de Arauco. Elaboración propia.....	56
Tabla 8. Parámetros hidrográficos medidos en las UF analizadas en el Golfo de Arauco.....	64
Tabla 9. Parámetros químicos analizados por UF y agrupado en las categorías parámetros de descarga y compuestos orgánicos.	67
Tabla 10. Parámetros químicos analizados por UF y agrupado en las categorías nutrientes, iones, metales y biológicos.....	68
Tabla 11. Parámetros químicos analizados en los sedimentos superficiales para las 21 UF, las que encuentran agrupadas en 4 categorías de acuerdo con el tipo de compuesto o elemento.....	70
Tabla 12. Mediciones <i>in situ</i> en sedimentos medidos en las UF analizadas en el Golfo de Arauco.....	72
Tabla 13. Revisión general de los métodos utilizados para los análisis químicos de calidad de agua en los programas de seguimiento ambiental del Golfo de Arauco.	75
Tabla 14. Revisión general de los métodos utilizados para los análisis químicos de sedimentos en los programas de seguimiento ambiental del Golfo de Arauco.	75
Tabla 15. Total de registros disponibles para la matriz hidrografía.	76
Tabla 16. Total de registros disponibles para la matriz agua submareal.....	77
Tabla 17. Total de registros disponibles para la matriz sedimentos del submareal.	79
Tabla 18. Total de registros disponibles para la matriz sedimentos del intermareal.	80
Tabla 19. Total de registros disponibles para las comunidades de la macrofauna submareal e intermareal.	81
Tabla 20. Total de registros disponibles para las comunidades del plancton.	82
Tabla 21. Total de registros disponibles para otros subcomponente ambientales monitoreados únicamente por PVA de CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCION.....	83
Tabla 22. Total de registros verificados ETFA para hidrografía.	84

Tabla 23. Total de registros verificados ETFA para agua submareal.....	85
Tabla 24. Total de registros verificados ETFA para sedimentos submareales.....	86
Tabla 25. Total de registros verificados ETFA para sedimentos intermareales.	87
Tabla 26. Total de registros verificados ETFA para otros subcomponente ambientales monitoreados únicamente por PVA de CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCION.	88
Tabla 27. Total de registros validados para hidrografía en columna de agua.	89
Tabla 28. Total de registros validados para agua de mar.....	90
Tabla 29. Total de registros validados para sedimentos submareales.....	91
Tabla 30. Total de registros validados para sedimentos intermareales.....	92
Tabla 31. Total de registros verificados ETFA para otros subcomponente ambientales monitoreados únicamente por PVA de CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCION.	94
Tabla 32. Total de registros disponibles para la matriz agua de mar entre los años 2013-2017.	106
Tabla 33. Total de registros disponibles para la matriz sedimentos marinos entre los años 2013-2017.	107
Tabla 34. Total de registros disponibles para la matriz biota entre los años 2013-2017.....	108
Tabla 35. Total de registros validados para la matriz agua de mar entre los años 2013-2017.	109
Tabla 36. Total de registros validados para la matriz sedimentos marinos entre los años 2013-2017.	109
Tabla 37. Total de registros validados para biota entre los años 2013-2017.	109
Tabla 38. Síntesis de información contenida en Bases de Datos EULA, 2014 para calidad de agua submareal. Fuente CEA; 2016.	112
Tabla 39. Síntesis de información contenida en Bases de Datos EULA, 2014 para calidad de sedimentos marinos. Fuente CEA; 2016.	113
Tabla 40. Síntesis de información contenida en Bases de Datos SEIA, para calidad de agua submareal. Fuente CEA; 2016.....	116
Tabla 41. Síntesis de información contenida en Bases de Datos SEIA, para calidad de sedimentos submareales. Fuente CEA; 2016.	118
Tabla 42. Proyectos con información del medio marino ingresados al SEA entre los años 2015 y 2020. Fuente SEA 2020.	119
Tabla 43. Descargas de RILes (fuentes fijas) identificadas en el Golfo de Arauco y clasificación por tipo de emisión. La clasificación de tipo de emisión corresponde a la categorizada en la Figura 14	121
Tabla 44. Número de registros por UF y parámetro medido en el año 2019 para efluentes descargados en el Golfo de Arauco. Datos extraídos de SNIFA, 2020*.	124
Tabla 45. Parámetros característicos para fuentes fijas identificadas en el Golfo de Arauco, clasificados por categoría.	133
Tabla 46. Parámetros instrumentales (mediciones <i>in situ</i>) y compuestos orgánicos característicos para fuentes difusas identificadas en el Golfo de Arauco.	135
Tabla 47. Metales, nutrientes, iones y parámetros de descarga característicos para fuentes difusas identificadas en el Golfo de Arauco.....	136
Tabla 48. Identificación de fuerzas motrices o impulsoras en el Golfo de Arauco.	138

Tabla 49. Listado de presiones identificadas en el Golfo de Arauco. Basado en Borja et al. (2006).	139
Tabla 50. Listado de indicadores de Estado (condición del medio ambiente) en el Golfo de Arauco.....	140
Tabla 51. Servicios ecosistémicos y aspectos del bienestar humano susceptibles de recibir impactos en el Golfo de Arauco.	141
Tabla 52. Respuestas asociadas a las dimensiones DPSIR para el Golfo de Arauco.....	142
Tabla 53. Descargas fijas y difusas presentes en cada una de las zonas definidas para el monitoreo de calidad ambiental del Golfo de Arauco.....	147
Tabla 54. Parámetros y monitoreos propuestos por zona y matriz en el Golfo de Arauco.	152
Tabla 55. Metodologías recomendadas para análisis de parámetros seleccionados para la columna de agua marina.	158
Tabla 56. Metodologías recomendadas para análisis de parámetros seleccionados para sedimentos marinos.....	162
Tabla 57. Metodologías recomendadas para análisis de parámetros seleccionados para organismos centinela marinos.	165

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de Estudio, indicando caletas pesqueras, zonas AAA y AMERB presentes dentro del Golfo de Arauco.....	15
Figura 2. Representación de un modelo conceptual: fuerza motriz – presión – estado – impacto – respuesta. Extraído de MMA, 2018.....	38
Figura 3a. Resumen fotográfico de reuniones virtuales efectuadas en el contexto del Presente Proyecto.	44
Figura 3b. Resumen fotográfico de taller de discusión efectuado en el contexto del Presente Proyecto.	45
Figura 4. Programas de Vigilancia dentro del Golfo de Arauco. Elaboración propia a partir de información de SNIFA.....	61
Figura 5. Distribución espacial de estaciones de monitoreo de columna de agua en el POAL.	98
Figura 6. Heatmap para el análisis temporal de parámetros medidos por el POAL en columna de agua submareal del Golfo de Arauco.....	100
Figura 7. Distribución espacial de estaciones de monitoreo de sedimentos en el POAL.	100
Figura 8. Heatmap para el análisis temporal de parámetros medidos por el POAL en sedimentos del Golfo de Arauco.....	101
Figura 9. Distribución espacial de estaciones de monitoreo de biota en el POAL.....	102
Figura 10. Heatmap para el análisis temporal de parámetros medidos por el POAL en organismos obtenidos del Golfo de Arauco.....	103
Figura 11. Posicionamiento espacial de la información proveniente de la base de datos EULA (2014). Elaboración propia a partir de información sistematizada por CEA (2016).	111
Figura 12. Posicionamiento espacial de la información proveniente de la base de datos SEIA (2014). Elaboración propia a partir de información sistematizada por CEA (2016).	114
Figura 13. Posicionamiento espacial de la información proveniente del SEIA entre los años 2015 y 2020. Elaboración propia.	120
Figura 14. Ubicación de fuentes de emisión fijas, clasificadas por tipo de emisión y usos relevantes el borde costero en el Golfo de Arauco. Coordenadas en Grados, Datum WGS-84.....	122
Figura 15. Zonificación de usos del borde costero a partir de la clasificación general definida en los PRC de las Municipalidades de Hualpén, San Pedro de la Paz, Coronel, Lota y Arauco.....	127
Figura 16. Zonificación de usos del borde costero a partir de Catastro de uso de suelo y vegetación, elaborado por CONAF.....	128
Figura 17. Usos del borde costero identificados a partir de Catastro de uso de suelo y vegetación, elaborado por CONAF, y ubicación de fuentes de contaminación difusa en la zona costera del Golfo de Arauco... ..	129
Figura 18. Modelo DPSIR para el Golfo de Arauco.....	142
Figura 19. Promedio mensual de corrientes modeladas en superficie (5 m) y fondo (50 m) para el Golfo de Arauco por mes (<i>a=enero, b=febrero, c=marzo, ..., k=noviembre, l=diciembre</i>). Extraído de Contreras (2017).....	145

Figura 20. Propuesta de zonificación para la implementación de un monitoreo de calidad ambiental en el Golfo de Arauco.	146
Figura 21. Propuesta de sitios de muestreo submareal en el Golfo de Arauco.	148
Figura 22. Propuesta de sitios de muestreo de humedales en el Golfo de Arauco.	149
Figura 23. Sitios propuestos para intermareal de fondos blandos en el Golfo de Arauco.	150
Figura 24. Sitios propuestos para intermareal de fondos duros en el Golfo de Arauco.	150
Figura 25. Propuesta de sitios de muestreo para megafauna submareal de fondos duros en el Golfo de Arauco.	151

1 RESUMEN EJECUTIVO

Se entregan los resultados correspondientes al Informe Final del Proyecto denominado “ACTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE Y PROPUESTA DE MONITOREO PARA EL DISEÑO DE LA NORMA SECUNDARIA DE CALIDAD AMBIENTAL PARA EL GOLFO DE ARAUCO” en conformidad a la Resolución Exenta N° 0323/2020, del Ministerio de Medio Ambiente.

En el presente documento se entregan los resultados asociados a los objetivos específicos del estudio, donde se solicita, por una parte, una recopilación de información de la calidad ambiental del Golfo de Arauco, en conjunto con una recopilación bibliográfica de los procesos oceanográficos, estructura y características de los subcomponentes ambientales del golfo; ejecutar un análisis crítico de la información recopilada; generar un inventario de fuentes de contaminación fijas y difusas presentes en el golfo; elaborar un modelo conceptual de emisión-concentración para el Golfo de Arauco, sobre la base de la información recopilada y; finalmente elaborar una propuesta de monitoreo del Golfo de Arauco considerando las brechas de información detectadas.

Gran parte de la información analizada, corresponde a los Planes de Vigilancia Ambiental (PVA) y Planes de Seguimiento Ambiental (PSA), información obtenida a través del Sistema Nacional de Información y Fiscalización Ambiental (SNIFA). Adicionalmente, se analizó la base de datos del Programa de Observación del Ambiente Litoral (POAL) información que fue obtenida a través del sitio web de DIRECTEMAR. Otras fuentes de información recabada correspondieron a los datos proporcionados por CEA (2016) e información descargada del sitio web del Servicio de Evaluación Ambiental.

Del total de fuentes de información cuantificables, solamente los datos provenientes de los programas de vigilancia ambiental (PVA) y la información del POAL, contenía información de las metodologías y técnicas de laboratorio de las determinaciones, lo cual permitió ejecutar un análisis crítico de esta información y posteriormente una selección de información válida, que pueda ser utilizada en el contexto de una Norma Secundaria de Calidad Ambiental, como la que se quiere implementar en el Golfo de Arauco.

En este contexto se obtuvo información de 21 PVA con información ambiental relevante para este proyecto, y que operan en el Golfo de Arauco, localizadas entre la desembocadura del río Biobío y la localidad de Arauco.

La información recopilada desde los PVA, dio cuenta de programas de monitoreo muy costeros y cercanos a sus puntos de descarga de RILes, donde el grueso de información se concentró entre los años 2015 y 2019, siendo los subcomponentes hidrografía, calidad de agua, calidad de sedimentos y macrofauna los subcomponentes más transversales; mientras que los subcomponentes calidad química de organismos y comunidades del plancton, presentaron escasa transversalidad, siendo monitoreados en pocas UFs. Únicamente, CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCIÓN presenta un programa de monitoreo de amplia cobertura geográfica, con estaciones que analizan agua y sedimentos tanto marinos como en río, siendo el único programa de los 21 identificados, que analiza, además, la calidad química de los organismos (tejido).

En el caso del POAL, el análisis se focaliza en los subcomponentes calidad de agua, calidad de sedimentos y biota, con puntos de muestreo ubicados principalmente en las bahías de Coronel y Lota y en el sector del humedal Tubul-Raqui y con información de metodologías y técnicas de laboratorio sólo entre los años 2013 y 2017.

Respecto al análisis crítico de la calidad de los datos, tanto para PVAs como para el POAL, en agua de mar, los métodos de análisis informados hacen referencia principalmente al manual de análisis Standard Methods (SM), los cuales son procedimientos analíticos desarrollados principalmente para aguas dulces y aguas residuales, y, por lo tanto, no deberían ser extrapolados directamente a la matriz marina sin una previa validación de ellos, estos procedimientos no son detallados en los informes. Del mismo modo, algunos parámetros analizados en sedimentos se basan en metodologías desarrolladas para aguas, como es el caso de Sulfuro, que es ejecutados bajo la metodología SM 4500 (4500-S2-D: Sulfide by Methylene Blue, Examination of Water and Wastewater).

En el caso de análisis de la calidad de organismos (tejidos), el único programa de vigilancia que presentó información fue CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCION, cuyas metodologías en general se encuentran validadas para estos análisis. En el caso del POAL se observó que los límites de detección para calidad de organismos, se encuentran en el rango de las concentraciones registradas en otros estudios efectuados en la Región del Biobío.

En cuanto al análisis de comunidades de macrofauna y del plancton recopilados desde los PVA, se observa alta heterogeneidad en las entidades técnicas ejecutoras (ej. Laboratorios, Consultoras, Universidades, etc.), lo cual genera diferentes técnicas, instrumentos y estrategias de muestreos para cada PVA. Las diferencias van desde el uso de dragas de diferente área de mascada, cernido de las muestras por tamices de diferente tamaño de abertura, diferente número de transectos, número de réplicas, diámetro de los corer, separación entre muestras, con diferencias en tipos de redes, abertura de tramas, preservación, todos aspectos que dificultan el análisis transversal de estos subcomponentes.

En cuanto a las fuentes de emisión fijas, se identificó, 27 descargas directas al Golfo de Arauco y 3 descargas ubicadas cercanas a la desembocadura del río Biobío (a menos de 5 km de la desembocadura), lo que totaliza 30 descargas en la zona de estudio, donde 48 parámetros son monitoreados, siendo Aluminio (Al), Arsénico (As), Aceites y Grasas (AyG), Cobre (Cu), Índice de Fenol (IFenol), Manganeseo (Mn), pH, SAAM, Sólidos Suspendidos Totales (SST), Temperatura (Temp) y Zinc (Zn), son los que presentan un mayor grado de transversalidad entre UF, monitoreados por 12 o UF con descarga en el Golfo de Arauco.

En cuanto a las fuentes difusas es posible establecer que en la zona de la desembocadura del río Biobío destaca el uso urbano, con una importante actividad de extracción de áridos, producción de gas natural y presencia de residuos de celulosa o papel. Mas al sur, en la zona del Escuadrón las principales fuentes difusas se asocian a la extracción de áridos, industria química y almacenamiento de sustancias químicas, además de papeleras y aserraderos. En la zona de Coronel, destaca el uso urbano, presencia de aserraderos, emisiones aéreas asociadas a las termoeléctricas, depósitos de cenizas, el embarcadero artesanal y el puerto multipropósito. En Bahía Lota, destaca también el uso urbano, la presencia de un astillero, embarcadero artesanal, almacenamiento de sustancias químicas, extracción de gas natural y comienza a observarse un importante uso silvícola en la zona costera, que se extiende hasta Laraquete. Entre Laraquete y Arauco las fuentes difusas se asocian con extracción de áridos, aserraderos, producción de celulosa, uso silvícola e industria química. Entre Arauco y Punta Lavapié, destaca el uso urbano y silvícola, además de la presencia del embarcadero de Tubul y de un proyecto de extracción de gas natural en Llico. Finalmente, en Isla Santa María las principales fuentes difusas se asocian a embarcaderos y usos silvícola principalmente en la sección sur de la isla.

Con la información de usos del borde costero y las actividades antrópicas desarrolladas, se propusieron parámetros característicos por tipo de fuente y actividad. En este contexto, los parámetros más transversales, característicos de una amplia variedad de fuentes y usos corresponden a los parámetros instrumentales conductividad, oxígeno disuelto, pH, transparencia y turbiedad; los compuestos orgánicos Aceites y Grasas, Carbono orgánico total e Hidrocarburos (derivados del petróleo, totales y volátiles), los metales Cadmio, Zinc, Mercurio y Plomo, y los nutrientes Fósforo total e Índice de Fenol. Los parámetros específicos de descargas de mayor transversalidad son Color Verdadero, Detergentes (SAAM) y Sólidos Suspendidos Totales. Por otro lado, los parámetros de mayor especificidad corresponden a los trihalometanos (residuos de celulosa), antibióticos (acuicultura) y los nutrientes nitrato y nitrito (zonas agrícolas).

A partir de estos antecedentes, se elaboró un modelo conceptual de emisión concentración, el cual permitió describir las interacciones entre la sociedad (impacto humano) y el ambiente, y viceversa. Este modelo denominado DPSIR (*Forzantes, Presiones, Estado, Impactos, Respuestas*), permitió comprender los flujos e interacciones claves en el Golfo de Arauco, sobre la base de la identificación territorial de las principales actividades antrópicas que generan presiones ambientales, con énfasis en los componentes clave vinculados al establecimiento de una NSCA, los cuales se relacionan principalmente con respuestas de presiones, estado e impacto, y específicamente, con aquellos vinculados con servicios de regulación (calidad de agua, sedimento), soporte (biodiversidad) y provisionamiento (calidad de especies comerciales).

Con base en esta identificación, se elaboró una propuesta de monitoreo que procura incluir una visión integral del Golfo de Arauco, sin dejar de considerar particularidades necesarias de vigilar y zonas especiales que son importantes en la conservación. Esta propuesta de monitoreo considera junto con los parámetros a monitorear, el diseño espacial y las frecuencias de monitoreo, recomendaciones específicas asociadas a los muestreos, réplicas, equipamiento necesario, técnicas de preservación, almacenamiento, transporte, cadenas de custodia, holding time, metodologías, entre otras consideraciones relevantes que permitirán asegurar la calidad de la información levantada.

2 ANTECEDENTES GENERALES

El Golfo de Arauco es una bahía que mira hacia el norte, con una línea de costa que se caracteriza por un marcado cambio en la orientación general de la línea de costa desde N-S a E-W. La presencia de la isla Santa María hacia el sector oeste de la boca divide la boca de la bahía en dos, una abertura principal dirigida hacia el norte (Boca Grande) que se extiende por casi 25 km en dirección E-W, una segunda abertura somera (Boca Chica) con intercambio de agua restringido con la plataforma continental adyacente al oeste (**Figura 1**). En general, la batimetría del Golfo es relativamente suave con isóbatas que siguen la línea de costa. Mientras que, hacia el sector norte, la presencia del cañón del Biobío modifica drásticamente la profundidad (Bernhardt et al., 2015).

El Golfo de Arauco es una zona donde se encuentra concentrada la actividad reproductiva tanto de especies comerciales y no comerciales que se reproducen durante primavera en el quiebre de la plataforma continental adyacente al golfo, donde estados tempranos de especies ingresan subsuperficialmente al interior del golfo, donde son retenidos (Palma 1994, Landaeta y Castro 2002, Yannicelli et al. 2006, Landaeta et al. 2006). Así también lo indica la alta abundancia de huevos de peces que se han encontrado en esta zona (Bernal 2004, Cubillos et al., 2003, 2005, Castro et al. 2009).

Estas características permiten que en el Golfo de Arauco exista una actividad pesquera diversa, siendo caleta Lo Rojas y Lota Bajo el principal centro de la actividad pesquera artesanal, con una clara orientación hacia recursos pelágicos, tales como la sardina común, la anchoveta y la jibia, e importante también en cuanto al desembarque de invertebrados, donde caleta Tubul representa el principal centro de desembarque de la región, con más del 80% de los desembarques de moluscos de la región del Biobío y cerca del 10% de los desembarques nacionales de moluscos (Sernapesca, 2020). Finalmente, la actividad de recolección de algas es de gran importancia en la zona litoral del Golfo de Arauco, siendo la luga negra y el cochayuyo las especies mayormente explotadas en caletas como Maule, Lo Rojas y Punta Lavapié, siendo una actividad muy local. Adicionalmente, al interior del golfo existen más de 20 áreas de manejo y explotación de recursos bentónicos (AMERB), desde las cuales se extraen regularmente recursos como loco, huepo, erizo, lapa, luga negra y cochayuyo.

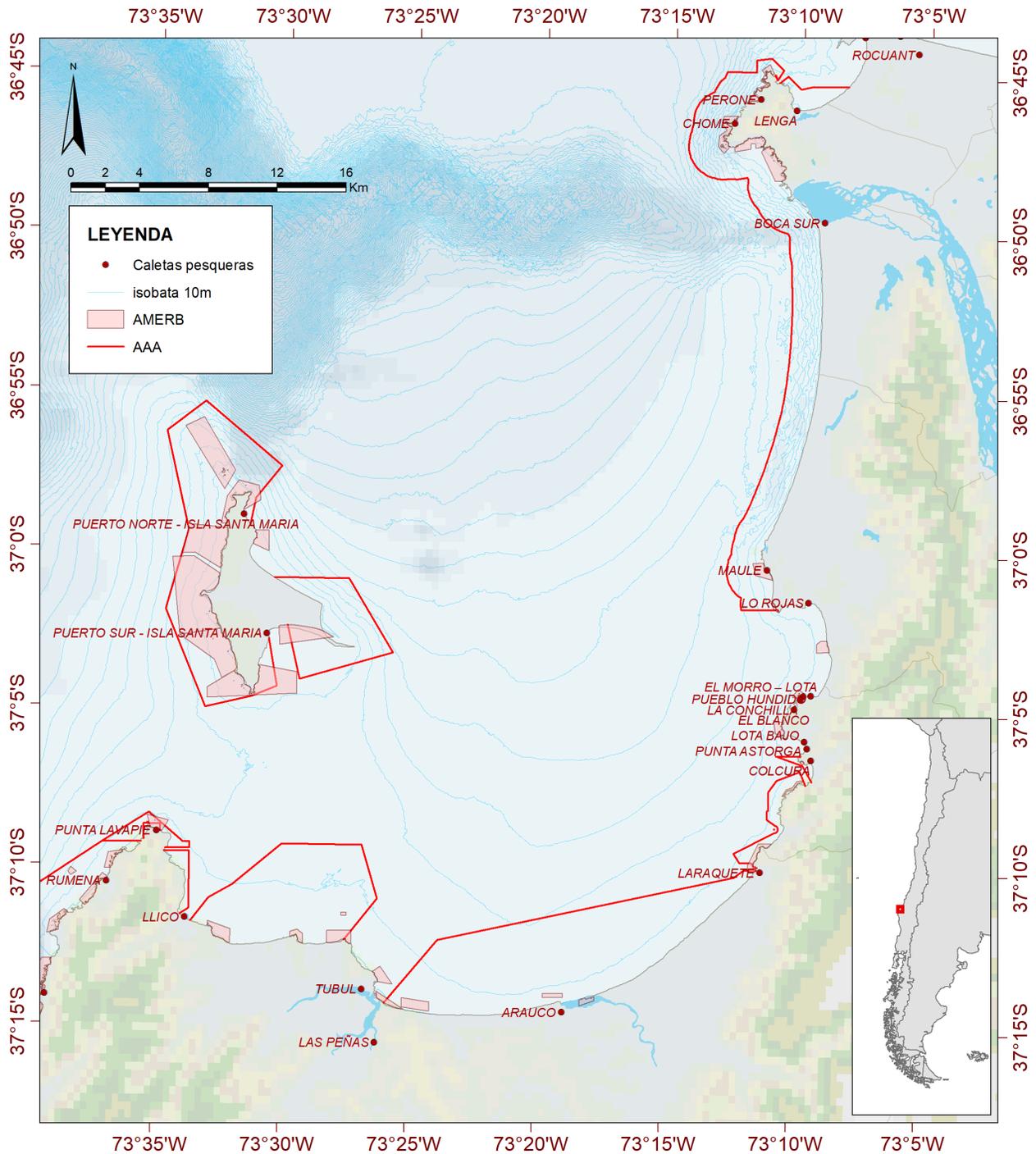


Figura 1. Área de Estudio, indicando caletas pesqueras, zonas AAA y AMERB presentes dentro del Golfo de Arauco.

Esta intensa actividad extractiva, ocurre en conjunto con múltiples usos industriales, agrícolas, forestales y urbanos, lo que le otorga una especial complejidad. Al ser un área de alta riqueza de recursos hidrobiológicos, se concentran importantes caletas e infraestructura asociada a la pesca,

convirtiéndose en un polo de actividad urbana e industrial. Debido a estas condiciones, la zona recibe un flujo constante de residuos que provienen de diversos emisarios industriales y domésticos situados en la costa, lo que afecta las condiciones ambientales de la zona, particularmente en las áreas más industrializadas.

Cambios o alteraciones físicas (deposición de sedimentos, contaminación térmica) y/o químicas (aporte de nutrientes por contaminación urbana, contaminación industrial) que afecten a este sistema de agua semi-cerrado, puede generar severos impactos biológicos, pesqueros y económicos para la Región del Biobío. En este contexto, el establecimiento de una Norma Secundaria de Calidad Ambiental adquiere enorme importancia, toda vez que, de acuerdo al PRAS elaborado para la comuna de Coronel, la percepción de la comunidad apunta a la necesidad de establecer una NSCA, y dada la influencia de la bahía de Coronel dentro del Golfo de Arauco, resulta conveniente el establecimiento de una NSCA para todo el Golfo de Arauco.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Recopilar, sistematizar y seleccionar información físico-química, biológica y otra disponible del Golfo de Arauco y realizar una propuesta de un plan de monitoreo orientado a diseñar la norma de calidad secundaria para este golfo.

3.2 Objetivos específicos (OE)

OEa: Recopilar y sistematizar información de calidad de agua fisicoquímica, información biológica y otra disponible del Golfo de Arauco.

OEb: Seleccionar mediante análisis crítico la información con calidad suficiente para ser considerada en el diseño de una futura norma de calidad secundaria para la protección de las aguas del Golfo de Arauco.

OEc: Generar un inventario de las fuentes difusas y puntuales presentes en la bahía, que incluya un listado detallado de las emisiones generadas por cada una de ellas.

OEd: Elaborar un modelo conceptual de emisión-concentración, para el Golfo de Arauco, que considere como mínimo los flujos e interacciones de parámetros como: metales, nutrientes y compuestos orgánicos.

OEe: Elaborar una propuesta de un plan de monitoreo de la calidad ambiental del Golfo de Arauco, que junto con la información disponible permita conocer el estado actual de la bahía y sirva de insumo para el diseño de una futura norma.

4 METODOLOGÍA

4.1 OEa. Recopilar y sistematizar información de calidad de agua fisicoquímica, información biológica y otra disponible del Golfo de Arauco

4.1.1 *Recopilación de información para análisis crítico*

4.1.1.1 *Recopilación de información de Informes de Vigilancia Ambiental en el Golfo de Arauco*

Se recopiló los Informes de los Programas de Seguimiento Ambiental (PSA) y Programas de Vigilancia Ambiental (PVA) de actividades industriales ubicadas en el Golfo de Arauco y desembocadura del río Biobío, disponibles en el sitio web del Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental (<https://snifa.sma.gob.cl/>). La información fue recopilada en diferentes formatos (PDF, Bases de datos, documentos word, etc.), fue extraída y posteriormente traspasada a formatos editables en bases de datos.

4.1.1.2 *Recopilación de datos provenientes del POAL*

Se descargaron las bases de datos del Programa de Observación del Ambiente Litoral (POAL) de la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante (DIRECTEMAR) de la Armada de Chile (https://www.directemar.cl/directemar/site/edic/base/port/datos_poal.html). Esta base de datos, que presenta información para los cuerpos de agua de Coronel, Lota, Arauco y Tubul-Raqui, constituye una valiosa fuente de antecedentes cuyo propósito es determinar y evaluar los niveles y concentraciones de los principales contaminantes en aguas costeras y continentales, focalizándose en aquellos cuerpos de agua más intervenidos en Chile. En el caso de Coronel y Lota, el POAL mantiene registros de contaminantes desde el año 2001, mientras que para Arauco y Tubul-Raqui, mantiene registros desde los años 2005 y 2011, respectivamente.

4.1.1.3 *Recopilación de datos provenientes del CEA (2016)*

Paralelamente, se solicitó a la contraparte técnica, el informe y las bases de datos asociadas al Informe Final del proyecto “Diagnóstico Medioambiental y Evaluación Preliminar de Riesgo Ecológico de la Bahía de Coronel” (CEA, 2016). Este documento contenía información de los Estudios de Impacto Ambiental y Declaraciones de Impacto Ambiental ejecutadas en el Golfo de Arauco, además de otras fuentes de información recopiladas por el EULA entre los años 1992 y 2013. Toda esta información fue revisada, estructurada y sistematizada con la finalidad de generar bases de datos contrastables y complementarias entre diferentes fuentes de información. Cabe destacar que la información disponible no contaba con las metodologías ni técnicas de laboratorio, por lo cual, no fue posible evaluar la calidad de los datos levantados a través de esta

fuerza de información. No obstante, las bases de datos elaboradas a partir de esta fuerza de información se entregan en el **Anexo Digital 01**.

4.1.1.4 Recopilación de datos provenientes del Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) entre los años 2015 a 2020

Complementariamente, se recopiló la información asociada al SEIA entre los años 2015 y 2020, constatándose la existencia de 32 DIAs y 1 EIA en la zona de estudio, de los cuales sólo 3 DIAs y 1 EIA contaban con información cuantificable sobre el medio marino. Cabe destacar que, para esta fuerza de información no es exigible la ejecución de la toma de muestras y posteriores análisis por una ETFA, por lo cual, no fue posible verificar la calidad de los datos levantados.

4.1.1.5 Recopilación de datos provenientes de revisión bibliográfica

Finalmente, a partir de la revisión bibliográfica realizada para la zona de estudio, se extrajo la información cuantificable asociada a determinaciones en el ambiente marino. Estos datos fueron sistematizados y son entregados en el presente documento.

El total de bases de datos elaboradas a partir de esta fuerza de información se entregan en el **Anexo Digital 01**.

4.1.2 *Recopilación de información desde publicaciones científicas*

Se realizó una revisión de información bibliográfica consultando inicialmente las siguientes bases de datos:

- **Science Direct:** sitio web que proporciona acceso a publicaciones científicas de las áreas de Ingeniería, Ciencias Físicas y de la Vida, Salud, Ciencias Sociales y Humanidades.
- **Web of Science:** servicio en línea de información científica publicada en las bases de datos Science Citation Index (SCI), Social Sciences Citation Index (SSCI) y Arts & Humanities Citation Index (A&HCI).
- **Scopus:** base de datos bibliográfica que incluye Elsevier, Scirus y patentes.
- **Google Scholar:** buscador de publicaciones académicas.

A través de esta búsqueda se revisaron publicaciones científicas, informes de proyectos de investigación, tesis de grado y postgrado y toda aquella que permitió realizar una caracterización apropiada del estado de conocimiento del Golfo de Arauco, incluyendo:

- Características de los procesos oceanográficos físicos que afectan la dinámica de corrientes en el golfo.
- Estructura y características de los subcomponentes ambientales columna de agua, sedimentos y organismos.
- Usos territoriales relevantes de la zona de estudio, incluyendo: actividades industriales, centros poblados, zonas agrícolas y silvícolas, entre otros.

4.1.3 Sistematización de información

Una de las tareas más demandantes de tiempo de un proyecto como el de la presente licitación, tiene que ver con la sistematización de datos, lo cual de acuerdo a la experiencia del equipo de trabajo en Bahía Quintero HOLON-MMA (2019), está asociada principalmente con los siguientes aspectos:

- La mayor parte de la información proviene desde informes (PDF) que no siempre están acompañados con bases de datos;
- Existe una alta heterogeneidad entre programas de monitoreo, en cuanto a los subcomponentes considerados, puntos de muestreo, y frecuencias de monitoreo;
- Existen diferencias en las metodologías utilizadas por los laboratorios, y en los límites de detección y/o cuantificación;
- Existen diferencias en los estándares de calidad de las determinaciones químicas.

En este sentido, una de las primeras tareas estuvo relacionada con la estructuración de los datos en formatos únicos que permitieran posteriormente ejecutar los análisis estadísticos necesarios para dar respuesta a los objetivos del proyecto. Para ello, fue necesaria la selección y extracción de la información cuantificable desde los informes, lo cual implica utilizar softwares OCR (Optical Character Recognition) y editores de PDF, que permitan el traspaso de tablas desde los informes originales, a formatos de manipulación de datos (xlsx, dbf, csv). Una vez ordenadas y estructuradas las bases de datos, se procedió a sistematizar la información disponible, homogenizar nombres de las variables y parámetros, homogenizar unidades de medida, depurar las bases de datos y detectar faltas de información.

Con la información estructurada de las fuentes emisoras que operan en el Golfo de Arauco, se efectuaron las siguientes actividades:

- Análisis de los diseños de muestreo (e.g. puntos de monitoreo)
- Revisión de las metodologías de levantamiento de información (e.g. toma de datos)
- Identificación de las técnicas de análisis de laboratorio empleadas y los límites de detección asociados
- Revisión de las bases de datos históricas disponibles por establecimiento para los subcomponentes columna de agua, sedimentos y biota, entre otras
- Identificación de la transversalidad en la medición de parámetros clave para actividades productivas que operan en el Golfo de Arauco

- Sistematización de información para las fuentes emisoras en cuanto a: parámetros, tipo de medición (e.g. particulado, disuelto, total), técnicas de laboratorio y límites de detección.

4.1.4 *Recopilación de información para el diseño de la norma*

Adicionalmente a la información recolectada en los puntos anteriores, se realizaron esfuerzos especiales por identificar y recabar la siguiente información complementaria:

- usos territoriales de la zona costera
- fuentes de depositación atmosférica
- fuentes de contaminación difusa
- contaminación por carga y descarga de materiales
- estudios de dispersión de contaminantes
- estudios de ecotoxicología
- contenido natural
- áreas protegidas
- presencia de especies indicadoras
- áreas de pesca o recolección de recursos comerciales
- zonas de reproducción
- dinámica costera (corrientes)
- topografía costera.

El análisis de la calidad de esta información, en cuanto a la cobertura geográfica, permitió determinar la existencia de zonas donde se producen actividades productivas que no poseen monitoreos ambientales de sus potenciales efectos en la zona costera y, de esta forma, ir identificando brechas y/o áreas con faltas de información ambiental.

4.1.5 *Obtención de información territorial complementaria*

Se realizará un levantamiento de información relativa a los usos de la zona costera dentro del Golfo de Arauco, considerando: áreas apropiadas para el ejercicio de la acuicultura (AAA), áreas de manejo y explotación de recursos bentónicos (AMERB), Monumentos Naturales, Parques Marinos, Reservas Marinas, Santuarios de la Naturales y Áreas Marinas Costeras Protegidas de Múltiples Usos, etc.), zonas de ejercicio naval, entre otras. En este punto, será especialmente importante conocer los avances de proyectos de macro y microzonificación en las comunas costeras de Hualpén, San Pedro de La Paz, Coronel, Lota y Arauco.

Las fuentes de información incorporadas en la confección de cartografías corresponden a las disponibles vía plataforma web en Sistema de Infraestructura de Datos Geospaciales (IDE) del Ministerio de Bienes Nacionales (<http://www.ide.cl/>), Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (<http://www.subpesca.cl/>), Servicio Nacional de Información Ambiental (<http://sinia.mma.gob.cl/>), Sistema Integral de Información Territorial (<http://siit2.bcn.cl/>), Municipalidades de Hualpén (<http://www.hualpenciudad.cl/>), San Pedro de La Paz (<https://sanpedrodelapaz.cl/>), Coronel (<http://www.coronel.cl/>), Lota (<https://www.lota.cl/>) y Arauco (<https://muniarauco.cl/>), entre otros. El total de información será incorporada en cartografías de manera integrada para todo el golfo. Las cartografías serán elaboradas en la plataforma ArcGis 10.2, software líder en el geoproceto de información territorial de amplio uso a nivel global (<http://www.esri.com/>).

Todas las cartografías fueron construidas considerando la estandarización de referencia espacial indicadas por el mandante en el **Anexo A** de las Bases Técnicas de la licitación, donde se solicita: Proyección Universal Transversal de Mercator (UTM), Sistema de Referencia Geodésico WGS84 y Huso H-19S. El total de información espacial generada es entregada en el presente documento.

Adicionalmente, toda la información obtenida en esta etapa del estudio, fue sistematizada y se entrega en formato shape en el **Anexo Digital 02**.

4.2 OEb. Seleccionar mediante análisis crítico la información con calidad suficiente para ser considerada en el diseño de una futura norma de calidad secundaria para la protección de las aguas del Golfo de Arauco

4.2.1 Análisis estadístico de la información disponible de las UFs

4.2.1.1 Análisis estadístico de tendencias espacio-temporales

Las bases de datos sistematizadas para cada fuente de información identificada en el objetivo anterior, fueron sometidas a un riguroso análisis estadístico, orientado a detectar tendencias espacio-temporales en los parámetros medidos. En términos generales, el análisis estadístico propuesto considera las etapas que se resumen a continuación:

Generación de bases de datos: Generación e historización de bases de datos por fuente emisora y subcomponente ambiental (columna de agua, sedimentos, biota, etc). Posicionamiento espacial de puntos y estratos de muestreo, sistematización de procedimientos de muestreo *in situ*, técnicas de laboratorio y límites de detección.

Integración de bases de datos: Generación de bases de datos integradas, homogenización de nombres y unidades de medida por parámetro y subcomponente ambiental.

Análisis Exploratorio: Cuantificación del número de registros por parámetro, determinación de estadígrafos de tendencia central y dispersión, determinación de variabilidad (coeficiente de variación) por parámetro/variable. Elaboración de gráficas de tendencia general por parámetro, puntos de muestreo y fuente emisora. Generación de matrices de correlación entre parámetros por matriz ambiental y fuente emisora. Análisis exploratorios multivariados mediante técnicas de ordenación (e.g. Análisis de Componentes Principales) por fuente emisora e integrados.

Data cleaning: Identificación de parámetros/variables con alta frecuencia bajo límites de detección, identificación de observaciones atípicas (outliers), selección de series de datos para el análisis estadístico.

Generación de preguntas de investigación: generación de preguntas de investigación que direccionan los análisis estadísticos posteriores, tales como: ¿existen diferencias entre zonas de impacto y áreas de referencia o control para cada PVA/PSA? ¿existen tendencias significativas en las concentraciones de contaminantes u otras variables? ¿existen diferencias entre las

concentraciones/valores reportados en las diferentes establecimientos industriales? ¿se pueden determinar cuales son los niveles naturales o de background?

Análisis estadístico: evaluación de la significancia estadística de fuentes de variabilidad espaciales y temporales, mediante el empleo de técnicas estadísticas avanzadas.

Para el caso de los subcomponentes hidrografía y análisis de calidad química de columna de agua y sedimentos, el análisis de patrones espacio-temporales incluye la evaluación de la significancia estadística de fuentes de variabilidad espaciales (e.g. zonas de impacto vs. control, puntos de muestreo, estratos de profundidad) y temporales (e.g. trimestre, año), mediante el empleo de modelos lineales generalizados (GLM)¹. A partir de estos resultados, se seleccionaron los parámetros que explican diferencias estadísticamente significativas, con los cuales se ejecutaron análisis multivariados de funciones ortogonales, del tipo análisis de componentes principales (PCA) o análisis factoriales de correspondencia segmentado (DCA), según las características de cada set de parámetros.

Para el caso de las matrices asociadas a la evaluación de la biodiversidad (macrofauna/megafauna y plancton) se realizaron análisis de estructura comunitaria mediante la determinación de los índices de biodiversidad riqueza de especies (S), diversidad de Shannon-Wiener (H'), equidad de Pielou (J), dominancia de Simpson, entre otros. De acuerdo a la calidad de las bases de datos disponibles, los análisis serán complementados mediante análisis de ordenación comunitaria por escalamiento métrico y no-métrico multidimensional (mMDS/nMDS), incluyendo además la construcción de curvas RSA (Rank Abundance Species, para la macrofauna) con la finalidad de determinar la existencia de perturbaciones de origen antropogénico sobre la estructura de las comunidades.

Interpretación de resultados: evaluación integrada de los resultados del análisis estadístico con la finalidad de establecer tendencias generales.

¹ Los GLM son una extensión de los modelos lineales (ML) cuya principal ventaja es que permiten utilizar distribuciones no normales de los errores y varianzas no constantes, ambos supuestos básicos de los modelos lineales del tipo Análisis de Varianza y que normalmente no se cumplen en bases de datos ambientales. Los MLG permiten la especificación de la familia de los errores del modelo (binomial, Poisson, gamma, exponencial, etc) y evaluar relaciones no lineales entre la variable respuesta y las variables independientes mediante la función de vínculo (identidad, raíz cuadrada, logarítmica, exponencial, logit, recíproca) (Cayuela, 2014)

A partir de los resultados que emerjan de este análisis, se elaboró un reporte para cada UF, que incluyó el análisis de los patrones espacio-temporales de las bases de datos en el mediano plazo (dependiendo de la extensión de las bases de datos disponibles), incluyendo recomendaciones sobre frecuencias de muestreo apropiadas y cobertura espacial por PSA (zonas de vigilancia y control, estratos en columna de agua, etc.).

4.2.1.2 *Análisis de bases de datos integradas*

Se realizó el análisis integral de las bases de datos analizadas individualmente para cada UF. Para este análisis se seleccionó aquellos parámetros transversales (que han sido analizados en la mayoría de las UF) de manera de obtener una visión general del comportamiento de tales variables a escala del Golfo de Arauco.

La información disponible en cada una de las bases de datos por UF fue sistematizada generando bases de datos integradas para columna de agua, sedimentos intermareales y sedimentos submareales. Para cada matriz, los análisis efectuados incluyeron en primera instancia, la cuantificación de las mediciones de parámetros por UF, lo que fue abordado mediante la construcción de *heatmaps*², seleccionándose aquellos parámetros más transversales espacialmente (que han sido medidos en una mayor proporción de las UF analizadas) para los análisis estadísticos. El análisis prosiguió con la determinación de estadígrafos de tendencia central y dispersión (estadística descriptiva) para la evaluación de la variabilidad de contenida en las bases de datos. Finalmente, y dado que los parámetros seleccionados pueden mostrar presencia en algunas UF, pero no en todas al mismo tiempo, se ejecutaron análisis estadísticos univariados del tipo GLM, considerando como variable dependiente la concentración de cada parámetro y como fuentes de variación las reclasificaciones espaciales UF y estrato (sólo en el caso de la columna de agua) y las reclasificaciones temporales Año y Época (*estival* desde octubre a marzo, e *invernal* desde abril a septiembre).

Una de las ventajas del empleo de GLM es que permiten utilizar distribuciones no normales de los errores y varianzas no constantes, ambos supuestos básicos de los modelos lineales del tipo Regresión lineal y Análisis de Varianzas y que normalmente no se cumplen en bases de datos

² *Heatmap* es técnica de visualización de datos que muestra la magnitud de un fenómeno como color en dos dimensiones. La variación en el color entrega una señal visual evidente sobre la presencia de un fenómeno (en nuestro caso el número de registros de cada parámetro) en el espacio.

ambientales, como es en este caso. Los GLM permiten la especificación de la familia de los errores del modelo (binomial, Poisson, Gamma, exponencial, etc.) y evaluar relaciones no lineales entre la variable respuesta y las variables independientes mediante la función de vínculo (identidad, raíz cuadrada, logarítmica, exponencial, logit, recíproca) (Cayuela, 2014).

4.2.2 *Análisis Bases de datos POAL*

Para el análisis de las bases de datos del Programa de Observación del Ambiente Litoral (POAL) se realizó la descarga de la información dispuesta en la página web de DIRECTEMAR (https://www.directemar.cl/directemar/site/edic/base/port/datos_poal.html). La descarga de los datos incluyó específicamente los cuerpos de agua de Coronel, Lota, Arauco y Tubul-Raqui correspondientes a la Gobernación Marítima de Talcahuano.

La información fue sistematizada en bases de datos integradas por matriz ambiental (agua, sedimentos, biota) (**Anexo Digital 01**). Para cada matriz, los análisis efectuados correspondieron a la elaboración de cartografías con la ubicación de las estaciones de muestreo, *heatmaps* para la cuantificación de los registros disponibles a lo largo de las series temporales, seleccionándose la información más reciente (POAL 2013-2017) para los análisis estadísticos (se destaca que el POAL ha sido modificado en cuanto a estructura y parámetros medidos a lo largo de su historia y la versión POAL 2013-2017 corresponde a la configuración más reciente).

El análisis estadístico efectuado incluyó la determinación de estadígrafos de tendencia central y dispersión (estadística descriptiva) para la evaluación de la variabilidad de contenida en las bases de datos e identificación de aquellos parámetros que muestren una alta proporción de datos bajo los límites de detección. Finalmente, se incorporó un análisis multivariado de Componentes Principales (PCA), el cual permite detectar la generación de agrupaciones espacio temporales que emergen naturalmente a partir del análisis de correlaciones ortogonales en la serie de datos. El PCA es una técnica estadística de síntesis de información, que posee la ventaja de entregar una medida de la varianza que explica cada una de las componentes multivariadas resultantes del análisis y del grado de correlación que existe entre cada una de las variables de entrada y la componente multivariada (Cayuela, 2011).

4.2.3 *Análisis crítico de las bases de datos disponibles*

Para el caso de aquellas bases de datos que contaron con información asociada a las técnicas de laboratorio y métodos utilizados en las determinaciones, el análisis crítico incorporó la revisión de las metodologías utilizadas en el levantamiento de la información de terreno y análisis de laboratorio en cada monitoreo y su contraste con métodos y técnicas analíticas recomendadas para las matrices marinas por las agencias internacionales (e.g. EPA, CCME, UE) y exigidas para las ETFAs autorizadas por la SMA.

Para el análisis crítico se consideró:

- Evaluación de los métodos y técnicas de muestreo, preservación y análisis de laboratorio apropiadas para cada matriz o componente ambiental y acreditadas de acuerdo a la norma 17.025 del 2017 del INN (Instituto Nacional de Normalización) y por el sistema ETFA (Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental) de la SMA (Superintendencia del Medio Ambiente).
- Evaluación de la idoneidad de los parámetros de la vigilancia ambiental, incluyendo la revisión de parámetros de interés ambiental clave que deben ser considerados por tipo de industria, considerando las recomendaciones del código CIU y de agencias internacionales (e.g. EPA, CCME, UE).
- Evaluación de los patrones de variabilidad ambiental derivados del análisis estadístico.
- Revisión de los informes asociados a los planes de seguimiento ambiental para evaluar la forma en la cual se analizan estadísticamente las bases de datos levantadas en cada campaña.
- Transversalidad de la información, para determinar si los datos generados en cada subcomponente (e.g. agua de mar, sedimentos marinos, biota) incluyen parámetros que sean medidos por la mayoría de los establecimientos industriales, y con técnicas de laboratorio comparables que permitan hacer análisis integrados dentro del golfo.

El análisis integrado de la información recabada a lo largo del proyecto y para cada operación, permitirá realizar recomendaciones con base científica y técnica a cada uno de los Seguimientos Ambientales ejecutados en el Golfo de Arauco.

4.2.3.1 *Evaluación de frecuencia de muestreo y relación con variabilidad ambiental*

A partir del análisis estadístico asociado a la evaluación de patrones de variabilidad ambiental, poder estadístico y tendencias de cada Seguimiento Ambiental y la detección de patrones espacio-temporales en la dinámica del golfo, se propusieron recomendaciones en términos de temporalidad (cuando muestrear) y frecuencia de monitoreo (cuantas veces al año muestrear), considerando como propósito generar adecuaciones que permitan describir los impactos ambientales en el contexto de una propuesta de monitoreo para el Golfo de Arauco.

4.2.3.2 *Evaluación de puntos de muestreo en relación con descargas y otros usos dentro del Golfo de Arauco*

La evaluación de la disposición espacial de las estaciones de muestreo considera el análisis del diseño espacial de cada Seguimiento Ambiental, en atención a la disposición del total de estaciones de muestreo dispuestas en el Golfo de Arauco y los usos del borde costero (**Sección 5.4.1.**), con la finalidad de proponer eventuales adaptaciones que permitan mejorar el entendimiento de la dinámica de las descargas y puntos de aducción presentes en el golfo.

Todos los análisis estadísticos serán efectuados utilizando rutinas elaboradas y formuladas en la plataforma R (<http://www.r-project.org/>), utilizando las librerías mgcv (Wood, 2018), ggplot2 (Wickham, 2016) y devtools (Wickham, 2018). En casos particulares se utilizará softwares estadísticos *ad-hoc*.

4.2.4 *Selección de información con calidad suficiente para el diseño de la NSCA*

4.2.4.1 Preselección de información en base a criterios

Una vez efectuado el análisis crítico descrito en el **Numeral 4.2.3.**, se elaboró una selección de información con calidad suficiente para contribuir al establecimiento de una norma secundaria de calidad ambiental, sobre la base de los siguientes criterios analizados:

- a. Diseño de muestreo (posición de estaciones y frecuencia)
- b. Metodologías de medición para variables medidas *in situ*
- c. Técnicas de toma de muestras y preservación
- d. Técnicas de medición en laboratorio (métodos analíticos)
- e. Sensibilidad de los métodos (límites de detección y cuantificación)
- f. Aseguramiento de la calidad final de los datos

4.2.4.2 Selección final de información

A partir de la información recopilada y de los criterios de selección especificados, se logró establecer si las diferentes actividades industriales que se desarrollan en el Golfo de Arauco están siendo adecuadamente monitoreadas o requieren diseños de muestreo y variables especiales (*i.e.* muestreos ad-hoc). Sobre la base de estos antecedentes, fue posible definir si la información disponible es suficiente para el establecimiento de una norma, o bien, se necesita el levantamiento de información adicional que no esté siendo actualmente monitoreada. De esta manera, en cada una de las bases de datos con información asociada a las técnicas de laboratorio (**Anexo Digital 01**), se indica la siguiente información:

Verificación: Esta columna indica si un parámetro determinado, fue analizado por una Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA), autorizado por la superintendencia de Medio Ambiente (SMA), cuya técnica utilizada está acreditada para el subcomponente ambiental indicado. Cabe destacar que, esta información es solamente obligatoria para aquellos programas de vigilancia que cuentan con una Resolución de Calificación Ambiental (RCA).

Validación: Esta columna tiene relación con determinar si la técnica utilizada para la determinación, es apropiada para la matriz en cuestión (eg. agua de mar, sedimentos marinos), independiente del laboratorio y/o la entidad que efectuó el muestreo. Esta validación se elaboró de acuerdo a lo recomendado por el Código Industrial Internacional Uniforme (CIIU) y de agencias internacionales.

El análisis de la información seleccionada, se entrega en el Numeral **5.3.2.4**, donde se indica el número total de registros disponibles, el número total de registros verificados (ETFA) y el número total de registros validados. Cabe destacar que, este ejercicio pudo ser efectuado sólo para los datos provenientes de los Programas de Monitoreo de las Unidades Fiscalizables, y para los datos provenientes del POAL. Las bases de datos provenientes del CEA (2016) no contaban con la información disponible de las técnicas de laboratorio, y en el caso de los datos de DIAs y EIAs efectuados entre los años 2015 a 2020 no es exigible la ejecución de los análisis por parte de una ETFA, por lo cual no se realizó una selección de datos. No obstante, para estos casos donde se tiene información asociada a las metodologías y técnicas de laboratorio, se entregan tablas de síntesis de información para el total registros disponibles.

4.3 OEc. Generar un inventario de las fuentes difusas y puntuales presentes en la bahía, que incluya un listado detallado de las emisiones generadas por cada una de ellas

4.3.1 Generación de un inventario de fuentes emisoras

4.3.1.1 Identificación de fuentes fijas

La identificación de la ubicación espacial de fuentes fijas fue efectuada a partir del análisis y sistematización de la ubicación geográfica de las descargas de RILes proporcionada por el mandante del proyecto, en combinación con la revisión de los antecedentes disponibles en la base de datos de CEA (2016) y de la información disponible en el SEIA y en SNIFA. Los puntos de descarga fueron posicionados en la cartografía base del proyecto y clasificados según el tipo de emisión, considerando las siguientes categorías:

- Industria petroquímica
- Papelera
- Fábrica de alimentos
- Procesadora de recursos pesqueros
- Termoeléctrica
- Celulosa
- PTAS

La clasificación propuesta permitió determinar cambios en los tipos de descarga a lo largo del Golfo de Arauco y, sobre esta base, atender a las características especiales de diferentes zonas dentro del golfo.

4.3.1.2 Análisis estadístico de fuentes fijas

Para la generación de inventario de fuentes emisoras se utilizó la información proveniente del SNIFA, en la sección datos abiertos, (<https://snifa.sma.gob.cl/DatosAbiertos>), para lo cual se descargaron las bases de datos reportados con respecto a la norma de emisión de centrales termoeléctricas (D.S. N°13/ 2011) y datos reportados con respecto a las normas de emisión de residuos líquidos (D.S. N°90/2000 y D.S. N°46/2002). Para el análisis de ambas bases de datos se utilizó el último año completo, es decir el año 2019.

Las bases de datos de los establecimientos industriales identificadas al interior del golfo, fueron sistematizadas, y posteriormente analizadas estadísticamente, para determinar los principales estadígrafos de tendencia central y dispersión y, posteriormente, generar análisis multivariados (PCA) para aquellos parámetros que presentaron mayor transversalidad entre UF.

4.3.1.3 Fuentes difusas

Para la identificación de fuentes difusas, se consideró como potenciales fuentes de contaminación aquellas categorías que puedan albergar actividades donde se generen efectos negativos debido a escurrimiento superficial o al transporte de partículas. Esta información otorga un marco general de la contaminación difusa, la cual sería generada por una o por un conjunto de actividades que en su origen son de carácter puntual, pero que, debido a que la contaminación puede originarse desde múltiples fuentes y a la particularidad del transporte de los contaminantes, se cataloga como una fuente no puntual (Ramos et al. 2015).

Para poder identificar, y caracterizar las fuentes difusas que están presentes y que podrían alterar la calidad del agua en el golfo y zonas adyacentes, se analizó las fuentes de información que puedan aportar con antecedentes sobre los usos del borde costero (industrias, asentamientos humanos, agricultura, silvicultura, entre otros), incluyendo la identificación de los cuerpos de agua que descargan sus aguas al mar y que, adicionalmente, constituyen zonas relevantes para la conservación.

Una de las principales fuentes de información analizadas corresponde a la disponible en los planes reguladores del uso del borde costero de las Ilustres Municipalidades de Hualpén, San Pedro de la Paz, Coronel, Lota y Arauco. Cada una de estas comunas posee un plan regulador en que identifica las distintas actividades desarrolladas en el territorio comunal y, en lo atinente a este informe, las actividades antrópicas desarrolladas en la zona costera. La información disponible respecto de los usos del borde costero fue analizada directamente desde la lectura de los planes reguladores de cada Municipio y, adicionalmente, mediante el análisis de los shapefiles de Zonificación Planes Reguladores Comunales para la Región del Biobío, disponibles en IDE (www.ide.cl).

Adicionalmente, se consideró como fuente de información especialmente relevante, el Catastro de uso de suelo y vegetación, elaborado por CONAF que contiene la actualización de los usos de suelo y tipos vegetacionales para todo el país. Específicamente para la Región del Biobío, la información disponible en el catastro corresponde al año 2015 y se presenta la caracterización en escala 1:50.000. La información fue descargada directamente desde IDE (www.ide.cl).

Con base en la clasificación de la información cartográfica disponible, y una revisión de las imágenes satelitales disponibles para la zona de estudio (World Imagery ArcGis, actualizado a noviembre de 2020), se identificó los usos asociados con:

- Plantaciones forestales,
- Usos urbanos,
- Embarcaderos y,
- usos no regularizados del borde costero, tales como las cocedoras de mariscos en Tubul.

Adicionalmente, y como una forma de identificar usos industriales a lo largo del borde costero, se revisó la ubicación espacial de los proyectos con DIA e EIA aprobados en el Golfo de Arauco, con énfasis en aquellos proyectos que puedan tener impacto en la zona costera. La información fue descargada desde los KMZ disponibles en el buscador de proyectos del SEIA (<https://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyecto.php>). La georreferenciación de los proyectos identificados como fuentes difusas fue realizada en base al punto de ubicación del proyecto indicado en el SEIA y clasificada de acuerdo a las siguientes categorías:

- Depósito de cenizas
- Puerto de carga y descarga multipropósito
- Astilleros
- Embarcaderos y muelles
- Almacenamiento de sustancias peligrosas
- Industria química (resinas, fenoles, metanol)
- Aserraderos y plantas de astillado
- Extracción de áridos
- Abastecimiento de gas natural
- Elaboración de cemento
- Termoeléctricas (Emisiones aéreas)

El análisis y ubicación de las fuentes difusas, de acuerdo a la categorización previa, permitió determinar cambios en los tipos de usos a lo largo del borde costero Golfo de Arauco y, sobre esta base, atender a las características especiales de diferentes zonas dentro del golfo.

Toda la información generada a partir de la identificación de fuentes fijas y fuentes difusas fue incorporada en cartografías de manera integrada para todo el Golfo de Arauco. Las cartografías fueron elaboradas en la plataforma ArcGis 10.2.

4.4 OEd. Elaborar un modelo conceptual de emisión-concentración, para el Golfo de Arauco, que considere como mínimo los flujos e interacciones de parámetros como: metales, nutrientes y compuestos orgánicos

4.4.1 Aspectos generales

Un modelo conceptual, es un resumen, hipótesis o representación de un sistema generado para mejorar la comprensión del sistema real (Hall et al. 1990). Los modelos conceptuales pueden formalizar la comprensión de los procesos que ocurren en el sistema bajo estudio y su dinámica, además de determinar los vínculos de estos procesos a través de distintas fronteras disciplinarias, e identificar los límites y el alcance del sistema de interés, contribuyendo a la comunicación entre científicos y personal técnico, y entre científicos, administración, partes interesadas y público en general (Gross 2003).

Christensen et al. (1996) plantean que, en el caso del manejo de ecosistemas, se debe incluir en forma explícita (i) la sustentabilidad de largo plazo como un valor fundamental, (ii) metas operacionales claras, (iii) modelos de ecosistemas apropiados, (iv) el entendimiento de la complejidad del sistema y sus interconexiones, (v) el reconocimiento del carácter dinámico de los ecosistemas, (vi) especial atención al contexto y la escala, (vii) el reconocimiento de que los seres humanos son componentes del ecosistema y (viii) el enfoque adaptativo. Estas consideraciones reconocen que nuestro conocimiento sobre los ecosistemas es limitado, que los ecosistemas son altamente variables temporal y espacialmente y, que los seres humanos son una especie clave que cambia la estabilidad del sistema mediante la alteración de las limitaciones ambientales, procesos de diverso tipo y modificación de estructuras bióticas (O'Neill 2001).

Los modelos ecosistémicos integrados intentan representar el ecosistema en su conjunto, considerando las características biofísicas de este, incluyendo al ser humano como un agente de cambio. Estos modelos consideran la estrecha relación entre las condiciones y tendencias de los ecosistemas y el bienestar humano, y que el progreso hacia el desarrollo sostenible depende de la mejora en su gestión para asegurar su conservación y uso sostenible. Mientras que la demanda de servicios ecosistémicos, tales como alimentos y agua continúan creciendo, las acciones humanas al mismo tiempo han disminuido la capacidad de muchos de ellos para satisfacer estas demandas. Intervenciones políticas y de gestión a menudo pueden revertir la degradación de los ecosistemas, pero saber cuándo y cómo intervenirlos requiere de un conocimiento en profundidad tanto de la ecología y como de los sistemas sociales involucrados. Una mejor información no

puede garantizar mejores medidas, pero es un requisito previo para la correcta toma de decisiones (Millennium Ecosystem Assessment 2003).

4.4.2 *El modelo DPSIR*

Operacionalmente, y para los efectos de este objetivo específico, se utilizó el modelo DPSIR (Driving Forces – Pressures – State – Impacts – Responses) desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de estados Unidos (EPA 2015), y que ha sido utilizado en la evaluación de impactos ambientales sobre diversos tipos de ambiente a nivel mundial. El modelo busca establecer relaciones causales entre la actividad humana y el medio ambiente, como una forma de dar cuenta sobre la situación en que se encuentran los distintos componentes de los sistemas bajo estudio.

A nivel Nacional, DPSIR ha sido empleado por el Ministerio de Medio Ambiente, en la generación del Reportes del Estado del Medio Ambiente (<https://sinia.mma.gob.cl/quinto-reporte-del-estado-del-medio-ambiente/>) y en aplicaciones asociadas con una propuesta de Sistema de Monitoreo en Bahía Quintero (Aburto & Figueroa-Fábrega, 2017), así como en el Análisis de Servicios Ecosistémicos en el humedal del Río Cruces (Delgado et al, 2019).

DPSIR proporciona un mecanismo general para analizar problemas ambientales, con orientación al desarrollo sostenible (Borja et al. 2006). Los objetivos básicos de su enfoque son: (i) proporcionar información relevante sobre los diferentes elementos de la secuencia del modelo, (ii) aclarar las formas en que estos componentes están conectados y relacionados entre sí y (iii) estimar la eficacia de las respuestas. En este sentido DPSIR proporciona información útil sobre las relaciones entre los orígenes de las alteraciones y las consecuencias ambientales y, al mismo tiempo, ayuda a comprender su dinámica. La elaboración del modelo se realiza en base a la identificación de los siguientes componentes:

FUERZAS MOTRICES: o fuerzas impulsoras, son los factores que motivan las actividades humanas y satisfacen las necesidades básicas de la población. Estas fuerzas motrices tienen la potencialidad de inducir cambios en el medio ambiente.

PRESIONES: actividades humanas, derivadas del funcionamiento de las Fuerzas Motrices que inducen cambios en el medio ambiente. Corresponden a los comportamientos humanos que pueden influir en la salud del ecosistema.

ESTADO: Se refiere a la condición del medio ambiente (componentes físicos, químicos y biológicos) y de los sistemas humanos (nivel de población y atributos individuales). Los procesos químicos, físicos y biológicos interactúan entre los diferentes componentes del ecosistema, y que pueden medirse por sus atributos (métricas).

IMPACTO: los cambios en los componentes ambientales generan impactos de distinto orden, tanto en el ambiente y servicios del ecosistema, como en la calidad de vida y salud de las personas.

RESPUESTAS: se refiere a las acciones que realizan, tanto las autoridades, como la sociedad en general, ya sea en orden a disminuir los impactos ambientales o también para adaptarse a éstos. Estas acciones afectarán el estado de los componentes del medio ambiente, así como las presiones y las fuerzas motrices.

En la **Figura 2**, se entrega una representación general de los componentes y atributos del modelo DPSIR.

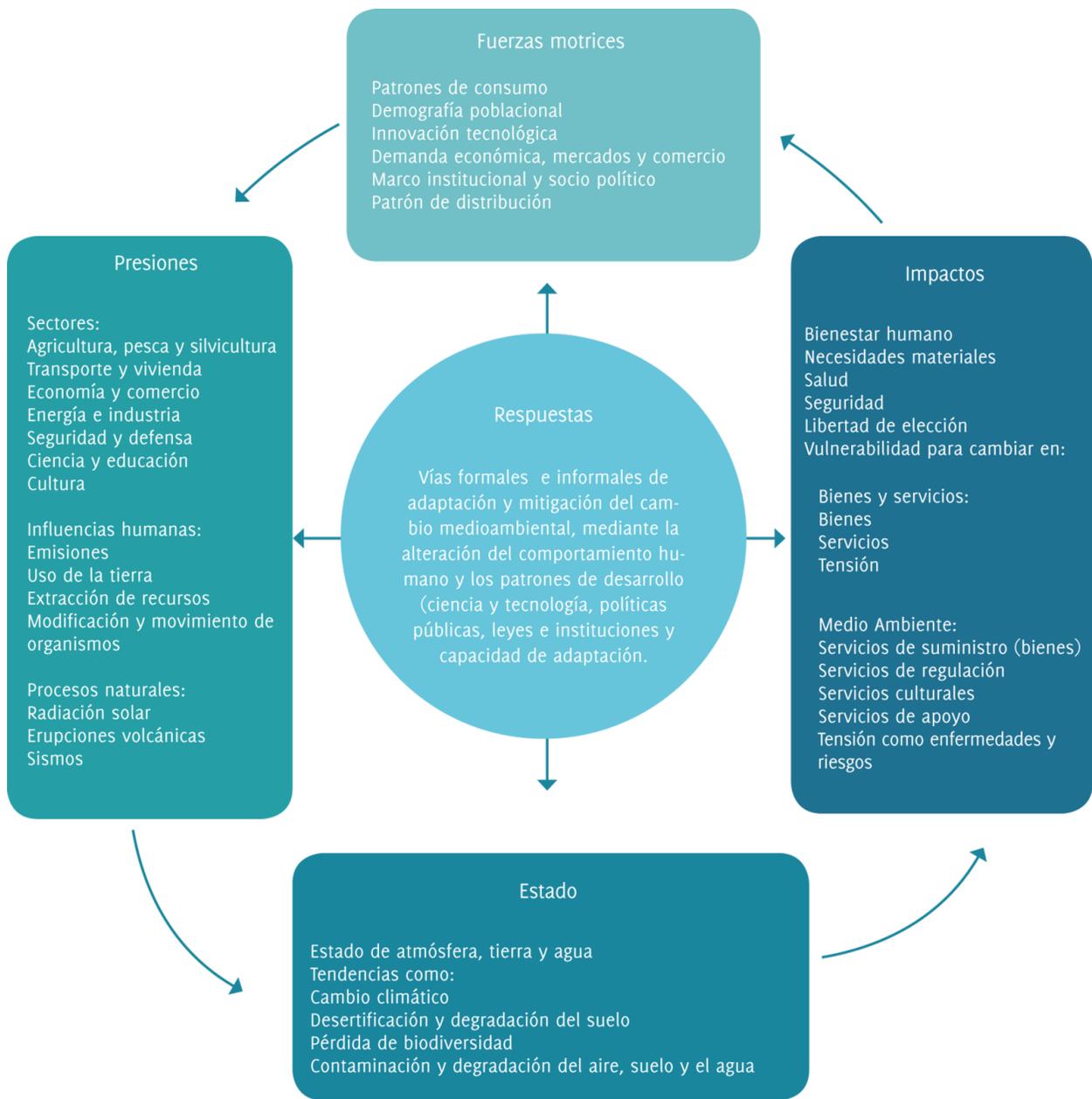


Figura 2. Representación de un modelo conceptual: fuerza motriz – presión – estado – impacto – respuesta. Extraído de MMA, 2018.

Para el caso del Golfo de Arauco, tanto el desarrollo del esquema conceptual DPSIR, como la selección de variables a incluir dentro del modelo, fue discutida en un taller de trabajo interno efectuado en Concepción el 03 de diciembre de 2020.

Al respecto, nuestro planteamiento actual para la integración de información del ecosistema bajo estudio, representa un punto de partida que puede (y debe) ser analizado como proceso dinámico de mejora continua, donde la nueva información irá incrementando y modificando el conocimiento del área, generando nuevas preguntas, hipótesis y necesidades de investigación.

4.5 OEE. Elaborar una propuesta de un plan de monitoreo de la calidad ambiental del Golfo de Arauco, que junto con la información disponible permita conocer el estado actual de la bahía y sirva de insumo para el diseño de una futura norma

4.5.1 Análisis de brechas de información necesaria para el diseño de una futura norma secundaria de calidad en el Golfo de Arauco

Las Normas Secundarias de Calidad Ambiental (NSCA) son instrumentos regulatorios cuyo objetivo es conservar o preservar los ecosistemas acuáticos a través del mantenimiento o mejoramiento de la calidad de las aguas continentales y marinas.

En este contexto, y partir del análisis crítico de la información recopilada, se realizó un análisis integrado del Golfo de Arauco, que permitió proponer sitios de monitoreo y variables clave que permitan aportar y/o mejorar el conocimiento sobre la condición ambiental del sistema bajo estudio, considerando el análisis desde el punto de vista temporal (frecuencias de monitoreo idóneas, con base en el análisis de los procesos oceanográficos locales) y espacial (zonas clave a monitorear con base en el análisis territorial). El análisis de las brechas de información fue realizado en atención a los siguientes aspectos:

- Oceanográfica: Consideración de antecedentes que permitan describir el patrón de circulación del golfo, en un contexto temporal y espacial, para determinación de las frecuencias de medición y zonas clave.
- Territorial: Identificación de zonas de vigilancia y áreas de referencia, en atención a los usos territoriales y la densidad de los puntos de descarga directa de efluentes y otros usos territoriales relevantes.
- Fisicoquímica: Análisis de parámetros considerados clave, dado el tipo de actividades desarrollados en el golfo tanto en los subcomponentes agua, sedimentos y organismos.
- Biológica: Asociada a la necesidad de efectuar levantamientos sobre la biodiversidad presente en las zonas intermareal y submareal, incluyendo: macrofauna, megafauna, avifauna y mamíferos marinos.

4.5.2 Propuesta de Plan de Monitoreo

En base a la información recopilada y analizada de los objetivos anteriores, se proponen nuevos criterios y variables a incorporar en una futura norma secundaria de calidad ambiental.

Dadas las características de la zona de estudio, donde confluyen múltiples usos con actividades que se desarrollan a diferentes escalas espaciales y temporales, existiendo sectores altamente intervenidos como Bahía de Coronel, que distan de lo observado en zonas menos intervenidas, tales como la Isla Santa María, se proponen zonas de muestreo en atención a una exhaustiva revisión de los usos territoriales, incluyendo la identificación de fuentes de emisión fijas y difusas, patrón de circulación del Golfo de Arauco y zonas de intereses especiales (AMERB, Humedales, zonas de pesca reguladas).

Así la inclusión de criterios y variables, tendrá dos miradas, una desde un punto de vista Zonal y otra con una mirada a nivel global para todo el Golfo de Arauco, incluyendo la generación de respuestas adecuadas a las siguientes preguntas base:

A nivel Zonal:

- ¿El diseño espacial está en concordancia con la naturaleza de los impactos identificados?
- ¿Los componentes y/o subcomponentes ambientales están definidos de acuerdo con los impactos que se requiere evaluar?
- ¿Los parámetros monitoreados son los clave de acuerdo con el tipo de industria?
- ¿Las técnicas de muestreo y las metodologías de análisis son las adecuadas para las matrices monitoreadas?
- ¿La frecuencia de muestreo es la mínima requerida para detectar cambios asociados a la operación y/o eventos naturales que podrían ocurrir?
- ¿Existe un mínimo de réplicas espaciales/temporales que permita realizar un análisis adecuado de la información?
- ¿Es el análisis de los distintos datos recolectados, el correcto para la matriz a ser analizada?
- ¿Las zonas definidas como “control” o “referencia” son adecuadas en cuanto a su ubicación?
- ¿existe un análisis e interpretación de los resultados acorde a la naturaleza de cada operación y una visión global de los impactos producidos?

A nivel del Golfo de Arauco

- ¿El diseño de estaciones de muestreo permite tener una visión general del uso y de los diversos impactos en las zonas identificadas?
- ¿Los componentes y/o subcomponentes ambientales monitoreados permiten dar cuenta de la suma de impactos (o de los principales impactos) que ocurren al interior del golfo?
- ¿Existen parámetros que estén duplicados o parámetros claves ausentes de acuerdo con los tipos de industria presente en las zonas identificadas?
- ¿Es posible distinguir cambios asociados a la operación de las distintas actividades humanas de los eventos naturales que podrían ocurrir?
- ¿Las zonas definidas como “referencia” son adecuadas en cuanto a su ubicación, respecto de los diversos usos y ubicación de las actividades humanas que hacen uso del borde costero?
- ¿Con los resultados individuales actuales, se puede realizar un análisis e interpretación integrado y, por tanto, global del Golfo de Arauco?

5 RESULTADOS

5.1 Generales

5.1.1 Reuniones de coordinación

5.1.2 1º Reunión Consultores-MMA

El día martes 21 de julio de 2020, se efectuó por video-conferencia la primera reunión con la Subsecretaria del Medio Ambiente. En esta instancia se realizaron aclaraciones y/o sugerencias a las metodologías propuestas. Adicionalmente, se solicitó al mandante el total de información y bases de datos tanto de los establecimientos que cuentan con seguimiento ambiental en el Golfo de Arauco como de otras fuentes de información que deben ser incorporados en el proyecto. Finalmente, se coordinó la reunión de presentación con la Mesa del Mar. El acta elaborada y validada por la contraparte técnica se entrega en el **Anexo 1**.

5.1.3 1º Reunión Consultores-Mesa del Mar

El día 5 de agosto de 2020, se efectuó la reunión con la Mesa del Mar, la que se realizó también por video conferencia. En esta reunión se presentó el equipo de trabajo y se expuso de manera general el esquema de trabajo planteado para el desarrollo del proyecto. El acta elaborada y validada por la contraparte técnica se entrega en el **Anexo 1**.

5.1.4 Taller de Trabajo Interno

El día 3 de diciembre de 2020, se efectuó un taller de trabajo, orientado a responder los objetivos específicos *d* y *e* del presente proyecto, considerando:

- Parámetros clave transversales
- Usos del borde costero
- Zonificación del Golfo de Arauco
- Definición de zonas de referencia.
- Definición de frecuencia de monitoreos.
- Desarrollo de un modelo de emisión-concentración.
- Propuesta de Monitoreo para la NSCA

El taller fue realizado en el Hotel Diego de Almagro, ubicado en la ciudad de Concepción, y contó con la participación de los investigadores que forman parte del equipo de trabajo. En la **Figura 3**, se entrega un resumen fotográfico de las reuniones efectuadas durante el presente proyecto



Figura 3a. Resumen fotográfico de reuniones virtuales efectuadas en el contexto del Presente Proyecto.

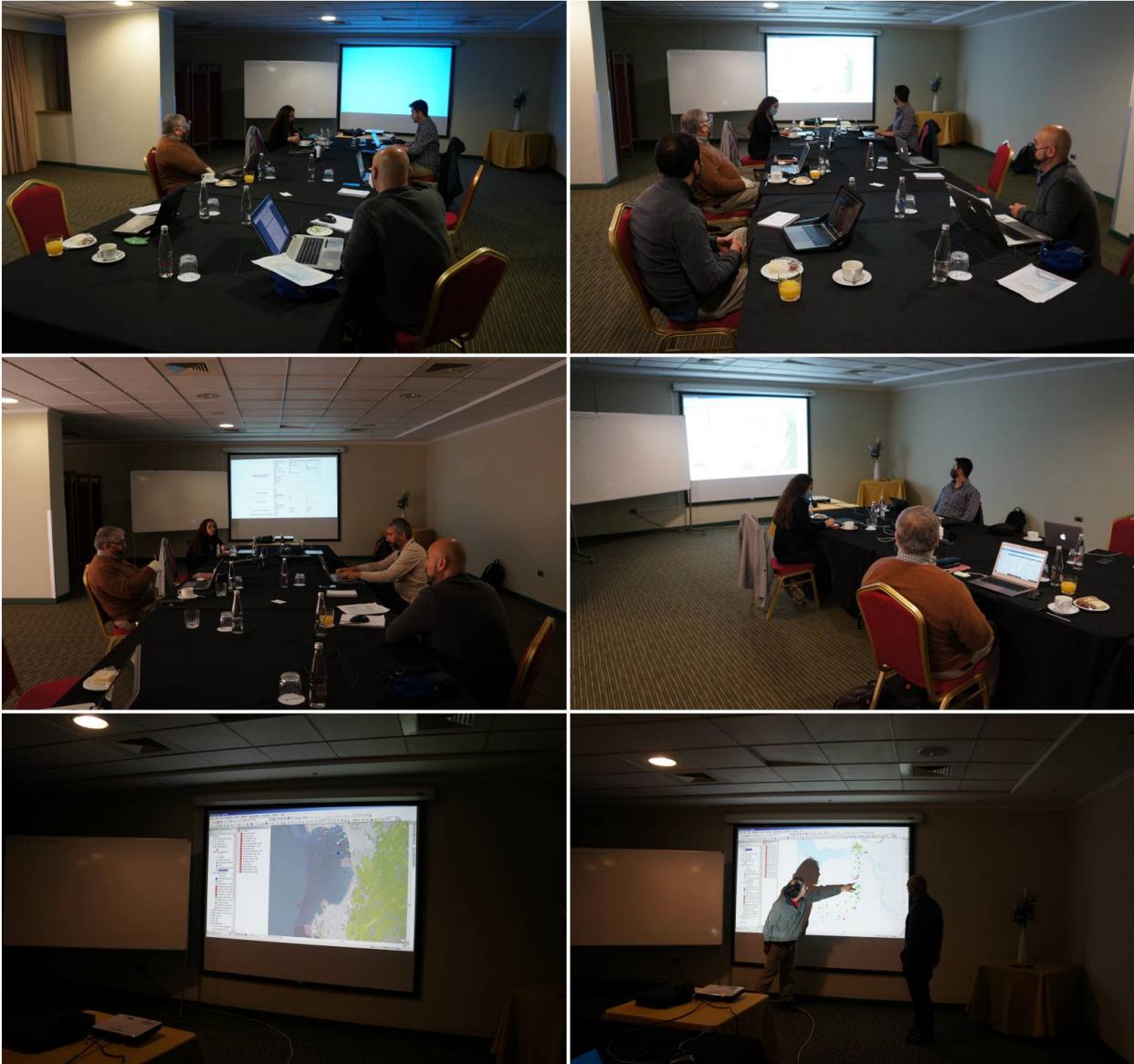


Figura 3b. Resumen fotográfico de taller de discusión efectuado en el contexto del Presente Proyecto.

5.2 OEa. Recopilar y sistematizar información de calidad de agua fisicoquímica, información biológica y otra disponible del Golfo de Arauco

5.2.1 Recopilación de información para análisis crítico

5.2.1.1 Recopilación de información de Informes de Vigilancia Ambiental en el Golfo de Arauco

En la **Tabla 1** se entrega una síntesis de la información disponible para las 21 Unidades Fiscalizables identificadas en el Golfo de Arauco, y sobre la cual se efectuaron los análisis que son presentados en este informe. Pese a que el énfasis en la recopilación estuvo asociada a sistematizar las campañas de los últimos 5 años, la información disponible presentó campañas entre los años 2007 y 2020. No obstante, la mayor parte de los datos se concentró entre los años 2015 y 2019.

Tabla 1. Resumen del número de campañas con información disponible de las unidades fiscalizables presentes en el Golfo de Arauco.

TITULARES	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
ENAP REFINERIAS SA (*)									2	2	2	2	2	
ESSBIO SAN PEDRO							2	2	2	2	2	2		
AGROINDUSTRIAS LOMAS COLORADAS									2	2	2	1		
FORESTAL Y PAPELERA CONCEPCION							2	2	1	2	2	2	2	
INMOBILIARIA E INVERSIONES POLYKARPO											3	2	2	
OXIQUIM							2	2	2	2	1	1	2	1
PESQUERA FIORDO AUSTRAL							2	2	2	2	2	2	2	
EWOS CHILE S.A.						1	2		1	1	1	2	2	
RICOFood SA									2	2	2	2	2	1
PTAS PARQUE INDUSTRIAL CORONEL							2	2	2	2	2	2	2	
CABO FROWARD							2	2	2	2	2	2	2	1
FOODCORP								2				1	2	1
PLANTA ORIZON PONIENTE							1	2	2			1	2	1
PESQUERA BAHIA CORONEL							2	2	2	2	2	1	2	1
PESQUERA CAMANCHACA								1	2	2	2	1	2	
COMPAÑÍA PUERTO CORONEL MUELLE NORTE								2	1	2	2	2	2	
COMPAÑÍA PUERTO CORONEL MUELLE SUR										2	1	1		
ENEL GENERACION CT-BOCAMINA 1-2											12	10	12	
SANTA MARIA COLBUN	1						1	2	1	3	2	1	2	
LOTA PROTEIN							1	2	2	2	2	2	2	1
INDUSTRIA ISLA QUIHUA (*)							3				4	4	4	
CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCION												1	4	

(*) Programas de calidad de agua se localizan fuera del Golfo de Arauco.

Se constata la ausencia de campañas previo al 2012 en todas las UF, exceptuando SANTA MARIA COLBUN para la cual se registró una campaña disponible del año 2007. El número de campañas disponibles por año osciló entre 1 y 2, salvo ENEL GENERACION CT-BOCAMINA 1-2 que presentó campañas mensuales y las UF INDUSTRIA ISLA QUIHUA y CELULOSA

ARAUCO Y CONSTITUCION que presentaron información trimestral. Adicionalmente, se constató que los programas de vigilancia ambiental de ENAP REFINERIAS BIOBIO y parte de la información presentada por INDUSTRIA ISLA QUIHUA, se localizan fuera de la zona del Golfo de Arauco, y, por lo tanto, no fueron considerados en los análisis posteriores (**Tabla 1**).

En la **Tabla 2**, se entrega el total de subcomponentes ambientales con información del medio marino disponible para los 21 proyectos de las 20 unidades fiscalizables ubicados dentro del Golfo de Arauco. Se destaca el caso de la UF COMPAÑÍA PUERTO CORONEL, que contiene con 2 proyectos, a saber: (i) Ampliación Muelle Norte Puerto de Coronel, Construcción Muelle de atraque y Construcción de Muelle granelero, que para efectos del presente documento se informa como COMPAÑÍA PUERTO CORONEL MUELLE NORTE y ;(ii) Dragado y vertimiento sitios 6 y 7 Muelle Sur Puerto Coronel denominado en el presente informe como COMPAÑÍA PUERTO CORONEL MUELLE SUR.

Se puede apreciar que los subcomponentes calidad de agua, sedimentos submareales y macrofauna submareal, son los que presentan un grado de transversalidad mayor, es decir que se analizan en prácticamente todos los programas. Por el contrario, matrices como fitoplancton, zooplancton, ictioplancton, productividad primaria, son analizados sólo en algunos casos. Se destaca el proyecto MAPA de CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCION que incorpora la evaluación de agua y sedimentos en los ríos Carampangue y Laraquete y calidad de organismos (análisis químico de tejidos) tanto para el ambiente submareal como intermareal.

Tabla 2. Transversalidad de las matrices analizadas para cada Programa de Seguimiento Ambiental en el Golfo de Arauco.

TITULARES	SECTOR	Hidrografía	Agua de mar	Agua Río	Sedimento submareal	Sedimento intermareal	Sedimento Río	Calidad Organismos Submareal	Calidad Organismos Intermareal	Fitoplancton	Zooplancton	Ictioplancton	Productividad Primaria	Macrofauna submareal	Macrofauna intermareal
ESSBIO SAN PEDRO	ESCUADRON	X	X		X										X
AGROINDUSTRIAS LOMAS COLORADAS	ESCUADRON	X	X		X	X									X X
FORESTAL Y PAPELERA CONCEPCION	ESCUADRON	X	X		X										X
POLYKARPO	ESCUADRON						X								X
OXIQUIM	ESCUADRON		X		X										X
PESQUERA FIORDO AUSTRAL	ESCUADRÓN	X	X		X	X									X X
EWOS CHILE S.A.	ESCUADRON	X	X		X	X									X X
RICOFood SA	ESCUADRON	X	X		X	X									X X
PTAS PARQUE INDUSTRIAL CORONEL	ESCUADRON	X	X		X	X									X X
CABO FROWARD	BAHÍA CORONEL	X	X		X										X
FOODCORP	BAHIA CORONEL	X	X		X	X									X X
PLANTA ORIZON PONIENTE	BAHIA CORONEL	X	X		X	X									X X
PESQUERA BAHIA CORONEL	BAHIA CORONEL	X	X		X	X			X	X					X X
PESQUERA CAMANCHACA	BAHIA CORONEL	X	X		X	X									X X
COMPAÑIA PUERTO CORONEL MUELLE NORTE	BAHIA CORONEL	X	X		X	X				X					X X
COMPAÑIA PUERTO CORONEL MUELLE SUR	BAHIA CORONEL	X	X		X				X	X					X
ENEL GENERACION CT-BOCAMINA 1-2	BAHIA CORONEL	X	X		X										X X
SANTA MARIA COLBUN	BAHIA CORONEL	X	X		X	X									X X
LOTA PROTEIN	BAHIA LOTA		X		X	X									X X
INDUSTRIA ISLA QUIHUA	BAHIA LOTA		X		X	X			X	X		X	X	X	X X X
CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCION	ARAUCO	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X			X X

De los 21 Programas de Vigilancia identificados para el Golfo de Arauco, existen programas que están asociados a más de una RCA. De acuerdo al tipo de industria, dentro del Golfo de Arauco se identificó 10 programas de vigilancia asociados del rubro alimentos; 2 del rubro forestal; 2 plantas de tratamiento de aguas servidas, 2 termoeléctricas, 2 portuarias, 1 industria química, 1 extracción de áridos. En la **Tabla 3**, se entrega una síntesis, de las Resoluciones de Calificación Ambiental que rigen el cumplimiento normativo de cada una de las unidades fiscalizables. Todas las bases de datos de los programas de vigilancia ambiental se entregan en el **Anexo Digital 01**.

Tabla 3. RCA que rigen los diferentes programas de vigilancia ambiental en Golfo de Arauco con información disponible en <https://snifa.sma.gob.cl/>.

TITULARES	RCA	NOMBRE PROYECTO
ESSBIO SAN PEDRO	356/2005	EMISARIO SUBMARINO SAN PEDRO ESSBIO
AGROINDUSTRIAS LOMAS COLORADAS	D.G.T.M. Y ORD. N° 12.600/05/839; R. Ex. 196/2002	CONSTRUCCION DE UNA CAÑERIA DE DESCARGA DE RESIDUOS LIQUIDOS DE AGROIND LOMAS COLORADAS
FORESTAL Y PAPELERA CONCEPCION	PVA Marino desde 1998; 013/2009 - R. Ex. 178/2011	FABRICACION PAPEL ONDA Y TESTLINER A PARTIR DE PAPELES Y CARTONES RECLICLADOS / REGULARIZACION SIST TRAT RILES PLANTA DAF
INMOBILIARIA E INVERSIONES POLYKARPO		EMPRESA DE EXTRACCION Y COMERCIALIZACION DE ARIDOS LLEU- LLEU LIMITADA
OXIQUM		AMPLIACION DE TERMINAL MARITIMO ESCUADRON OXIQUIM S.A
PESQUERA FIORDO AUSTRAL	077/2006	PLANTA DE TRATAMIENTO DE RILES
EWOS CHILE S.A.	DGTM Y MM Ordinario N°12600/99; 122/2005 - 256/2001	MODIFICACION DEL PROYECTO PLANTA DE TRATAMIENTO DE RILES DE EWOS CHILE S.A. / PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS INDUSTRIALES LIQUIDOS EWOS CHILE S.A.
RICOFOOD SA	212/2002	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE MAR
PTAS PARQUE INDUSTRIAL CORONEL	277/2012	REGULARIZACIÓN Y AMPLIACION DE CAPACIDAD DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS
CABO FROWARD		MUELLE PUCHOCO, CHOLLIN Y JURELES
FOODCORP	GM. ORDINARIO N° 12600/396; 358/2005 - 067/2007	LINEA DE CONGELADOS DE PESCADO / MODIFICACION DESCARGA DE RIL LIMPIO DE PLANTA CONGELADOS DESCARIFOOD
PLANTA ORIZON PONIENTE	GM. ORDINARIO N° 12600/396; 021/2006 - 301/2011	REGULARIZACION AMBIENTAL RECONSTRUCCION DE PROYECTO CONSOLIDADO EN ORIZON S.A./ SISTEMA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS LIQUIDOS
PESQUERA BAHIA CORONEL	GM. ORDINARIO N° 12600/396; 134/2005 - 180/2010 - 078/2018	SISTEMA DE DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS INDUSTRIALES LIQUIDOS / REGULARIZACION AMPLIACION DE PLANTA CONGELADOS / REGULARIZACION MODIFICACION SISTEMA DE TRATAMIENTO DE RILES Y EMISARIO SUBMARINO
PESQUERA CAMANCHACA	GM. ORDINARIO N° 12600/396; 080/2008 - 223/2005	PLANTA ELABORADORA DE HARINA CONSERVAS Y CONGELADOS DE PESCADO / INSTALACION GENERADORES ENERGIA ELECTRICA
COMPAÑÍA PUERTO CORONEL MUELLE NORTE		AMPLIACION MUELLE NORTE PUERTO DE CORONEL / CONSTRUCCIÓN MUELLE DE ATRAQUE / CONTRUCCÓN DE MUELLE GRANELERO
COMPAÑÍA PUERTO CORONEL MUELLE SUR		DRAGADO Y VERTIMIENTO SITIOS 6 Y 7 MUELLE SUR PUERTO CORONEL
ENEL GENERACION CT-BOCAMINA 1-2	128/2015 - 206/2007	AMPLIACION CENTRAL BOCAMINA - OPTIMIZACION CENTRAL BOCAMINA
SANTA MARIA COLBUN	176/2007	COMPLEJO TERMoeLECTRICO CORONEL
LOTA PROTEIN	180/2006	SISTEMA DE TRATAMIENTO DE RILES LOTA PROTEIN S.A. SITRALOTA
INDUSTRIA ISLA QUIHUA	101/2011 - 243/2003	REGULARIZACION AMBIENTAL RECONSTRUCCION INDUSTRIAS ISLA QUIHUA S.A.
CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCION	37/2014	MODERNIZACION AMPLIACION PLANTA ARAUCO

5.2.1.2 Recopilación de información de base de datos del POAL

La información recopilada de las bases de datos disponibles del Programa de Observación del Ambiente Litoral (POAL) presentó información para los cuerpos de agua de Coronel, Lota, Arauco y Tubul-Raqui. En el caso de Coronel y Lota, el POAL presentó registros de determinación de contaminantes desde el año 2001, mientras que para Arauco y Tubul-Raqui, la información disponible contenía registros desde los años 2005 y 2011, respectivamente. Las bases de datos integradas de este programa se entregan en el **Anexo Digital 01**.

5.2.1.3 Recopilación de información de base de datos del CEA 2016

Dentro de las bases de datos proporcionadas por el MMA, y sistematizadas en el informe CEA (2016), se encontró información del medio marino ubicada dentro de la zona de estudio, la cual fue sistematizada para efectos del presente proyecto. La información recopilada da cuenta de datos de calidad de agua y sedimentos entre los años 2007 a 2013, levantados por EULA (2014), y bases de datos asociadas al SEIA que contiene información para agua y sedimentos marinos recopilada entre los años 1992 y 2017, y que hacen referencia a DIAs y EIAs ubicadas dentro del Golfo de Arauco. Las bases de datos sistematizadas se entregan en el **Anexo Digital 01**.

5.2.1.4 Recopilación de información de base de datos del SEIA entre los años 2015-2020

Se recopiló el total de proyectos alojados en el sitio web del Sistema de Evaluación Ambiental (SEA) y que contaban con información del medio marino dentro del Golfo de Arauco. Del total de proyectos nuevos considerando DIAs y EIA, sólo 4 contenían información cuantificable del Golfo de Arauco, donde 3 de ellos corresponden a Declaraciones de Impacto Ambiental, y 1 de ellos corresponde a un Estudio de Impacto Ambiental. Las bases de datos sistematizadas a partir de esta fuente de información, son entregadas en el **Anexo Digital 01**.

5.2.1.5 Obtención de información territorial

El Golfo de Arauco es una zona donde confluyen usos territoriales diversos. Junto a las ya conocidas empresas que operan en el borde costero, también existen otros usos como la presencia de Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB) dentro del Golfo de Arauco, a saber: Maule, Lo Rojas A, Lo Rojas B, Pueblo Hundido, Lota Sector A, Entretunel, Colcura, Laraquete, Arauco Sector B, Arauco Sector A, Tubul Sector C, Tubul Sector B, Tubul Sector A, Punta Pichicui, Roca Fraile, Tubul Sector Punta Fraile, Llico Sector Punta Litre, Punta Lavapié, ubicadas en el sector continental del golfo; y las AMERB Pueblo Norte A, Pueblo Norte B, Pueblo Norte C, Esperanza, Punta Cadena, Los Partidos, Puerto Sur y Rada, ubicadas en Isla Santa María (**Figura 1**).

5.2.2 Recopilación de información desde publicaciones científicas

5.2.2.1 Catastro general de publicaciones científicas encontradas

A partir de la revisión efectuada, se desprende que existe un gran número de publicaciones científicas en el Golfo de Arauco y zonas cercanas. Nuestra revisión arrojó un total de 151 documentos, donde se incluyen investigaciones nacionales e internacionales y tesis académicas (**Tablas 4 y 5**). Cabe destacar que, del total de estudios recopilados, un 86% corresponde a publicaciones de libre acceso. En el **Anexo Digital 03** se entrega un repositorio con toda la bibliografía revisada de libre acceso y un índice de la revisión bibliográfica efectuada.

Tabla 4. Recopilación de publicaciones científicas analizadas para el Golfo de Arauco. Se incluyen investigaciones en sectores cercanos al área de estudio. Elaboración propia.

Paper/Tesis	Tema	Área estudio
Abarzúa et al 1995 IM	Oceanografía biológica	Golfo de Arauco
Aguirre et al 2010 CSR	Geofísica - Oceanog física	Chile centro-sur
Ahumada 1991 RBM	Oceanografía química	Bahía de Concepción
Ahumada 1994 RBM	Toxicología - Bioensayo	Bahía San Vicente
Ahumada et al 2004 EMA	Contaminación marina	Bahía Lota
Altamirano-Chovar et al 2006 BECT	Toxicología - Bioensayo	Chile centro-sur
Anabalón et al 2007 PO	Oceanografía biológica	Golfo de Arauco
Aránguiz 2012 CEP	Geofísica - Oceanog física	Golfo de Arauco
Aránguiz et al 2020 IJDRR	Geofísica - Oceanog física	Llico
Barrios-Guerra 2004 RECT	Contaminación marina	Región del Biobío
Basualto et al 1992 RBM	Oceanografía biológica	Golfo de Arauco
Bernhardt et al 2015 GP	Geofísica - Oceanog física	Cañon rio Biobío
Bertrán et al 2001 RCHHN	Ecología	Estuario rio Biobío
Blanco 1984 Tesis	Geofísica - Oceanog física	Talcahuano
Brandhorst 1971 RBM	Geofísica - Oceanog física	Bahía de Concepción
Bravo et al 2013 JGRO	Geofísica - Oceanog física	Bahía de Concepción
Bustamante 2006 Tesis	Ecología	Región del Biobío
Carrasco & Gallardo 1983 IRH	Ecología	Golfo de Arauco
Carrasco et al 1990 CBM	Ecología	Bahía de Concepción
Carrasco-Lagos Seminario	Conservación	Humedal Tubul-Raqui
Carrasco-Lagos Tesis	Conservación	Humedal Tubul-Raqui
Carrera et al 1993 RBM	Geoquímica marina	Bahía de Concepción
Castro et al 1993 JPR	Oceanografía biológica	Golfo de Arauco
Castro et al 2007 PO	Oceanografía biológica	Golfo de Arauco
Castro et al 2010 MEPS	Pesquerías	Talcahuano
Contreras 2017 Tesis	Geofísica - Oceanog física	Golfo de Arauco
Contreras et al 2007 PO	Geoquímica marina	Chile central
Cornejo et al 2006 MC	Oceanografía química	Chile centro-sur
Daneri et al 2012 PO	Oceanografía biológica	Bahía de Concepción
Daniel et al 2013 ECSS	Oceanografía química	Estuario Tubul-Raqui
De Gregori et al 1994 TSTE	Toxicología - Bioensayo	Golfo de Arauco
Díaz-Ochoa & Pantoja 2014 GJ	Geoquímica marina	Chile centro-sur
Djurfeldt 1989 CSR	Geofísica - Oceanog física	Golfo de Arauco
Escribano & Schneider 2007 PO	Geofísica - Oceanog física	Chile centro-sur
Farías et al 2000 RGCH	Geoquímica marina	Bahía de Concepción
Farías et al 2004 DSRII	Geoquímica marina	Bahía de Concepción
Farías et al 2015 ERL	Oceanografía química	Chile centro-sur
Faúndez-Báez et al 2001 RCHHN	Geofísica - Oceanog física	Chile centro-sur
Fernández et al 2000 RCHHN	Conservación	Costa de Chile
Figueroa & Moffat 2000 JGL	Geofísica - Oceanog física	Costa de Chile
Flores-Leiva et al 2013 PO	Oceanografía química	Chile centro-sur
George_Nascimento & Carvajal 1981 BCHP	Zoología marina	Golfo de Arauco
Gómez et al 2018 JCR	Geofísica - Oceanog física	Golfo de Arauco
González et al 1987 RCHHN	Oceanografía biológica	Bahía de Concepción
González et al 1989 JPR	Oceanografía biológica	Bahía de Concepción
González et al 1998 BECT	Contaminación marina	Golfo de Arauco
González et al 2002 BECT	Oceanografía química	Golfo de Arauco
González et al 2007 PO	Oceanografía biológica	Chile centro-sur
Graco et al 2006 AG	Oceanografía biológica	Bahía de Concepción
Grob et al 2003 GY	Geofísica - Oceanog física	Chile centro-sur
Gutiérrez et al 2012 OG	Geoquímica marina	Bahía de Concepción
Gutiérrez et al 2017 FE	Ecología	Bahía de Concepción
Guzmán & Aránguiz 2017 Tesis	Geofísica - Oceanog física	Golfo de Arauco
Hernández et al 1998 RCHHN	Ecología	Bahía San Vicente
Hernández et al 2000a BECT	Toxicología - Bioensayo	Golfo de Arauco
Hernández et al 2008 JCQS	Oceanografía química	Golfo de Arauco
Hernández et al 2011 RBMO	Pesquerías	Golfo de Arauco
Hidalgo 2017 Tesis	Geoquímica marina	Bahía Coronel
Iriarte & Bernal 1990 SM	Oceanografía biológica	Golfo de Arauco
Iriarte et al 2012 PO	Oceanografía biológica	Bahía de Concepción
Isla et al 2012 JCR	Paleoceanografía	Golfo de Arauco
Jacob et al 2018 PO	Oceanografía biológica	Sistema Corrientes de Humboldt

Paper/Tesis	Tema	Área estudio
Jesse et al 2011 CSR	Paleoceanografía	Isla Mocha
Krautz et al 2013 MB	Oceanografía biológica	Bahía Coliumo
Krautz et al 2017 MER	Oceanografía biológica	Sistema Corrientes de Humboldt
Landaet & Castro 2006 FR	Pesquerías	Golfo de Arauco
Landaeta & Castro 2002 MEPS	Pesquerías	Talcahuano
Landaeta & Castro 2012 PO	Pesquerías	Chile central
Landaeta & Castro 2013 JMBAUK	Pesquerías	Chile centro-sur
Landaeta et al 2006 JMBAUK	Pesquerías	Chile centro-sur
Landaeta et al 2008 RBMO	Pesquerías	Chile central
Lario et al 2016 GM	Geología	Golfo de Arauco
Le Roux & Elgueta 1997 SG	Paleoceanografía	Cuenca de Arauco
Leal et al 2009 GY	Pesquerías	Costa de Chile
Leonardi & Tarifeño 1996 RBM	Toxicología - Bioensayo	Bahía de Concepción
Leth & Middleton 2006 JGR	Geofísica - Oceanog física	Chile central
Leth & Shaffer 2001 JGR	Modelación	Chile central
Linacre & Palma 2004 IM	Oceanografía biológica	Bahía de Concepción
Llanos-Rivera et al 2013 JMBAUK	Pesquerías	Bahía Coliumo
Mancilla et al 2009 HB	Ecología	Chile central
Martínez 2014 TE	Conservación	Región del Biobío
Martínez et al 2012 RGNG	Geología	Caleta Tubul
Mesias et al 2001 JGR	Modelación	Chile central
Mesias et al 2003 JGR	Modelación	Chile central
Montero et al 2007 PO	Oceanografía biológica	Chile centro-sur
Montes & Quiñones 1999 RCHHN	Pesquerías	Chile centro-sur
Morales et al 2007 PO	Oceanografía biológica	Bahía de Concepción
Muñoz & Salamanca 2001 GY	Geoquímica marina	Bahía de Concepción
Muñoz et al 2001 BHP	Pesquerías	Golfo de Arauco
Orejás et al 2000 JSR	Oceanografía biológica	Bahía Coliumo
Pages et al 2001 MEPS	Oceanografía biológica	Sistema Corrientes de Humboldt
Palma 1994 IM	Pesquerías	Chile centro-sur
Palma et al 2007 GYB	Botánica marina	Bahía de Concepción
Pantoja et al 2011 BD	Geoquímica marina	Chile centro-sur
Paolini et al 2004 GY	Geofísica - Oceanog física	Punta Lavapié
Parada et al 2001 IM	Geofísica - Oceanog física	Golfo de Arauco
Parada et al 2012 PO	Pesquerías	Chile central
Picarte et al 1996 RBM	Geofísica - Oceanog física	Golfo de Arauco
Pineda et al 1997 VIIIICGC	Geofísica - Oceanog física	Cañón río Biobío
Pozo et al 2013 MPB	Contaminación marina	Estuario de Lengua
Quezada et al 2009 CGCH	Geología	Golfo de Arauco
Rain-Franco et al 2019 PO	Oceanografía química	Chile centro-sur
Retamal 1970 BSBC	Pesquerías	Provincia de Concepción*
Roa & Tapia 1998 MEPS	Oceanografía biológica	Golfo de Arauco
Roa & Tapia 2000 MEPS	Oceanografía biológica	Chile central
Rodrigo et al 2009 MGR	Geofísica - Oceanog física	Golfo Arauco - Valdivia
Rudolph et al 2002 BSCHQ	Geoquímica marina	Bahía de Concepción
Ruiz & Figueroa 2006 GY	Pesquerías	Golfo de Arauco
Saavedra et al 2014 LAJAR	Geoquímica marina	Chile central
Salamanca & Camañaño 1994 GYO	Contaminación marina	Marisma Rocuant
Salamanca et al 1986 MPB	Geoquímica marina	Golfo de Arauco
Saldías & Lara 2020 RSMs	Modelación	Chile centro-sur
Saldías et al 2012 RSE	Geofísica - Oceanog física	Chile central
Saldías et al 2016 PO	Geofísica - Oceanog física	Chile centro-sur
Sánchez et al 2008 CSR	Geoquímica marina	Chile central
Sánchez et al 2009 GYB	Paleoceanografía	Golfo de Arauco
Sánchez et al 2012 PO	Paleoceanografía	Chile central
Sandoval et al 2019 ECSS	Geofísica - Oceanog física	Humedal Tubul-Raqui
Sellanes et al 2011 ECSS	Geoquímica marina	Isla Mocha
Shaffer et al 1999 JGR	Geofísica - Oceanog física	Chile central
Sobarzo 2004 JGR	Geofísica - Oceanog física	Chile central
Sobarzo et al 1997 ECSS	Geofísica - Oceanog física	Bahía de Concepción
Sobarzo et al 2001 CSR	Geofísica - Oceanog física	Chile central
Sobarzo et al 2007a PO	Geofísica - Oceanog física	Chile central
Sobarzo et al 2007b PO	Geofísica - Oceanog física	Chile central
Sobarzo et al 2010 CSR	Geofísica - Oceanog física	Chile central
Sobarzo et al 2012 CSR	Geofísica - Oceanog física	Chile central
Sobarzo et al 2016 JGR	Geofísica - Oceanog física	Chile central
Soto-Mendoza et al 2012 PO	Pesquerías	Chile centro-sur
Soto-Riquelme Tesis	Geofísica - Oceanog física	Chile central
Srain et al 2015 BG	Paleoceanografía	Chile centro-sur
Srain et al 2015 GY	Oceanografía química	Bahía de Concepción
Srain et al 2020 FMS	Oceanografía química	Chile central
Tarifeño et al 2012 GY	Pesquerías	Bahía de Concepción
Testa 2017 Tesis	Oceanografía biológica	Chile centro-sur
Thiel et al 2007 OMBAR	Geofísica - Oceanog física	Chile central
Urrutia et al 1995 CTM	Geofísica - Oceanog física	Golfo de Arauco
Valdovinos et al 2010 SH	Conservación	Humedal Tubul-Raqui
Valle-Leevinson & Atkinson 2003 JGR	Geofísica - Oceanog física	Golfo de Arauco
Valle-Levinson et al 2004 DSR	Geofísica - Oceanog física	Bahía de Concepción
Vargas et al 2007 LO	Oceanografía química	Chile centro-sur
Vargas et al 2013 AMB	Oceanografía química	Bahía de Concepción
Vargas et al 2016 JGRB	Oceanografía química	Bahía de Concepción
Vásquez et al 2015 MFR	Oceanografía química	Chile centro-sur
Vergara 2018 Tesis	Modelación	Chile centro-sur
Vergara et al 2016 CSR	Modelación	Chile centro-sur
Victoriano et al 2006 GY	Zoología marina	Región del Biobío
Völker et al 2012 IJES	Geofísica - Oceanog física	Chile centro-sur
Yannicelli 2005 Tesis	Oceanografía biológica	Chile central
Yannicelli et al 2006 JPR	Oceanografía biológica	Golfo de Arauco
Yannicelli et al 2006 MEPS	Oceanografía biológica	Chile centro-sur

En términos generales, se registró un total de 13 temas de investigación asociados con: i) botánica marina, ii) zoología marina, iii) conservación, iv) geología, v) modelación, vi) ecología, vii) paleoceanografía, viii) contaminación marina (donde se incluyen estudios de toxicología y bioensayos), ix) geoquímica marina, x) oceanografía química, xi) pesquerías, xii) oceanografía biológica y xiii) geofísica y/u oceanografía física (**Tabla 5**). Del análisis, se desprende que el mayor número de publicaciones se centra en estudios de geofísica y oceanografía física, con un aporte del 25,8% del total de estudios recopilados, seguido de estudios de oceanografía biológica (que en su mayoría se asocian con procesos físicos dentro del Golfo) y pesquerías, con un 17,2% y 11,9% respectivamente. Contrariamente, se encontró un bajo número de publicaciones (1 o 2) asociadas con botánica y zoología marina.

Tabla 5. Número de publicaciones científicas por tema de investigación para el área de estudio del Golfo de Arauco. Elaboración propia.

ID	Tema de Investigación	Número	%
1	Botánica marina	1	0,7
2	Zoología marina	2	1,3
3	Geología	3	2,0
4	Conservación	5	3,3
5	Modelación	6	4,0
6	Paleoceanografía	6	4,0
7	Ecología	7	4,6
8	Contaminación-Toxicología - Bioensayo	10	6,6
9	Geoquímica marina	14	9,3
10	Oceanografía química	14	9,3
11	Pesquerías	18	11,9
12	Oceanografía biológica	26	17,2
13	Geofísica - Oceanog física	39	25,8

5.2.2.2 Catastro general de informes técnicos encontrados

En cuanto al análisis de informes técnicos, se recopiló un total de 44 documentos, donde se incluyen estudios realizados por universidades y empresas privadas que operan en el borde costero dentro del Golfo de Arauco y zonas aledañas (**Tabla 6**). El listado de archivos y los documentos revisados se entregan en el **Anexo Digital 03**.

Tabla 6. Recopilación de informes técnicos analizada para el Golfo de Arauco. Se incluyen estudios en sectores cercanos al área de estudio. Elaboración propia.

Informe	Institución	Área estudio	Tema
Alarcón et al 2012	Municipalidad de Coronel	Humedal Boca Maule	Conservación
Andrade et al 2010	OIKOS CHILE S.A.	Región del Biobío	Calidad ambiental
Aquambiente 2003	Aquambiente	Golfo de Arauco	Calidad ambiental
ASSINSUB 2008	ASSINSUB	Sur del Golfo de Arauco	Calidad ambiental
Ávila et al 2005	IFOP	Provincia de Arauco	Pesquerías
Castillo et al 2012 FIP N°2011-07	IFOP	Región del Biobío	Pesquerías
Castro et al 1997 FIP N°96-11	UDEC	Chile central	Pesquerías
Castro et al 1997 FIP N°97-11	UDEC	Chile central	Pesquerías
CEA 2006	CEA	Humedal Tubul-Raqui	Conservación
CEA 2016	CEA	Bahía Coronel	Calidad ambiental
CRUBC 2006	CRUBC	Región del Biobío	Geología
Cubillos et al 2003 FIP N°2002-14	INPESCA	Región del Biobío	Pesquerías
Cubillos et al 2005 FIP N°2004-03	DOCE-UDEC	Región del Biobío	Pesquerías
Cubillos et al 2006	DOCE-UDEC	Golfo de Arauco	Pesquerías
Daneri et al 2007 FIP N°2005-01	DOCE-UDEC	Región del Biobío	Oceanografía
Escribano et al 2006 FIP N°2004-20	DOCE-UDEC	Región del Biobío	Oceanografía
Espinoza et al 2017	UCSC	Arauco	Calidad ambiental
EULA 2009	EULA-UDEC	Golfo de Arauco	Modelación
EULA 2014 ID608897-98LE13	EULA-UDEC	Golfo de Arauco	Calidad ambiental
Farías et al 2008 FIP N°2006-12	DOCE-UDEC	Región del Biobío	Oceanografía
Figuroa & Furet 2004	EGA-INPESCA	Bahía Coronel	Modelación
Figuroa et al 2003	EGA	Escuadrón	Modelación
Fuentes 2013	-	Humedal Boca Maule	Conservación
Hernández et al 2007	HOLON	Bahía San Vicente	Pesquerías
Hernández et al 2016	ODIVERS	Cobquecura - Punta Morgüilla	Pesquerías
Hernández et al 2018	ODIVERS	Provincia de Arauco	Pesquerías
Hernández et al 2019	HOLON	Escuadrón	Modelación
INPESCA 2018	INPESCA	Bahía Coronel	Calidad ambiental
Lépez et al 1997 FIP N°95-20A	UDEC	Región del Biobío	Pesquerías
Melo et al 2005 FIP N°2004-19	UCV	Bahía Concepción - Punta Lavapié	Pesquerías
MMA 2016	MMA	Región del Biobío	Conservación
MMA 2017	Seremi Medio Ambiente/ Gobierno Regional	Región del Biobío	Conservación
MMA 2018	MMA	Coronel	Conservación
Niemeyer, 1980	DGA	Región del Biobío	Hidrología
Roa et al 1997	DOCE-UDEC	Golfo de Arauco	Pesquerías
Roa et al 1998	DOCE-UDEC	Región del Biobío	Pesquerías
Roa et al 1999	DOCE-UDEC	Región del Biobío	Pesquerías
Sánchez et al 2003 FIPN°2002-26	MARES CHILE	Golfo de Arauco	Pesquerías
SODEPAR 2018	SODEPAR	Tubul - Puerto Yana	Pesquerías
Tapia et al 2010 FIP N°2008-20	DOCE-UDEC	Región del Biobío	Oceanografía
Urrutia & Iara 2008	EULA-UDEC	Humedal Tubul-Raqui	Conservación
Vera 2010	-	Sur de Laraquete	Arqueología
Yañez 2009	-	Tubul-Raqui	Conservación

Se registró un total de 8 temas de investigación asociados con: i) arqueología, ii) hidrología, iii) geología, iv) modelación, v) oceanografía, vi) calidad ambiental, vii) conservación y viii) pesquerías (**Tabla 7**). Del análisis se observa que la mayoría de los informes está enfocada en estudios de pesquerías, con un aporte cercano al 39%, seguido de estudios de conservación (20,5%) y calidad ambiental (16%).

Tabla 7. Número de informes técnicos por tema de investigación para el área de estudio del Golfo de Arauco. Elaboración propia.

ID	Tema de investigación	Número	%
1	Arqueología	1	2,3
2	Hidrología	1	2,3
3	Geología	1	2,3
4	Modelación	4	9,1
5	Oceanografía	4	9,1
6	Calidad ambiental	7	15,9
7	Conservación	9	20,5
8	Pesquerías	17	38,6

En síntesis, de acuerdo con análisis derivado de publicaciones científicas y documentos técnicos, se revela que existe un gran número de información que sirve de insumo para describir con mayor detalle el área de estudio.

La caracterización del estado de conocimiento del Golfo de Arauco se entrega en el **Anexo 2**. A partir de este análisis se desprende que, el área de estudio corresponde al mayor sistema semicerrado de la zona centro de Chile. En su extremo occidental se encuentra ubicada la isla Santa María, la que genera dos entradas de agua, la Boca Grande y la Boca Chica, ambas relacionadas con la circulación oceánica dentro del Golfo de Arauco.

La dinámica de la circulación al interior del Golfo de Arauco presenta un patrón de corrientes altamente variable, donde los forzantes como el viento, la marea y la influencia de agua dulce participan en diferentes grados de influencia. Adicionalmente se registra un marcado gradiente costa-océano, asociado a condiciones favorables a la surgencia costera, durante primera-verano, mientras que el invierno el Golfo recibe un importante aporte de agua dulce proveniente del río Biobío, produciendo una fuerte estratificación en los primeros 10-20 m de la superficie, el cual influencia la circulación submareal.

La presencia del cañón del Biobío en el sector norte del Golfo de Arauco, tiene un rol en el intercambio de agua subsuperficial y cercanas al fondo desde la zona oceánica hacia la costa.

Eventos de enfriamientos subsuperficiales durante invierno que no es observado en verano (con vientos favorables a la surgencia), sugiere que el cañón del Biobío es un conducto para el transporte perpendicular hacia la costa de aguas frías, ricas en nutrientes y bajas concentraciones de oxígeno que se extenderían hacia la plataforma continental. Este fenómeno sería producido más bien por el paso de ondas atrapadas a la costa que por el viento favorable a la surgencia.

Un esquema de la circulación superficial y de fondo dentro del Golfo de Arauco durante evento de viento favorable a la surgencia, indica un flujo persistente que ingresa al golfo por la parte profunda de la Boca Grande con dirección hacia el sur, que se caracteriza por adveccionar aguas frías y de baja concentración de oxígeno característico del agua surgente en la región.

Por otra parte, Punta Lavapié y el sector frente a Isla Santa María se caracterizan por ser focos importantes de surgencia costera, donde la capa superficial es transportada costa afuera, debido a forzantes físicos como el viento. Además, esta zona se caracteriza por presentar alta actividad de remolinos de mesoescala. La formación de plumas de surgencia y transporte de masas de agua adveccionada por la surgencia costera son las responsables de la productividad del Golfo, registrando altas y variables concentraciones de clorofila-a, alcanzando una de las tasas de producción primaria más altas de las costas frente a Chile, produciendo una alta heterogeneidad en el patrón de distribución de la biomasa planctónica.

La composición del zooplancton en la zona de estudio permite establecer que los grupos constituyentes de mayor importancia son los representados por el holoplancton (principalmente copépodos y eufáusidos) y meroplancton (estadios larvales de crustáceos decápodos y huevos y larvas de peces).

El Golfo de Arauco representa un importante centro de desove y de retención de larvas de especies pelágicas y bentónicas de importancia comercial, como la anchoveta sardina común, machuelo, mote, pampanito, lenguado de ojos grandes y merluza común, además de crustáceos como langostino colorado, langostino amarillo, jaiba peluda, y jaiba limón; y moluscos bivalvos como macha, navajuela, huepo y taca.

En cuanto a la variabilidad geoquímica, se registra que el contenido de nutrientes en la columna de agua presenta una variabilidad estacional dentro del Golfo, destacando un mayor contenido de nitritos y silicatos en invierno, asociado al aporte fluvial por parte del río Biobío. Los metales,

como Cu, Cd y Cr presentan mayores niveles el sector norte de la bahía de Coronel, Escuadrón y San Pedro de la Paz, mientras que las menores concentraciones se registran en el sector de Arauco.

Cabe destacar que este sistema concentra una importante actividad urbana, pesquera e industrial. Debido al aumento de las actividades antropogénicas, esta zona recibe un flujo constante de residuos, provenientes de emisarios industriales y domésticos situados en la costa.

La modelación numérica ha sido una técnica ampliamente utilizada para evaluar el comportamiento de emisiones y de la dinámica oceánica de sistemas costeros. Dentro del Golfo se han realizado estudios de modelación oceánica empleando el modelo POM y ROMS. Este último puede generar un modelo anidado con otros modelos de dispersión lagrangiana para simular emisiones de contaminantes y plumas de descarga de efluentes.

Por otro lado, la evaluación de plumas de ríos, por medio de percepción remota ha tomado gran importancia estos últimos años, debido a que las plumas de ríos aportan una amplia variabilidad de partículas que podrían influir en procesos físicos, productividad y biogeoquímicos de la columna de agua. En particular, la pluma del río Biobío presenta una alta variabilidad estacional, registrando una gran extensión en invierno y una pluma mas reducida en primavera-verano.

La transferencia de estos compuestos hacia matrices de agua, sedimentos u organismos posee una gran relevancia ecológica y toxicológica. Una herramienta importante para evaluar el grado de contaminación o toxicidad son los ensayos de bioacumulación a nivel de campo y/o laboratorios (bioensayos).

Entre los organismos que han sido utilizados como bioindicadores de contaminación marina dentro del sistema de estudio, se encuentran las especies de fondos blandos, como moluscos bivalvos y crustáceos, evaluando principalmente el contenido de metales (principalmente, Cu, Cd, Zn y Pb) sus tejidos, para determinar el estado del cuerpo receptor, en donde ocurren los procesos de vertido de residuos líquidos por parte de empresas que operan en el borde costero. En particular, existe un desconocimiento sobre la dinámica de los metales pesados en relación con la bioacumulación por parte de organismos y su acceso al medio en la zona del Golfo de Arauco.

En cuanto a la biodiversidad y conservación, destaca la presencia de humedales, considerados uno de los ecosistemas mas importantes del planeta. De acuerdo con el catastro de humedales marino/costeros, se registra un total de 8 humedales insertos dentro del área de estudio, a saber: Lengua, Desembocadura río Biobío, Boca Maule, Colcura, Chivilingo, Barrio Pescador, Locobe y Tubul-Raqui.

En cuanto a su biodiversidad, los humedales mas importantes en las costas del área de estudio corresponden a Boca Maule y Tubul-Raqui, ubicados en el sector norte y sur del Golfo de Arauco. En ambos ecosistemas destaca la gran riqueza y diversidad de avifauna debido a que corresponden a uno de los sitios de nidificación y refugio para numerosas especies de aves; tanto residentes como migratorias.

5.3 OEb. Seleccionar mediante análisis crítico la información con calidad suficiente para ser considerada en el diseño de una futura norma de calidad secundaria para la protección de las aguas del Golfo de Arauco

En los numerales siguientes, se entrega el análisis crítico del total de información recopilada para el Golfo de Arauco, tendiente a determinar si los datos recabados poseen la calidad suficiente para ser incorporados en una futura Norma Secundaria de Calidad Ambiental (NSCA) para el Golfo de Arauco.

5.3.1 Base de datos de Programas de Vigilancia Ambiental

5.3.1.1 Análisis general

En la **Figura 4**, se entrega la ubicación espacial de los 21 Programas de Vigilancia Ambiental con información disponible a través de SNIFA. En términos generales, se aprecia que estos programas son en general muy costeros, asociados principales a sus puntos de descarga de RILes, excepto el Programa de Vigilancia Ambiental de CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCIÓN que presenta una mayor cobertura espacial a nivel submareal e intermareal. Se observa una mayor concentración de programas de monitoreo en las zonas de Escuadrón, Bahía Coronel y Bahía Lota, mientras que, en sección sur del Golfo de Arauco, entre las localidades de Arauco y hasta Punta Lavapié, no se identificaron UF con actividades que conlleven a programas de monitoreo. Del mismo modo, en Isla Santa María tampoco existen actividades industriales que generen programas de monitoreo.

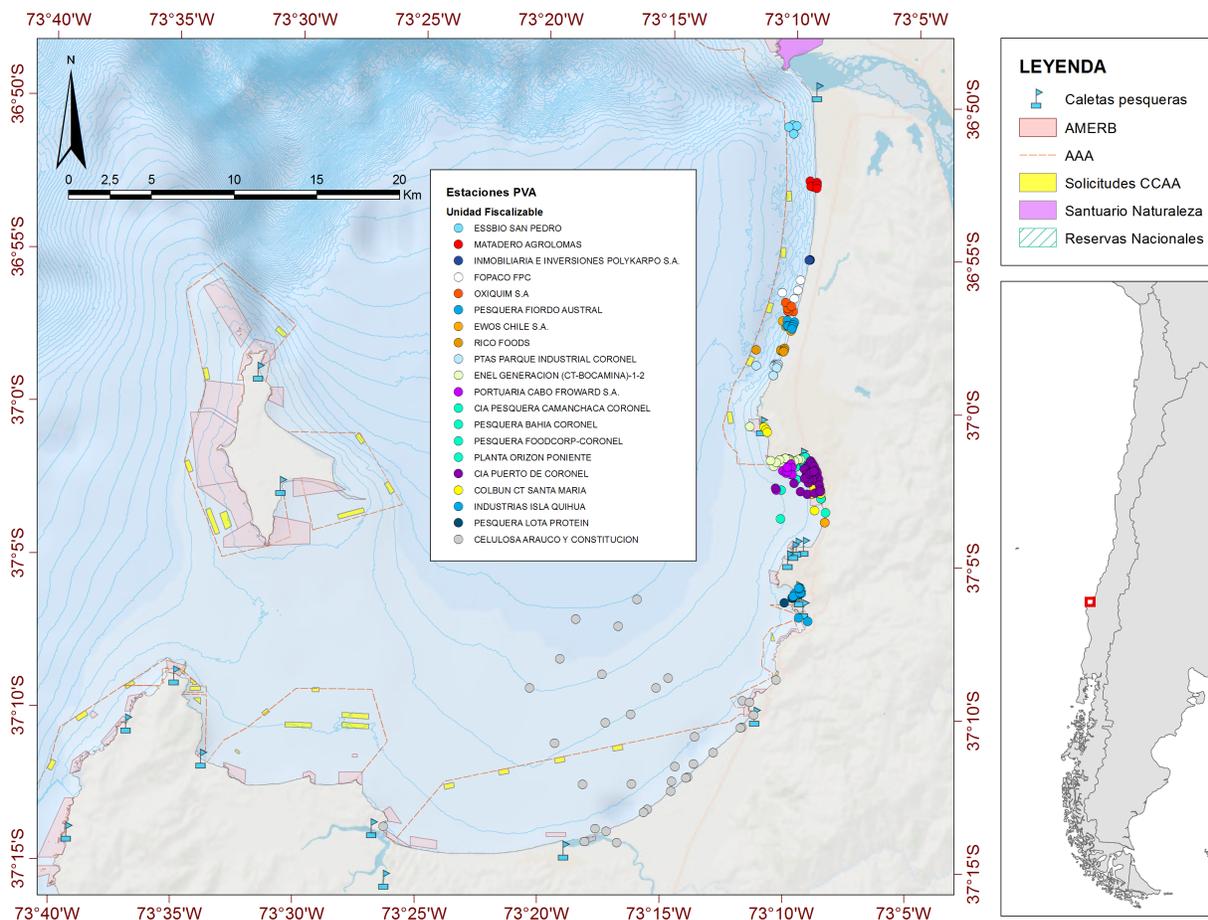


Figura 4. Programas de Vigilancia dentro del Golfo de Arauco. Elaboración propia a partir de información de SNIFA.

En el **Anexo 3** se entrega el glosario de siglas utilizadas para identificar los parámetros utilizados en los PVA, y en el **Anexo 4** se entrega el análisis estadístico de cada Programa de Monitoreo independientemente. A partir de este análisis se desprende que, la disposición de las estaciones de monitoreo, las matrices que son analizadas en cada programa de seguimiento, y del número de campañas con información disponible, dan cuenta de una gran variabilidad de la información recopilada y de la existencia de diferencias espacio temporales detectadas para cada UF independientemente. Adicionalmente, para las pesqueras FOODCORP, PLANTA ORIZON PONIENTE, PESQUERA BAHIA CORONEL y PESQUERA CAMANCHACA, se observó la existencia de un sólo monitoreo, el cual es utilizado para generar los informes de vigilancia ambiental para las 4 plantas pesqueras, lo cual reduce la cantidad de información disponible desde los PVA.

5.3.1.2 *Análisis descriptivo por tipo de parámetros y matriz*

Para realizar el análisis crítico de los parámetros, métodos y límites de detección, se agruparon los parámetros en 4 categorías

1. Hidrografía: se comparan la medición de los parámetros obtenidos a partir de los instrumentos oceanográficos, otros sensores en agua y transparencia.
2. Agua: se analizan todos los parámetros informados en columna de agua submareal como intermareal.
3. Sedimentos: considera todos aquellos parámetros químicos analizados para los sedimentos superficiales en el ambiente intermareal como submareal.
4. Mediciones *in situ* en sedimentos, esta última incorpora todas las mediciones electroquímicas realizadas en sedimentos submareales e intermareales.

Adicionalmente, los parámetros analizados en columna de agua y sedimentos fueron divididos en 7 clases de acuerdo con su origen o función, lo que permiten establecer la orientación del monitoreo marino y la trazabilidad de los parámetros entre ellas.

1. Parámetros de descarga: Son mediciones físico químicas utilizadas en control operacional de RILes industriales, son análisis muy generales que no permiten establecer el origen, influencia o impacto de una descarga en el medio receptor.
2. Compuestos orgánicos: Son sustancias que contienen una estructura conformada por átomos de carbono, existe una amplia gama desde origen natural y antropogénicos, dependiendo de su toxicidad y persistencia. Los de mayor interés son aquellos que no biodegradables y altamente tóxicos como los POPs (Persistent Organic Pollutan).
3. Nutrientes: Son compuestos y elementos de fácil adsorción y degradación, que favorecen el desarrollo de las comunidades biológicas y por lo tanto son un importante factor en la regulación de los ciclos biológicos.

4. Iones: provienen de la disolución de las sales y de la degradación de la materia orgánica, están estrechamente relacionados con la salinidad, conductividad y pH, además de fundamentales para los procesos biogeoquímicos que ocurren en el mar.
5. Metales: están presentes a nivel traza y ultra traza en los sistemas marinos, provienen de múltiples fuentes y pueden ser tóxicos, persistentes y biocumulables en la biota.
6. Biológicos: son parámetros que cuantifican la concentración de microorganismos como un indicador de calidad biológica y química de las aguas.
7. Físico Químicos: Análisis asociados a la caracterización de los sedimentos superficiales, que dan cuenta del ambiente depositario sobre el cual ha sido tomada la muestra.

5.3.1.2.1 Hidrografía

Las mediciones de los principales parámetros hidrográficos que son informados por los programas de vigilancia ambiental de las UF del Golfo de Arauco, han sido medidos a través de sondas hidrográficas de mediciones continuas (YSI, CTO-O), electrodos específicos, sensores multiparámetro. Dentro de estas mediciones se informan la Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$), Densidad ($\sigma\text{-t}$), Oxígeno Disuelto (mg/L), Salinidad (PSU), Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), Saturación de Oxígeno (%), obtenidos en todos los casos mediante sondas hidrográficas del tipo CTD-O, en tanto que la Turbidez (NTU) y Fluorescencia (μL) son medidos mediante sensores accesorios al CTD informado. El Potencial de Hidrogeno (unidades pH) y Potencial Redox (mV) corresponden a mediciones in situ a través de muestras discretas obtenidas desde la columna de agua. Por último, la medición de Transparencia (m) fue realizada en todos los casos con Disco Secchi.

El cumplimiento ETFA para los parámetros incorporados en la categoría “hidrográficos” alcanza al 74%, donde los incumplimientos están asociados principalmente a la medición de Saturación de Oxígeno y Transparencia por parte de todas las UF que lo realizan, lo cual puede estar relacionado con la relativamente reciente autorización de estos alcances.

La transversalidad de los parámetros hidrográficos se presenta en la **Tabla 8**, de la cual se observa que el Oxígeno disuelto es el único parámetro trazable para todas las unidades fiscalizables, en tanto que, pH, temperatura, densidad y transparencia alcanzan entre un 94% a 63 % de trazabilidad.

En cuanto a las unidades utilizadas existe diferencias entre en el registro informado para la densidad, encontrándose como sigma-t a kg/m³ y lo mismo ocurre con los datos de oxígeno disuelto que es informado en ml/L y mg/L. No es posible evaluar la calidad de los límites de detección (LD), dado que ningún registro informados mediante la sonda hidrográfica (CTD-O) informan LD, lo mismo ocurre en el caso de los sensores pH, redox, fluorescencia y turbidez. Solo los datos de transparencia son informados con un LD de 0,5 m.

Tabla 8. Parámetros hidrográficos medidos en las UF analizadas en el Golfo de Arauco

	AGROINDUSTRIAS LOMAS COLORADAS	ENEL GENERACION CT-BOCAMINA 1-2	SANTA MARIA COLBUN	ESSBIO SAN PEDRO	EWOS CHILE S.A.	FORESTAL Y PAPELERA	INDUSTRIA ISLA QUIHUA	LOTA PROTEIN	CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCION	PTAS PARQUE INDUSTRIAL	CABO FROWARD	RICOFood SA	PESQUERA CAMANCHACA	PUERTO CORONEL MUELLE SUR	FOODCORP	PLANTA ORIZON PONIENTE	PESQUERA BAHIA CORONEL
Oxígeno Disuelto	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
pH	x	x		x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x
Temperatura	x	x	x		x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
Densidad	x	x	x		x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x
Salinidad	x	x	x		x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x
Transparencia	x				x	x	x					x	x		x	x	x
Saturación Oxígeno				x			x	x		x		x		x			
Turbidez									x	x		x		x			
Fluorescencia										x		x		x			
pH laboratorio							x			x							
Conductividad									x								
Potencial Redox												x					

Los informes emanados de los organismos de inspección a cargo de las mediciones de CTD-O no informan el método de medición específico, sino que informan como método la lectura directa mediante el perfilador, donde nombran el equipo con el que realizaron las mediciones y una descripción del procedimiento.

En cuanto a la medición con sensores se tampoco se señala el método de medición, solo para el pH y potencial redox se establece que estas mediciones fueron realizados basado en la Resolución Exenta. N°3612 de 2009, numeral 29, de la Subsecretaría de Pesca.

Por otra parte, es importante mencionar que solo algunos informes mencionan las calibraciones, chequeos de estándares, programas de verificación o protocolo de mediciones que permitan asegurar la que la calidad de la información. Los equipos de terreno al igual que los de laboratorio deben asegurar un rango cuantificación dentro del rango de las concentraciones naturales, que permitan describir efectivamente la variabilidad ambiental de estos parámetros en el sistema en estudio.

5.3.1.2.2 Columna de Agua

Los parámetros analizados en la columna de agua submareal e intermareal para las UF se agrupan en esta sección, dado que las metodologías analíticas informados en estos dos ambientes son las mismas cuando se analizan en estos 2 ambientes es que solo nos referiremos a ellas como columna de agua.

El cumplimiento ETFA para los parámetros analizados en columna de agua alcanza el 83,3%, donde los incumplimientos están asociados principalmente a los análisis de Hidrocarburos, Nitritos, Nitrógeno Total y Solidos Suspendidos Totales que son ejecutados por laboratorios con acreditación INN 17025, pero que no cuentan con autorización ETFA.

La transversalidad de los parámetros en columna de agua se presenta en las **Tabla 9** y **10**, a partir de la cual se observa que los parámetros con mayor trazabilidad (> 70%) son los Solidos Suspendidos Totales, Aceites y Grasas, Solidos Sedimentables, Fosforo Total y Nitrógeno Kjeldahl, en tanto que los parámetros con menor representación están asociados a compuestos orgánicos i.e, Dioxinas, Furanos, Compuestos Orgánicos Halogenados (AOX), Compuestos Orgánicos Extraíbles (EOX), Ácidos Resínicos, Ácidos Grasos, Carbono Orgánico Total e Hidrocarburos y metales tales como Arsénico, Cadmio, Mercurio, Plomo y Cromo, entre otros analitos asociados a parámetros de descarga y nutrientes.

En cuanto a las unidades utilizadas existe diferencias entre los laboratorios, los que informan por ejemplo para los Solidos Sedimentables unidades de mg/L, ml/L y mg/L/h, así mismo ocurre con la Clorofila-a (mg/L y mg/m³), Nutrientes (mg/L y µM) y Metales (mg/L y µg/L), todo lo cual dificulta las comparaciones directas entre mismos parámetros entre distintos laboratorios.

De los 155 métodos analizados en columna de agua, 28 (18%) de estos no informan su LD, y entre los parámetros que presentan mayores variaciones en sus LD están los Aceites y Grasas

(rango: 0,3 a 5,0 mg/L), Fosforo Total (rango: 0,003 a 0,5 mg/L), Hidrocarburos Totales (rango: 0,000004 a 5,0 mg/L) y los Solidos Suspendidos Totales (rango: 0,3 a 10,0 mg/L), parámetros que dan cuenta de la alta variabilidad que en ocasiones llega hasta 6 órdenes de magnitud entre los laboratorios.

Tabla 9. Parámetros químicos analizados por UF y agrupado en las categorías parámetros de descarga y compuestos orgánicos.

Parámetro	AGROINDUSTRIAS LOMAS COLORADAS	ENEL GENERACION BOCAMINA 1-2	SANTA MARIA COLBUN	ESSBIO SAN PEDRO	EWOS CHILE S.A.	FORESTAL Y PAPELERA CONCEPCION	OXIQUM	INDUSTRIA ISLA QUIHUA	LOTA PROTEIN	CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCION	PTAS PARQUE INDUSTRIAL CORONEL	CABO FROWARD	PUERTO CORONEL MUELLE NORTE	PUERTO CORONEL MUELLE SUR	RIFOFOOD SA	PESQUERA FIORDO AUSTRAL	PESQUERA CAMANCHACA	FOODCORP	PLANTA ORIZON PONIENTE	PESQUERA BAHIA CORONEL	%	
	Parámetros de Descarga	Sólidos Suspendidos Totales	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Sólidos Sedimentables		x		x	x		x	x		x				x	x	x	x	x	x	x	60
	Detergentes Aniónicos	x			x						x						x	x	x	x	x	35
	Demanda Biológica de Oxígeno				x			x		x	x		x	x	x	x						40
	Cloro Libre Residual		x	x																		10
	Demanda Química de Oxígeno							x		x			x	x								20
	Sólidos Residuales	x							x													10
	Color Verdadero								x													5
	Índice Fenol						x			x												10
	Poder Espumógeno							x														5
	Sólidos Suspendidos Volátiles								x													5
	Sólidos Totales								x													5
	Sólidos Disueltos Totales						x			x												10
Compuestos Orgánicos	Aceites y Grasas	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	85
	Hidrocarburos totales		x				x	x		x	x	x	x	x								40
	Materia Orgánica Total	x	x																			10
	Hidrocarburos Fijos						x				x		x	x								20
	Hidrocarburos Volátiles						x				x		x	x								20
	Ácidos Grasos									x												5
	Ácidos Resínicos									x												5
	AOX									x												5
	Carbono Orgánico Total									x												5
	Dioxina									x												5
	Furano									x												5
	Hidrocarburos Alifáticos Policíclicos			x									x	x								15
	Ligninas y Taninos									x												5

Tabla 10. Parámetros químicos analizados por UF y agrupado en las categorías nutrientes, iones, metales y biológicos.

Parámetro	AGROINDUSTRIAS LOMAS COLORADAS																%																
	ENEL GENERACION BOCAMINA 1-2		SANTA MARIA COLBUN		ESSBIO SAN PEDRO		EWOS CHILE S.A.		FORESTAL Y PAPELERA CONCEPCION		INDUSTRIA ISLA QUIHUA		LOTA PROTEIN		CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCION			PTAS PARQUE INDUSTRIAL CORONEL		RICOFOOD SA		PESQUERA FIORDO AUSTRAL		PESQUERA CAMANCHACA		FOODCORP		PUERTO CORONEL MUELLE NORTE		PUERTO CORONEL MUELLE SUR		PLANTA ORIZON PONIENTE	
Nutrientes	Fosforo Total	x				x	x			x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	72	
	Nitrógeno Kjeldahl	x		x	x					x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	78	
	Nitrógeno Total						x				x					x	x										x						28
	Nitrito													x			x	x										x					22
	Nitrato													x			x	x										x					22
	Sílice Total																											x					6
	Nitrógeno Amoniacal						x				x																						11
	Amonio																x																6
	Fosfato																x																6
Iones	Sulfatos Disueltos		x							x			x			x	x															28	
	Cloruros															x	x																11
	Fluoruro																											x				6	
	Cianuro																											x				6	
	Clorato													x																			6
Metales	Hierro Total		x	x												x	x															22	
	Cobre		x	x																													11
	Boro																	x	x														11
	Arsénico				x																							x					11
	Cadmio													x														x					11
	Mercurio													x														x					11
	Plomo													x														x					11
	Aluminio													x																			6
	Cromo																												x				6
	Cromo VI																x																6
Manganeso																x																6	
Biológico	Coliformes Fecales		x	x	x	x				x			x	x													x					44	
	Coliformes Totales					x	x			x			x	x													x						33
	Clorofila - A		x							x			x																				17
	Clorofila-b									x																							6

5.3.1.2.3 Sedimentos Superficiales

Los parámetros analizados en los sedimentos superficiales del ambiente submareal e intermareal para las UF se agrupan en esta sección. Dado que las metodologías analíticas informadas en estos dos ambientes son las mismas, de aquí en adelante cuando se analizan solo se referirán en ambos ambientes como sedimentos superficiales.

El cumplimiento ETFA para los parámetros analizados en los sedimentos superficiales alcanza el 92,5%. El incumpliendo está asociada principalmente a los análisis de Cobre, Hierro, Sulfato que son ejecutados por el laboratorio SGS-Chile, el cual cuenta con acreditación INN 17025, pero no con autorización ETFA.

La transversalidad de los parámetros en los sedimentos superficiales se informa en la **Tabla 11**, en ella se observa que los parámetros con mayor transversalidad corresponden a la Materia Orgánica Total y Granulometría (100%), los restantes 21 parámetros tienen una muy baja transversalidad que varía entre el 6% a 13%, es decir se ejecuta solo en 1 o 2 programas de vigilancia.

En cuanto a las unidades utilizadas existe diferencias entre los laboratorios, los que informan por ejemplo para el análisis de granulometría, con unidades de μm , % y phi. Así también ocurre con el Sulfato Soluble en sedimentos donde se informa en mg/kg, un parámetro que se encuentra disuelto en el agua intersticial de los sedimentos y los sulfuros en sedimentos que son informados en μM , todo lo cual dificulta las comparaciones directas entre parámetros y laboratorios.

De los 56 métodos analizados en los sedimentos superficiales, 34 (61%) de ellos no informan su LD, de los restantes 22 parámetros solo los Sulfatos Solubles informados por SGS-Chile informan LD, en tanto que los restantes 21 parámetros que informan LD corresponden al Laboratorio de Oceanografía Química de la Universidad de Concepción.

5.3.1.2.4 Mediciones *in situ* en sedimentos

Todas las mediciones informadas para los sedimentos superficiales de los programas de vigilancia ambiental en las UF del Golfo de Arauco, han sido medidos a través de sensores *in situ*, mediante instrumentos multiparámetros y peachímetros portátiles, ambos equipos basados en electrodos combinados de pH / Potencial Redox con compensación de temperatura. Las mediciones corresponden a Temperatura (°C), Potencial de Hidrógeno (unidades pH) y Potencial Redox (mV). Estos parámetros se informan como mediciones *in situ*, sin detallar el procedimiento de obtención de la muestra, es decir, no sabemos si la muestra se obtiene mediante un correr hermético para evitar la perturbación (oxigenación) de la muestra o es a partir de una muestra obtenida desde la draga bajo condiciones de oxigenación, lo cual afecta directamente a las lecturas de pH y Potencial Redox.

El cumplimiento ETFA para las mediciones de pH, Potencial Redox y Temperatura en sedimentos alcanza al 89%, donde los incumplimientos están asociados principalmente a la medición de pH y Potencial Redox informadas por el laboratorio CESMEC.

La transversalidad de estas mediciones en sedimentos, se presenta en la **Tabla 12**, de la cual se observa que el pH es informado por 7 UF (44% transversalidad), Potencial Redox en 8 UF (50% de transversalidad) y Temperatura en 6 UF (38% de transversalidad).

En cuanto a las unidades utilizadas para informar los sensores en sedimentos no existe diferencias entre en los registros evaluados, análisis basado en la campaña más actual disponible por cada UF. Así también todas estas mediciones informan que el método de muestreo y medición está basado en la Resolución Exenta. N°3612 de 2009, numeral 29, de la Subsecretaría de Pesca. Sin embargo, solo algunos informes mencionan las calibraciones, chequeos de estándares, programas de verificación o protocolo de mediciones que permitan asegurar la calidad de la información. Los equipos de terreno, al igual que los de laboratorio, deben asegurar un rango cuantificación dentro del rango de las concentraciones naturales, que permitan describir efectivamente la variabilidad ambiental de estos parámetros en el sistema en estudio.

Tabla 12. Mediciones *in situ* en sedimentos medidos en las UF analizadas en el Golfo de Arauco.

	AGROINDUSTRIAS LOMAS COLORADAS	ENEL GENERACION CT-BOCAMINA 1-2	SANTA MARIA COLBUN	ESSBIO SAN PEDRO	EWOS CHILE S.A.	FORESTAL Y PAPELERA CONCEPCION	POLYKARPO	OXIQIUM	PESQUERA FIORDO AUSTRAL	INDUSTRIA ISLA QUIHUA	LOTA PROTEIN	CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCION	PTAS PARQUE INDUSTRIAL CORONEL	RICOFOOD SA	CABO FROWARD	PESQUERA CAMANCHACA	PUERTO CORONEL MUELLE NORTE	PUERTO CORONEL MUELLE SUR	FOODCORP	PLANTA ORIZON PONIENTE	PESQUERA BAHIA CORONEL
pH		x		x					x	x	x		x	x			x	x			
Potencial Redox		x		x					x	x	x	x	x	x			x	x			
Temperatura				x					x	x	x		x	x			x	x			

5.3.1.3 Análisis crítico de las técnicas de laboratorio por UF

La información obtenida a partir de los informes de seguimiento de las unidades fiscalizables (UF) dentro del Golfo de Arauco, no permite evaluar las técnicas de muestreo y preservación de las muestras, ya que los informes no contienen dicha información en detalle. Los pocos informes que hablan de estos aspectos mencionan los procedimientos de forma muy general sin especificar los métodos detallados para muestreo y preservación de cada análisis. Sólo algunos informes indican que los muestreos se realizaron con un laboratorio acreditado INN, bajo norma técnica 17.025 o 17.020, sin entregar detalles técnicos importantes tales como el método de muestreo, tipo y tiempo de preservación de las muestras. En el **Anexo Digital 01**, se entrega, junto con las bases de datos recopiladas de las UFs, la verificación (ETFA) y la validación de los datos entregados en los seguimientos ambientales.

A partir de la revisión de los métodos y límites de detección obtenidos desde los informes de seguimiento, se observan cambios habituales entre campañas informadas, todo lo cual afecta directamente a la trazabilidad y comparación histórica del dato.

En general los métodos de análisis informados hacen referencia principalmente al manual de análisis Standard Methods (SM) publicado por la APHA, AW y WEF, los cuales son procedimientos analíticos desarrollados principalmente para aguas dulces y aguas residuales, y por lo tanto, no deben ser extrapolados directamente a la matriz marina sin una previa validación de ellos, ya que el agua de mar es, desde el punto de vista analítico, una matriz extremadamente compleja que contiene una gran cantidad de interferentes (dependiendo de la salinidad). Por lo

tanto, utilizar los métodos SM no es lo más adecuado sin previamente ejecutar un exhaustivo procedimiento que elimine los interferentes que el agua de mar presenta, verificación de los porcentajes de recuperación y límites de cuantificación acordes con las concentraciones presentes en aguas marinas, la cual presenta muchos elementos orgánicos e inorgánicos a nivel de traza y ultra traza.

Del análisis de las metodologías detalladas en los informes se puede establecer que algunos parámetros analizados en sedimentos se basan en metodologías desarrolladas para aguas. Es el caso del parámetro Sulfuro en sedimentos que es ejecutados bajo la metodología SM 4500 (4500-S2-D: Sulfide by Methylene Blue, Examination of Water and Wastewater).

La norma ISO/IEC 17025:2017 establece que los laboratorios deben verificar o validar los métodos antes de ponerlos en uso. Como parte de esa verificación o validación pueden determinar el rango de medición, exactitud, incertidumbre, límite de detección, límite de cuantificación, selectividad del método y la robustez frente a las interferencias provenientes de la matriz de ensayo. En la mayoría de los casos, los laboratorios que ejecutan los análisis de los PVA marinos del Golfo de Arauco no informan los antecedentes antes mencionados, los cuales son fundamentales para evaluar la sensibilidad, idoneidad y trazabilidad de los métodos utilizados para determinar la calidad química de las matrices marinas.

Finalmente, los PVA que cuentan con una resolución de calificación ambiental (RCA) deben ejecutar su medición y análisis con laboratorios que cuenten con autorización de la SMA como Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental (ETFAs), en tanto que, el muestreo debe ser realizado por un laboratorio acreditado 17.025 en los alcances autorizados, o bien por una entidad técnica con acreditación 17.020 con autorización ETFa. Una parte importante de los PVA aquí evaluados son ejecutados por laboratorios con acreditación INN y con autorización ETFa, sin embargo, una proporción menor de laboratorios informa algunos parámetros no acreditados, los cuales en general han sido autorizados recientemente, lo cual podría explicar el no cumplimiento ETFa en estos alcances.

Del análisis de los métodos a los cuales hacen referencia los PVA realizados en el Golfo de Arauco se puede mencionar que las metodologías analizadas, en general, solo se hace mención del método de lectura y no al método de preparación de la muestra. Esto es muy relevante sobre todo en lo que se refiere a metales y compuestos orgánicos, dado que sin el detalle del tipo de

extracción y purificación no se puede establecer con precisión a que fracción corresponde el análisis, lo cual no permite evaluar de forma detallada si la metodología empleada es la adecuada.

A partir de los métodos informados en los seguimientos de las UF no se puede establecer la fracción en que se analiza en columna de agua (disuelta, particulada o total) o en sedimentos (total o extraíble). Sólo algunos parámetros se informan como disueltos en el texto de los informes y los menos informan la fracción en la que fue realizado el análisis (principalmente certificados). El informar la fracción del compuesto y/o elemento es una condición muy relevante del análisis y su posterior interpretación, ya que desde el punto de vista ambiental el impacto que tiene una sustancia cuantificada a partir de la fracción particulada o disuelta es muy distinta para evaluar los posibles impactos que pudieran generar estas concentraciones en las comunidades biológicas y por ende en el sistema marino en evaluación. La fracción disuelta, puede permanecer mucho tiempo en columna de agua, quedando disponible para ser incorporada por los organismos. En tanto que la fracción particulada, presenta tiempo de residencias en columna de agua cortos y sus concentraciones están más relacionadas a la dinámica que afectan los sedimentos y dado su tamaño sus constituyentes no estas disponibles para ser incorporados de forma directa, que no es el caso de la fracción disuelta.

A partir de los últimos informes revisados, de los programas de monitoreo de cada UF, se obtuvo un total de 155 métodos de análisis asociados a 51 parámetros para columna de agua. De esta información se puede establecer que 25 métodos (16,1%) hacen referencia a la matriz marina (**Tabla 13**), en tanto que 115 métodos (74,2 %), corresponden a técnicas desarrolladas para el análisis de las matrices de aguas continentales o aguas residuales basados en el Standard Method (SM) no validados para la matriz marina y 9 registros (5,8%) no hacen referencia al método utilizado, técnica o equipamiento de análisis.

Tabla 13. Revisión general de los métodos utilizados para los análisis químicos de calidad de agua en los programas de seguimiento ambiental del Golfo de Arauco.

Referencia del Análisis	N° de Referencias	% de Referencias
SM (Standard Methods)	115	74,2
MVMM (Método Validado para Matriz Marina)	25	16,1
Sin Método (Equipamiento o Técnica de análisis)	9	5,8
EPA Methods (Environmental Protection Agency)	2	1,3
ISO Method (International Organization for Standardization)	2	1,3
Método NCh. (Norma Chilena)	1	0,6
Referencia (Métodos de Papers y libros)	1	0,6

Al evaluar los métodos de laboratorio para sedimentos superficiales marinos (**Tabla 14**), se obtiene un total de 56 métodos de análisis asociados a 29 parámetros. De estos, 20 métodos (35,7%) hacen referencia a la matriz marina; en tanto que 25 métodos (44,6%), están basados en la R.Ex. N° 3612/2009 que fija las metodologías para elaborar la Caracterización Preliminar de Sitio (CPS) y la Información Ambiental (INFA) elaborado por la Subsecretaría de Pesca contemplada en el reglamento ambiental de acuicultura; mientras que 4 métodos (7,1%) están referidos a métodos de literatura. Los últimos 7 registros (12,5 %) hacen referencia a métodos EPA / SM / INIA / NCh/ Sin Método, técnica o equipamiento de análisis (**Tabla 14**).

Tabla 14. Revisión general de los métodos utilizados para los análisis químicos de sedimentos en los programas de seguimiento ambiental del Golfo de Arauco.

Referencia del Análisis	N° de Referencias	% de Referencias
R.EX N° 3612 (Metodología Subsecretaría de Pesca)	25	44,6
MVMM (Método Validado Matriz Marina)	20	35,7
Referencia (Métodos de Papers y libros)	4	7,1
EPA/SM (Environmental Protection Agency/Standard Method)	3	5,4
INIA 2006 (Método Análisis de Suelos)	2	3,6
Sin Método (Equipamiento o Técnica de análisis)	1	1,8
NCh (Norma Chilena)	1	1,8

5.3.1.4 Selección de parámetros con base en el análisis crítico

Sobre la base del análisis crítico presentado en el **Numeral 5.3.2.3**, se entrega en los numerales siguientes la selección de información, que presenta calidad suficiente para ser incorporada en una norma.

5.3.1.4.1 Total de información disponible

Hidrografía

En la **Tabla 15**, se entrega para el total de Programas de Vigilancia analizados, el total de registros disponible para los parámetros hidrográficos. Se observa que, el total de información disponible da cuenta de 11 parámetros medidos, con un total de 69.708 registros, siendo ENEL GENERACION CT-BOCAMINA 1-2 el PVA que presenta la mayor cantidad de registros (N=15.061). A nivel de parámetros, Temperatura y Oxígeno Disuelto son los que presentan la mayor cantidad de determinaciones (N>16.000).

Tabla 15. Total de registros disponibles para la matriz hidrografía.

Parámetro	ESSBIO SAN PEDRO	AGROINDUSTRIAS LOMAS COLORADAS	FORESTAL Y PAPELERA CONCEPCION	INMOBILIARIA E INVERSIONES POLYKARPO	OXIGUIM	PESQUERA FIORDO AUSTRAL	EIVOS CHILE S.A.	RIFOOD SA	PTAS PARQUE INDUSTRIAL CORONEL	CABO FROWARD	FOODCORP	PLANTA ORIZON PONIENTE	PESQUERA BAHIA CORONEL	PESQUERA CAMANCHACA	COMPANIA PUERTO CORONEL MUELLE NORTE	COMPANIA PUERTO CORONEL MUELLE SUR	ENEL GENERACION CT-BOCAMINA 1-2	SANTA MARIA COLBUN	LOTA PROTEIN	INDUSTRIA ISLA QUIHUA	CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCION	
Oxígeno disuelto	211	271	433	-	-	446	353	582	737	676	685	1030	1666	1142	-	2507	3013	893	-	-	-	1844
pH	171	-	-	-	-	-	-	145	121	-	-	-	-	-	-	1400	3009	-	-	-	-	-
Temperatura	-	271	432	-	-	446	353	582	737	676	685	1030	1665	1142	-	2507	3013	893	-	-	-	1844
Densidad	-	271	432	-	-	446	353	582	489	676	685	1030	1666	1142	-	1818	3013	825	-	-	-	1451
Salinidad	-	271	433	-	-	446	352	582	737	-	686	1030	1666	1142	-	-	3013	893	-	-	-	1844
Transparencia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2507	-	-	-	-	-	-
Saturación de Oxígeno disuelto	211	-	-	-	-	106	-	582	737	-	-	-	-	-	-	2507	-	-	-	-	-	-
Turbidez	-	-	-	-	-	-	-	81	59	-	-	-	-	-	-	1400	-	-	-	-	-	388
Clorofila-a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1099
Fluorescencia	-	-	-	-	-	-	-	-	409	-	-	-	-	-	-	2507	-	-	-	-	-	-
Conductividad	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	388

Calidad de agua de agua submareal

En la **Tabla 16**, se entrega para el total de Programas de Vigilancia analizados, el total de registros disponible para la calidad de agua submareal. Se observa que, el total de información disponible da cuenta de 62 parámetros medidos, con un total de 40.925 registros, siendo PESQUERA BAHÍA CORONEL el PVA con mayor cantidad de registros (N=6.306). A nivel de parámetros, los sólidos suspendidos totales son los que presentan la mayor cantidad de determinaciones (N=4.535).

Tabla 16. Total de registros disponibles para la matriz agua submareal.

Parámetro	ESSBIO SAN PEDRO	AGROINDUSTRIAS LOMAS COLORADAS	FORESTAL Y PAPELERA CONCEPCION	INMOBILIARIA E INVERSIONES POLYKARPO	OXQUIM	PESQUERA FIORDO AUSTRAL	EWOS CHILE S.A.	RICOFOOD SA	PTAS PARQUE INDUSTRIAL CORONEL	CABO FROWARD	FOODCORP	PLANTA ORIZON PONIENTE	PESQUERA BAHIA CORONEL	PESQUERA CAMANCHACA	COMPAÑIA PUERTO CORONEL MUELLE NORTE	COMPAÑIA PUERTO CORONEL MUELLE SUR	ENEL GENERACION CT-BOCAMINA 1-2	SANTA MARIA COLBUN	LOTA PROTEIN	INDUSTRIA ISLA QUIHUA	CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCION	
Aceites y Grasas	48	60	-	-	-	140	135	130	108	270	360	540	864	600	231	-	340	21	102	48	120	
Ácidos Grasos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120
Ácidos Resínicos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120
Aluminio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120
Amonio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120
AOX	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120
Arsénico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	112	-	21	-	-	-	-
Boro	-	-	-	-	-	-	-	130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cadmio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	112	-	-	-	-	-	120
Carbono Orgánico Total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	118
Cianuro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	112	-	-	-	-	-	-
Cloro Libre Residual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	300	21	-	-	-	-
Clorofila-a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	340	-	-	-	-	-
Cloruros	-	-	-	-	-	-	-	130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cobre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	112	340	21	-	-	-	-
Coliformes Fecales	48	-	-	-	-	-	135	-	111	-	-	-	-	-	231	-	340	21	-	48	33	
Coliformes Totales	48	-	-	-	-	-	135	-	112	-	-	-	-	-	231	-	-	-	-	-	-	33
Color Verdadero	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120
Conductividad	-	-	-	-	-	20	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48	-
Cromo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	112	-	-	-	-	-	-
Cromo VI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	96
Demanda Biológica de Oxígeno	48	-	-	-	-	40	-	130	112	-	-	-	-	-	231	112	-	-	-	48	-	
Demanda Química de Oxígeno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	231	112	-	-	-	-	-	-
Detergentes Aniónicos	48	70	-	-	-	140	-	-	112	-	360	540	864	600	-	-	-	-	-	48	-	
Dioxinas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	69
Fluoruro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	112	-	-	-	-	-	-
Fosfato	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120
Fosforo Total	48	70	-	-	-	140	135	130	112	-	360	540	864	600	-	112	-	-	-	48	120	
Furanos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	65
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	231	112	-	21	-	-	-	-
Hidrocarburos Fijos	-	-	-	-	80	-	-	-	112	-	-	-	-	-	209	112	-	-	-	-	-	-
Hidrocarburos Totales	-	-	104	-	80	-	-	-	112	270	-	-	-	-	209	112	340	-	-	-	-	120
Hidrocarburos Volátiles	-	-	-	-	80	-	-	-	112	-	-	-	-	-	231	112	-	-	-	-	-	-
Hierro Total	-	-	-	-	-	-	-	130	-	-	-	-	-	-	-	-	340	21	-	-	-	-
Índice Fenol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120
Fenoles	-	-	-	-	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ligninas y Taninos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120
Manganeso	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	112	-	-	-	-	-	120
Materia Orgánica Total	-	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Parámetro	Compañías																					
	ESSBIO SAN PEDRO	AGROINDUSTRIAS LOMAS COLORADAS	FORESTAL Y PAPELERA CONCEPCION	INMOBILIARIA E INVERSIONES POL YKARPO	OXIQUIM	PESQUERA FIORDO AUSTRAL	EWOS CHILE S.A.	RICOF OOD SA	PTAS PARQUE INDUSTRIAL CORONEL	CABO FROWARD	FOODCORP	PLANTA ORIZON PONIENTE	PESQUERA BAHIA CORONEL	PESQUERA CAMANCHACA	COMPANIA PUERTO CORONEL MUELLE NORTE	COMPANIA PUERTO CORONEL MUELLE SUR	ENEL GENERACION CT-BOCAMINA 1-2		SANTA MARIA COLBUN	LOTA PROTEIN	INDUSTRIA ISLA QUIHUA	CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCION
Mercurio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120
Nitrato	-	-	-	-	-	20	-	130	-	-	-	-	-	-	-	112	-	-	-	-	-	120
Nitrito	-	-	-	-	-	20	-	130	-	-	-	-	-	-	-	112	-	-	-	-	-	120
Nitrógeno Amoniacal	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48	-
Nitrógeno Kjeldahl	48	70	-	-	-	140	-	130	112	-	360	-	864	600	231	112	-	21	288	48	119	-
Nitrógeno Total	-	-	-	-	-	20	135	120	-	-	540	-	-	-	-	112	-	-	48	-	-	-
Oxígeno disuelto	-	-	-	-	15	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	216	-	-	-
pH	-	70	84	-	65	140	135	100	8	216	360	540	834	600	165	32	-	-	336	48	120	-
Plomo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	112	-	-	-	-	-	120
Salinidad	-	-	-	-	65	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Saturación de Oxígeno disuelto	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sílice Total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	112	-	-	-	-	-	-
Sólidos Disueltos Totales	-	-	-	-	65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sólidos Residuales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48	-	120	-
Sólidos Sedimentables	48	70	-	-	-	140	135	130	112	-	360	540	864	600	-	-	340	-	336	48	-	-
Sólidos Suspendidos Totales	48	70	104	-	-	140	135	130	112	270	360	540	864	600	209	112	340	21	336	48	96	-
Sólidos Suspendidos Volátiles	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	312	-	-	-
Sólidos Totales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	336	-	-	-
Sulfatos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	340	-	-	-	-	-
Sulfatos Disueltos	-	-	-	-	-	-	-	130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48	-	-
Temperatura	-	-	-	-	64	20	-	10	-	-	-	180	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Transparencia	-	35	42	-	-	50	45	65	-	126	120	180	288	200	-	-	-	-	-	-	24	-
Zinc	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	112	-	-	-	-	-	-

Calidad de sedimentos submareales

En la **Tabla 17**, se entrega para el total de Programas de Vigilancia analizados, el total de registros disponible para la calidad de sedimentos del submareal. Se observa que, el total de información disponible da cuenta de 38 parámetros medidos, con un total de 23.739 registros, siendo ENEL GENERACION CT-BOCAMINA 1-2 el PVA con mayor cantidad de registros (N=4.073). A nivel de parámetros, la granulometría es la que presentan la mayor cantidad de determinaciones (N=15.792).

Tabla 17. Total de registros disponibles para la matriz sedimentos del submareal.

Parámetro	ESSBIO SAN PEDRO	AGROINDUSTRIAS LOMAS COLORADAS	FORESTAL Y PAPELERA CONCEPCION	INMOBILIARIA E INVERSIONES POLYKARPO	OXIQUIM	PESQUERA FIORDO AUSTRAL	EWOS CHILE S.A.	RICOFOOD SA	PTAS PARQUE INDUSTRIAL CORONEL	CABO FROWARD	FOODCORP	PLANTA ORIZON PONIENTE	PESQUERA BAHIA CORONEL	PESQUERA CAMANCHACA	COMPAÑIA PUERTO CORONEL MUELLE NORTE	COMPAÑIA PUERTO CORONEL MUELLE SUR	ENEL GENERACION CT-BOCAMINA 1-2	SANTA MARIA COLBUN	LOTA PROTEIN	INDUSTRIA ISLA QUIHUA	CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCION
Materia Orgánica Total	54	35	52	-	65	56	45	65	56	135	120	180	288	200	121	64	340	52	72	24	40
Granulometría	648	275	276	-	650	327	265	585	504	1215	880	920	2416	1380	1210	640	2040	585	504	192	280
Ácidos Grasos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
Ácidos Resinicos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
Aluminio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
AOX	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
Arsénico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64	-	-	-	-	-
Bifenilos policlorados	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	110	64	-	-	-	-	-
Cadmio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64	-	-	-	-	40
Carbono Orgánico Total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
Cianuro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	54	-	-	-	-	-
Cobre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	121	64	340	-	-	-	40
Coliformes Fecales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64	-	-	-	-	-
Coliformes Totales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64	-	-	-	-	-
Cromo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64	-	-	-	-	40
Cromo VI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
Dioxinas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33
EOX	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
Fósforo Total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64	-	-	-	-	-
Furanos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28
Humedad	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	55	48	-	-	-	-	-
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64	-	-	-	-	-
Hidrocarburos Fijos	-	-	-	-	65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	121	54	-	-	-	-	-
Hidrocarburos Totales	-	-	52	-	65	-	-	-	27	-	-	-	-	-	121	38	-	-	-	-	40
Hidrocarburos Volátiles	-	-	-	-	65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	121	48	-	-	-	-	-
Hierro Total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	340	-	-	-	40
Ligninas y Taninos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
Lípidos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
Mercurio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64	-	-	-	-	40
Plomo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64	-	-	-	-	40
pH	36	-	-	-	-	-	65	52	-	-	-	20	-	-	121	64	337	-	72	24	-
Potencial Redox	30	-	-	-	-	-	65	52	-	-	-	20	-	-	121	64	336	-	72	24	40
Recuento de Heterótrofos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32	-	-	-	-	-
Sílice Total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64	-	-	-	-	-
Sulfatos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	340	-	-	-	-
Sulfuros	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
Zinc	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64	-	-	-	-	40
Temperatura	36	-	-	-	-	-	60	52	-	-	-	20	-	-	110	64	-	-	72	24	-

Calidad de sedimentos intermareales

En la **Tabla 18**, se entrega para el total de Programas de Vigilancia analizados, el total de registros disponible para la calidad de sedimentos del intermareal. Se observa que, el total de información disponible da cuenta de 5 parámetros medidos, con un total de 6.010 registros, siendo COMPAÑÍA PUERTO CORONEL MUELLE NORTE el PVA con mayor cantidad de registros (N=4.073). A nivel de parámetros, la granulometría es la que presentan la mayor cantidad de determinaciones (N=4.639).

Tabla 18. Total de registros disponibles para la matriz sedimentos del intermareal.

Parámetro	ESSBIO SAN PEDRO	AGROINDUSTRIAS LOMAS COLORADAS	FORESTAL Y PAPELERA CONCEPCION	INMOBILIARIA E INVERSIONES POLYKARPO	OXIQUIM	PESQUERA FIORDO AUSTRAL	EWOS CHILE S.A.	RIFOFOOD SA	PTAS PARQUE INDUSTRIAL CORONEL	CABO FROWARD	FOODCORP	PLANTA ORIZON PONIENTE	PESQUERA BAHIA CORONEL	PESQUERA CAMANCHACA	COMPAÑIA PUERTO CORONEL MUELLE NORTE	COMPAÑIA PUERTO CORONEL MUELLE SUR	ENEL GENERACION CT-BOCAMINA 1-2	SANTA MARIA COLBUN	LOTA PROTEIN	INDUSTRIA ISLA QUIHUA	CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCION
Materia Orgánica Total	-	28	-	42	-	70	32	52	56	-	24	40	56	40	94	-	-	39	24	24	-
Granulometría	-	128	-	294	-	420	204	468	504	-	48	80	450	290	940	-	-	453	168	192	-
pH	-	-	-	-	-	-	-	52	56	-	-	-	-	-	94	-	-	-	24	24	-
Potencial Redox	-	-	-	-	-	-	-	52	56	-	-	-	-	-	94	-	-	-	24	24	-
Temperatura	-	-	-	-	-	-	-	52	56	-	-	-	-	-	94	-	-	-	24	24	-

Comunidades de la macrofauna submareal e intermareal

En la **Tabla 19**, se entrega el total de registros disponible para los análisis de macrofauna submareal e intermareal. En el caso de la macrofauna submareal se observa que, el total de información disponible da cuenta de 3 parámetros medidos, con un total de 22.237 registros, siendo COMPAÑÍA PUERTO CORONEL MUELLE NORTE el PVA con mayor cantidad de registros (N=3.760). A nivel de parámetros, la abundancia es la que presentan la mayor cantidad de determinaciones (N=11.563). En el caso de la macrofauna intermareal, se observa que, el total de información disponible da cuenta de 2 parámetros medidos, con un total de 4.495 registros, siendo ENEL GENERACION CT-BOCAMINA 1-2 el PVA con mayor cantidad de registros (N=1.538).

Tabla 19. Total de registros disponibles para las comunidades de la macrofauna submareal e intermareal.

	Parámetro	PVA																				
		ESSBIO SAN PEDRO	AGROINDUSTRIAS LOMAS COLORADAS	FORESTAL Y PAPELERA CONCEPCION	INMOBILIARIA E INVERSIONES POLYKARPO	OXIQUM	PESQUERA FIORDO AUSTRAL	EWOS CHILE S.A.	RIFOFOOD SA	PTAS PARQUE INDUSTRIAL CORONEL	CABO FROWARD	FOODCORP	PLANTA ORIZON PONIENTE	PESQUERA BAHIA CORONEL	PESQUERA CAMANCHACA	COMPAÑIA PUERTO CORONEL MUELLE NORTE	COMPAÑIA PUERTO CORONEL MUELLE SUR	ENEL GENERACION CT-BOCAMINA 1-2	SANTA MARIA COLBUN	LOTA PROTEIN	INDUSTRIA ISLA QUIHUA	CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCION
SUBMAREAL	Abundancia	320	136	268	-	1250	1305	248	269	190	783	50	161	351	205	1880	745	1105	818	271	42	1166
	Biomasa	320	136	268	-	1250	1305	248	272	190	784	50	161	351	204	1880	745	1106	819	275	42	-
	Porcentaje	-	-	268	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INTERMAREAL	Abundancia	-	175	-	120	-	201	51	37	44	-	73	52	178	64	219	-	769	98	71	63	80
	Biomasa	-	177	-	120	-	186	52	37	44	-	72	52	178	64	219	-	769	98	71	61	-

Comunidades del plancton

En la **Tabla 20**, se entrega el total de registros disponible para los análisis de comunidades fito, zoo e ictioplancton. En el caso del fitoplancton se observa que, el total de información disponible da cuenta de 2 parámetros medidos, con un total de 2.811 registros, siendo CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCION el PVA con mayor cantidad de registros (N=1.851). A nivel de parámetros, la abundancia relativa es la que presentan la mayor cantidad de determinaciones (N=1.783). En el caso del zooplancton, se observa que, el total de información disponible da cuenta solo del parámetro abundancia, con un total de 2.218 registros, siendo COMPAÑÍA PUERTO CORONEL MUELLE NORTE el PVA con mayor cantidad de registros (N=836).

Tabla 20. Total de registros disponibles para las comunidades del plancton.

	Parámetro	ESSBIO SAN PEDRO	AGROINDUSTRIAS LOMAS COLORADAS	FORESTAL Y PAPELERA CONCEPCION	INMOBILIARIA E INVERSIONES POLYKARBO	OXIQUIM	PESQUERA FIORDO AUSTRAL	EWOS CHILE S.A.	RIFOOD SA	PTAS PARQUE INDUSTRIAL CORONEL	CABO FROWARD	FOODCORP	PLANTA ORIZON PONIENTE	PESQUERA BAHIA CORONEL	PESQUERA CAMANCHACA	COMPANIA PUERTO CORONEL MUELLE NORTE	COMPANIA PUERTO CORONEL MUELLE SUR	ENEL GENERACION CT-BOCAMINA 1-2	SANTA MARIA COLBUN	LOTA PROTEIN	INDUSTRIA ISLA QUIHUA	CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCION
		FITOPLANCTON	Abundancia relativa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	124	-	-	836	-	-	-
	Abundancia absoluta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1028
ZOOPLANCTON	Abundancia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34	-	1243	340	-	-	-	-	601
ICTIOPLANCTON	Abundancia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	441

Otros subcomponentes ambientales

En la **Tabla 21**, se entregan registros disponibles en subcomponentes ambientales que son analizados únicamente por el PVA de CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCION. Este programa de vigilancia considera el análisis de calidad química de agua y sedimentos de río, en puntos de muestreo ubicados en los ríos Carampangue y Laraquete. En el caso de la calidad de agua de río se registró un monitoreo de 32 parámetros con un total de 433 registros, mientras que en sedimentos la cantidad de parámetros monitoreados alcanzó 23, con un total de 287 registros.

Por otra parte, este PVA analiza la calidad química en tejido de organismos tanto del intermareal como del submareal. En el caso de los organismos del intermareal, se registró un monitoreo de 11 parámetros con un total de 161 registros, mientras que en organismos submareales la cantidad de parámetros monitoreados alcanzó también 11, con un total de 441 registros.

Tabla 21. Total de registros disponibles para otros subcomponente ambientales monitoreados únicamente por PVA de CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCION.

Parámetro	AGUA DE RÍO	SEDIMENTO RÍO	ORGANISMOS INTERMAREAL	ORGANISMOS SUBMAREAL
Aceites y Grasas	15	-	-	-
Ácidos Grasos	15	10	15	41
Ácidos Resínicos	15	10	15	41
Aluminio	15	10	-	-
Amonio	15	-	-	-
AOX	15	10	15	44
Cadmio	15	10	15	42
Carbono Orgánico Total	15	10	-	-
Clorato	15	-	-	-
Clorofenoles	-	-	15	41
Cobre	-	10	-	-
Coliformes Fecales	9	-	-	-
Coliformes Totales	9	-	-	-
Color Verdadero	15	-	-	-
Cromo	-	10	-	-
Cromo VI	9	10	-	-
Demanda Biológica de Oxígeno	9	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno	9	-	-	-
Dioxinas	9	10	15	42
EOX	-	10	15	41
Fosfato	15	-	-	-
Fósforo	15	-	-	-
Furanos	10	7	11	24
Granulometría	-	70	-	-
Hidrocarburos totales	15	10	-	-
Hierro	-	10	-	-
Índice Fenol	12	-	-	-
Ligninas y Taninos	15	10	-	-
Lípidos	-	10	15	41
Manganeso	15	-	-	-
Materia Orgánica Total	-	10	-	-
Mercurio	15	10	15	42
Nitrato	15	-	-	-
Nitrito	15	-	-	-
Nitrógeno Kjeldahl	15	-	-	-
pH	12	-	-	-
Plomo	15	10	15	42
Potencial Redox	-	10	-	-
Sólidos Disueltos Totales	15	-	-	-
Sólidos Suspendidos Totales	15	-	-	-
Sulfato	15	-	-	-
Sulfuros	-	10	-	-
Zinc	-	10	-	-

5.3.1.4.2 Información verificada ETFA

Hidrografía

En la **Tabla 22**, se entrega para el total de Programas de Vigilancia analizados, el total de registros cuyos parámetros fueron efectuados por una ETFA. Se observa que, el total de información disponible da cuenta sólo de 6 parámetros, con un total de 26.290 registros, siendo ENEL GENERACION CT-BOCAMINA 1-2 el PVA que presenta la mayor cantidad de registros verificados (N=12.048). A nivel de parámetros, Temperatura y Salinidad son los que presentan la mayor cantidad de determinaciones (N=7.515).

Tabla 22. Total de registros verificados ETFA para hidrografía.

Parámetro	ESSBIO SAN PEDRO	AGROINDUSTRIAS LOMAS COLORADAS	FORESTAL Y PAPELERA CONCEPCION	INMOBILIARIA E INVERSIONES POLYKARPO	OXIQUIM	PESQUERA FIORDO AUSTRAL	EWOS CHILE S.A.	RICOFOOD SA	PTAS PARQUE INDUSTRIAL CORONEL	CABO FROWARD	FOODCORP	PLANTA ORIZON PONIENTE	PESQUERA BAHIA CORONEL	PESQUERA CAMANCHACA	COMPAÑIA PUERTO CORONEL MUELLE NORTE	COMPAÑIA PUERTO CORONEL MUELLE SUR	ENEL GENERACION CT-BOCAMINA 1-2	SANTA MARIA COLBUN	LOTA PROTEIN	INDUSTRIA ISLA QUIHUA	CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCION
Oxígeno disuelto	-	-	-	-	-	-	-	582	737	-	-	-	-	-	-	-	3013	893	-	-	1844
pH	-	-	-	-	-	-	-	145	121	-	-	-	-	-	-	-	3009	-	-	-	-
Temperatura	-	-	-	-	-	446	-	582	737	-	-	-	-	-	-	-	3013	893	-	-	1844
Salinidad	-	-	-	-	-	446	-	582	737	-	-	-	-	-	-	-	3013	893	-	-	1844
Turbidez	-	-	-	-	-	-	-	81	59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	388
Conductividad	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	388

Calidad de agua submareal

En la **Tabla 23**, se entrega para el total de Programas de Vigilancia analizados, el total de registros cuyos parámetros fueron efectuados por una ETFA. Se observa que, el total de información verificada ETFA da cuenta de 44 parámetros, con un total de 13.168 registros, siendo CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCION el PVA que presenta la mayor cantidad de registros verificados (N=2.909). A nivel de parámetros, Aceites y Grasas es el que presenta la mayor cantidad de determinaciones (N=1.537).

Tabla 23. Total de registros verificados ETFA para agua submareal.

Parámetro	ESSBIO SAN PEDRO	AGROINDUSTRIAS LOMAS COLORADAS	FORESTAL Y PAPELERA CONCEPCION	INMOBILIARIA E INVERSIONES POLYKARPO	OXIQUIM	PESQUERA FIORDO AUSTRAL	EWOS CHILE S.A.	RIFOFOOD SA	PTAS PARQUE INDUSTRIAL CORONEL	CABO FROWARD	FOODCORP	PLANTA ORIZON PONIENTE	PESQUERA BAHIA CORONEL	PESQUERA CAMANCHACA	COMPAÑIA PUERTO CORONEL MUELLE NORTE	COMPAÑIA PUERTO CORONEL MUELLE SUR	ENEL GENERACION CT-BOCAMINA 1-2	SANTA MARIA COLBUN	LOTA PROTEIN	INDUSTRIA ISLA QUIHUA	CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCION	
Aceites y Grasas	48	-	-	-	-	140	-	130	108	270	-	-	-	-	231	-	340	-	102	48	120	
Ácidos Grasos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120
Ácidos Resínicos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120
Aluminio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120
Amonio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120
AOX	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120
Boro	-	-	-	-	-	-	-	130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cadmio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120
Carbono Orgánico Total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	118
Clorofila-a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	340	-	-	-	-	-
Cloruros	-	-	-	-	-	-	-	130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cobre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	340	-	-	-	-	-
Coliformes Fecales	48	-	-	-	-	-	-	-	111	-	-	-	-	-	231	-	340	-	-	48	33	
Coliformes Totales	48	-	-	-	-	-	-	-	112	-	-	-	-	-	231	-	-	-	-	-	33	
Color Verdadero	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120	
Cromo VI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	96	
Demanda Biológica de Oxígeno	48	-	-	-	-	40	-	130	112	-	-	-	-	-	231	112	-	-	-	48	-	
Demanda Química de Oxígeno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	231	112	-	-	-	-	-	
Detergentes Aniónicos	48	-	-	-	-	140	-	-	112	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48	-	
Dioxinas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	69	
Fosfato	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120	
Furanos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	65	
Hidrocarburos Totales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120	
Hierro Total	-	-	-	-	-	-	-	130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Índice Fenol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120	
Ligninas y Taninos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120	
Manganeso	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120	
Mercurio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120	
Nitrato	-	-	-	-	-	20	-	130	-	-	-	-	-	-	-	112	-	-	-	-	120	
Nitrito	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120	
Nitrógeno Amoniacal	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48	-	
Nitrógeno Kjeldahl	48	-	-	-	-	140	-	130	112	-	-	-	-	-	231	112	-	-	288	48	119	
Oxígeno disuelto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	216	-	
pH	-	-	-	-	-	140	-	100	8	216	-	-	-	-	165	32	-	-	336	48	120	
Plomo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120	
Salinidad	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Sólidos Disueltos Totales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120	
Sólidos Sedimentables	48	-	-	-	-	140	-	130	112	-	-	-	-	-	-	-	340	-	336	48	-	
Sólidos Suspendidos Totales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	340	-	-	-	96	
Sólidos Totales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	336	-	-	
Sulfatos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	340	-	-	-	-	
Sulfatos Disueltos	-	-	-	-	-	-	-	130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48	-	
Temperatura	-	-	-	-	-	20	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Transparencia	-	-	-	-	-	-	-	65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Calidad de sedimentos submareales

En la **Tabla 24**, se entrega para el total de Programas de Vigilancia analizados, el total de registros cuyos parámetros fueron efectuados por una ETFA. Se observa que, el total de información verificada ETFA da cuenta de 25 parámetros, con un total de 11.782 registros, siendo ENEL GENERACION CT-BOCAMINA 1-2 el PVA que presenta la mayor cantidad de registros verificados (N=2.380). A nivel de parámetros, la granulometría presenta la mayor cantidad de determinaciones (N=8.730).

Tabla 24. Total de registros verificados ETFA para sedimentos submareales.

Parámetro	ESSBIO SAN PEDRO	AGROINDUSTRIAS LOMAS COLORADAS	FORESTAL Y PAPELERA CONCEPCION	INMOBILIARIA E INVERSIONES POLYKARPO	OXIQUIM	PESQUERA FIORDO AUSTRAL	EWOS CHILE S.A.	RICOFOOD SA	PTAS PARQUE INDUSTRIAL CORONEL	CABO FROWARD	FOODCORP	PLANTA ORIZON PONIENTE	PESQUERA BAHIA CORONEL	PESQUERA CAMANCHACA	COMPAÑIA PUERTO CORONEL MUELLE NORTE	COMPAÑIA PUERTO CORONEL MUELLE SUR	ENEL GENERACION CT-BOCAMINA 1-2	SANTA MARIA COLBUN	LOTA PROTEIN	INDUSTRIA ISLA QUIHUA	CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCION	
Materia Orgánica Total	54	-	-	-	-	56	-	65	56	135	-	-	-	-	121	64	340	52	72	24	40	
Granulometría	648	-	-	-	-	327	-	585	504	1215	-	-	-	-	1210	640	2040	585	504	192	280	
Ácidos Grasos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
Ácidos Resínicos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
Aluminio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
AOX	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
Cadmio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
Carbono Orgánico Total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
Cobre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
Cromo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
Cromo VI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
Dioxinas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33
EOX	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
Furanos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28
Hidrocarburos Totales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
Hierro Total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
Ligninas y Taninos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
Lípidos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
Mercurio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
Plomo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
pH	36	-	-	-	-	-	-	65	52	-	-	-	-	-	121	-	-	-	-	72	24	-
Potencial Redox	30	-	-	-	-	-	-	65	52	-	-	-	-	-	121	-	-	-	-	72	24	40
Sulfuros	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
Zinc	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
Temperatura	36	-	-	-	-	-	-	60	52	-	-	-	-	-	110	64	-	-	-	72	24	-

Calidad de sedimentos intermareales

En la **Tabla 25**, se entrega para el total de Programas de Vigilancia analizados, el total de registros cuyos parámetros fueron efectuados por una ETFA. Se observa que, el total de información verificada ETFA da cuenta de 5 parámetros, con un total de 4.254 registros, siendo PTAS PARQUE INDUSTRIAL CORONEL el PVA que presenta la mayor cantidad de registros verificados (N=728). A nivel de parámetros, la granulometría presenta la mayor cantidad de determinaciones (N=3.145).

Tabla 25. Total de registros verificados ETFA para sedimentos intermareales.

Parámetro	ESSBIO SAN PEDRO	AGROINDUSTRIAS LOMAS COLORADAS	FORESTAL Y PAPELERA CONCEPCION	INMOBILIARIA E INVERSIONES POLYKARPO	OXIQUM	PESQUERA FIORDO AUSTRAL	EWOS CHILE S.A.	RIFOFOOD SA	PTAS PARQUE INDUSTRIAL CORONEL	CABO FROWARD	FOODCORP	PLANTA ORIZON PONIENTE	PESQUERA BAHIA CORONEL	PESQUERA CAMANCHACA	COMPAÑIA PUERTO CORONEL MUELLE NORTE	COMPAÑIA PUERTO CORONEL MUELLE SUR	ENEL GENERACION CT-BOCAMINA 1-2	SANTA MARIA COLBUN	LOTA PROTEIN	INDUSTRIA ISLA QUIHUA	CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCION
Materia Orgánica Total	-	-	-	-	-	70	-	52	56	-	-	-	-	-	94	-	-	39	24	24	-
Granulometría	-	-	-	-	-	420	-	468	504	-	-	-	-	-	940	-	-	453	168	192	-
pH	-	-	-	-	-	-	-	52	56	-	-	-	-	-	94	-	-	-	24	24	-
Potencial Redox	-	-	-	-	-	-	-	52	56	-	-	-	-	-	94	-	-	-	24	24	-
Temperatura	-	-	-	-	-	-	-	52	56	-	-	-	-	-	94	-	-	-	24	24	-

Comunidades de la macrofauna submareal e intermareal

Para el caso de los subcomponentes comunidades de la macrofauna submareal e intermareal, no existe acreditación por parte del INN, y, por lo tanto, no corresponde analizar la calidad de la información en virtud del cumplimiento ETFA.

Comunidades del plancton

Del mismo modo, para el caso de los subcomponentes comunidades fito, zoo e ictioplancton, no existe acreditación por parte del INN, y, por lo tanto, no corresponde analizar la calidad de la información en virtud del cumplimiento ETFA.

Otros subcomponentes ambientales

En la **Tabla 26**, se entregan registros verificados ETFA en subcomponentes ambientales que son analizados únicamente por el PVA de CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCION. Este programa de vigilancia considera el análisis de calidad química de agua y sedimentos de río, en puntos de muestreo ubicados en los ríos Carampangue y Laraquete. En el caso de la calidad de agua de río verificada ETFA se registró un monitoreo de 31 parámetros con un total de 418 registros, mientras que en sedimentos la cantidad de parámetros monitoreados alcanzó 23, con un total de 287 registros.

Tabla 26. Total de registros verificados ETFA para otros subcomponente ambientales monitoreados únicamente por PVA de CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCION.

Parámetro	AGUA DE RÍO	SEDIMENTO RÍO
Aceites y Grasas	15	-
Ácidos Grasos	15	10
Ácidos Resínicos	15	10
Aluminio	15	10
Amonio	15	-
AOX	15	10
Cadmio	15	10
Carbono Orgánico Total	15	10
Clorato	15	-
Cobre	-	10
Coliformes Fecales	9	-
Coliformes Totales	9	-
Color Verdadero	15	-
Cromo	-	10
Cromo VI	9	10
Demanda Biológica de Oxígeno	9	-
Demanda Química de Oxígeno	9	-
Dioxinas	9	10
EOX	-	10
Fosfato	15	-
Fósforo	0	-
Furanos	10	7
Granulometría	-	70
Hidrocarburos totales	15	10
Hierro	-	10
Índice Fenol	12	-
Ligninas y Taninos	15	10
Lípidos	-	10
Manganeso	15	-
Materia Orgánica Total	-	10
Mercurio	15	10
Nitrato	15	-
Nitrito	15	-
Nitrógeno Kjeldahl	15	-
pH	12	-
Plomo	15	10
Potencial Redox	-	10
Sólidos Disueltos Totales	15	-
Sólidos Suspendidos Totales	15	-
Sulfato	15	-
Sulfuros	-	10
Zinc	-	10

5.3.1.4.3 Información validada

Hidrografía

En la **Tabla 27**, se entrega para el total de Programas de Vigilancia analizados, el total de registros validados de acuerdo a la información de las metodologías informadas para columna de agua.

Se observa que, el total de información validada da cuenta sólo de 3 parámetros, con un total de 1338 registros, siendo PESQUERA FIORDO AUSTRAL el único PVA que presenta la mayor cantidad de registros validados. A nivel de parámetros, Temperatura, Salinidad y Oxígeno Disuelto son los que presentan la mayor cantidad de determinaciones (N=446).

Tabla 27. Total de registros validados para hidrografía en columna de agua.

Parámetro	ESSBIO SAN PEDRO	AGROINDUSTRIAS LOMAS COLORADAS	FORESTAL Y PAPELERA CONCEPCION	INMOBILIARIA E INVERSIONES POLYKARPO	OXIQUM	PESQUERA FIORDO AUSTRAL	EWOS CHILE S.A.	RICOFOOD SA	PTAS PARQUE INDUSTRIAL CORONEL	CABO FROWARD	FOODCORP	PLANTA ORIZON PONIENTE	PESQUERA BAHIA CORONEL	PESQUERA CAMANCHACA	COMPAÑIA PUERTO CORONEL MUELLE NORTE	COMPAÑIA PUERTO CORONEL MUELLE SUR	ENEL GENERACION CT-BOCAMINA 1-2	SANTA MARIA COLBUN	LOTA PROTEIN	INDUSTRIA ISLA QUIHUA	CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCION	
Oxigeno disuelto	-	-	-	-	-	446	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Temperatura	-	-	-	-	-	446	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Salinidad	-	-	-	-	-	446	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Calidad de agua submareal

En la **Tabla 28**, se entrega para el total de Programas de Vigilancia analizados, el total de registros cuyos parámetros fueron validados para la matriz agua de mar. Se observa que, el total de información validada da cuenta de sólo 23 parámetros, con un total de 2.709 registros, siendo CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCION el único PVA que cuenta con información cuyas metodologías, y técnicas de laboratorio están validadas para la matriz agua de mar. A nivel de parámetros, el número de registros validados oscila entre 96 y 120 determinaciones.

Tabla 28. Total de registros validados para agua de mar.

Parámetro	ESSBIO SAN PEDRO	AGROINDUSTRIAS LOMAS COLORADAS	FORESTAL Y PAPELERA CONCEPCION	INMOBILIARIA E INVERSIONES POLYKARPO	OXIQUIM	PESQUERA FIORDO AUSTRAL	EWOS CHILE S.A.	RIFOFOOD SA	PTAS PARQUE INDUSTRIAL CORONEL	CABO FROWARD	FOODCORP	PLANTA ORIZON PONIENTE	PESQUERA BAHIA CORONEL	PESQUERA CAMANCHACA	COMPAÑIA PUERTO CORONEL MUELLE NORTE	COMPAÑIA PUERTO CORONEL MUELLE SUR	ENEL GENERACION CT-BOCAMINA 1-2	SANTA MARIA COLBUN	LOTA PROTEIN	INDUSTRIA ISLA QUIHUA	CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCION	
Aceites y Grasas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120
Ácidos Grasos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120
Ácidos Resínicos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120
Aluminio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120
Amonio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120
AOX	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120
Cadmio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120
Carbono Orgánico Total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	118
Color Verdadero	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120
Cromo VI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	96
Fosfato	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120
Fosforo Total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120
Hidrocarburos Totales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120
Índice Fenol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120
Ligninas y Taninos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120
Manganeso	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120
Mercurio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120
Nitrato	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120
Nitrito	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120
Nitrógeno Kjeldahl	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	119
Plomo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120
Sólidos Disueltos Totales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120
Sólidos Suspendidos Totales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	96

Calidad de sedimentos submareales

En la **Tabla 29**, se entrega para el total de Programas de Vigilancia analizados, cuyos parámetros fueron validados para la matriz sedimentos marinos. Se observa que, el total de información validada da cuenta de 30 parámetros, con un total de 13.505 registros, siendo ENEL GENERACION CT-BOCAMINA 1-2 el PVA que presenta la mayor cantidad de registros verificados (N=4.073). A nivel de parámetros, la granulometría presenta la mayor cantidad de parámetros validados (N=8.730), esto debido a que la gran mayoría de entidades que efectúan estos análisis, lo realizan bajo los estándares de la R. Ex. 3612 donde se establecen las metodologías para granulometría, MOT, potencial redox, pH y temperatura en sedimentos marinos.

Tabla 29. Total de registros validados para sedimentos submareales.

Parámetro	ESSBIO SAN PEDRO	AGROINDUSTRIAS LOMAS COLORADAS	FORESTAL Y PAPELERA CONCEPCION	INMOBILIARIA E INVERSIONES POLYKARPO	OXIQUIM	PESQUERA FIORDO AUSTRAL	EWOS CHILE S.A.	RIFOOD SA	PTAS PARQUE INDUSTRIAL CORONEL	CABO FROWARD	FOODCORP	PLANTA ORIZON PONIENTE	PESQUERA BAHIA CORONEL	PESQUERA CAMANCHACA	COMPAÑIA PUERTO CORONEL MUELLE NORTE	COMPAÑIA PUERTO CORONEL MUELLE SUR	ENEL GENERACION CT-BOCAMINA 1-2	SANTA MARIA COLBUN	LOTA PROTEIN	INDUSTRIA ISLA QUIHUA	CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCION	
Materia Orgánica Total	54	-	-	-	-	56	-	65	56	135	-	-	-	-	121	64	340	52	72	24	40	
Granulometría	648	-	-	-	-	327	-	585	504	1215	-	-	-	-	1210	640	2040	585	504	192	280	
Ácidos Grasos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
Ácidos Resínicos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
Aluminio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
AOX	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
Cadmio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
Carbono Orgánico Total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
Cobre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
Cromo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
Cromo VI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
Dioxinas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33
EOX	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
Furanos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28
Hidrocarburos Totales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
Hierro Total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
Ligninas y Taninos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
Lípidos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
Mercurio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
Plomo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
pH	36	-	-	-	-	-	-	65	52	-	-	-	-	-	121	-	-	-	-	72	24	-
Potencial Redox	30	-	-	-	-	-	-	65	52	-	-	-	-	-	121	-	-	-	-	72	24	40
Sulfuros	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
Zinc	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
Temperatura	36	-	-	-	-	-	-	60	52	-	-	-	-	-	110	64	-	-	-	72	24	-

Calidad de sedimentos intermareales

En la **Tabla 30**, se entrega para el total de Programas de Vigilancia analizados, el total de registros cuyos parámetros fueron validados para la matriz sedimentos marinos. Se observa que, el total de información verificada ETFA da cuenta de 5 parámetros, con un total de 2.206 registros, siendo **COMPAÑÍA PUERTO CORONEL MUELLE NORTE** el PVA que presenta la mayor cantidad de registros validados (N=1316). A nivel de parámetros, la granulometría presenta la mayor cantidad de determinaciones (N=1.630), al igual que en sedimentos submareales, esto se debe a que la gran mayoría de entidades que efectúan estos análisis, lo realizan bajo los estándares de la R. Ex. 3612 donde se establecen las metodologías para granulometría, MOT, potencial redox, pH y temperatura en sedimentos marinos.

Tabla 30. Total de registros validados para sedimentos intermareales.

Parámetro	ESSBIO SAN PEDRO	AGROINDUSTRIAS LOMAS COLORADAS	FORESTAL Y PAPELERA CONCEPCION	INMOBILIARIA E INVERSIONES POLYKARPO	OXIQUIM	PESQUERA FIORDO AUSTRAL	EWOS CHILE S.A.	RIFOOD SA	PTAS PARQUE INDUSTRIAL CORONEL	CABO FROWARD	FOODCORP	PLANTA ORIZON PONIENTE	PESQUERA BAHIA CORONEL	PESQUERA CAMANCHACA	COMPAÑIA PUERTO CORONEL MUELLE NORTE	COMPAÑIA PUERTO CORONEL MUELLE SUR	ENEL GENERACION CT-BOCAMINA 1-2	SANTA MARIA COLBUN	LOTA PROTEIN	INDUSTRIA ISLA QUIHUA	CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCION
Materia Orgánica Total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24	-	56	-	94	-	-	-	24	24	-
Granulometría	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48	-	450	-	940	-	-	-	-	192	-
pH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	94	-	-	-	24	-	-
Potencial Redox	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	94	-	-	-	24	-	-
Temperatura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	94	-	-	-	24	-	-

Comunidades de la macrofauna submareal e intermareal

Para el caso de los subcomponentes comunidades de la macrofauna submareal e intermareal, debido a que no existe acreditación ni técnicas de muestreo específicas, no corresponde analizar la validación de la información presentada por las UF en relación a estos parámetros. No obstante, en el **Numeral 5.3.2.5**, se realiza un análisis crítico en términos generales de la información entregada por las UFs en relación a las comunidades de la macrofauna.

Comunidades del plancton

Del mismo modo, para el caso de los subcomponentes comunidades fito, zoo e ictioplancton, no existe acreditación por parte del INN, ni tampoco técnicas específicas, y, por lo tanto, no corresponde analizar la validación de la información presentada por las UF en relación a estos parámetros. No obstante, en el **Numeral 5.3.2.5**, se realiza un análisis crítico en términos generales de la información entregada por las UFs en relación a las comunidades del plancton.

Otros subcomponentes ambientales

En la **Tabla 31**, se entregan registros validados en subcomponentes ambientales que son analizados únicamente por el PVA de CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCION. En el caso de la calidad de agua de río se registró el monitoreo de 25 parámetros con un total de 366 registros validados, mientras que en sedimentos de río la cantidad de registros validados alcanzó 22, con un total de 277 registros. En el caso de la calidad de organismos (análisis de tejido) en el ambiente intermareal, se registró un monitoreo de 11 parámetros con un total de 161 registros validados, mientras que en los organismos submareales se registró el monitoreo de 11 parámetros con un total de 441 registros validados.

Tabla 31. Total de registros verificados ETFA para otros subcomponente ambientales monitoreados únicamente por PVA de CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCION.

Parámetro	AGUA DE RÍO	SEDIMENTO RÍO	ORGANISMOS INTERMAREAL	ORGANISMOS SUBMAREAL
Aceites y Grasas	15	-	-	-
Ácidos Grasos	15	10	15	41
Ácidos Resínicos	15	10	15	41
Aluminio	15	10	-	-
Amonio	15	-	-	-
AOX	15	10	15	44
Cadmio	15	10	15	42
Carbono Orgánico Total	15	10	-	-
Clorato	15	-	-	-
Clorofenoles	-	-	15	41
Cobre	-	10	-	-
Coliformes Fecales	0	-	-	-
Coliformes Totales	0	-	-	-
Color Verdadero	15	-	-	-
Cromo	-	10	-	-
Cromo VI	9	10	-	-
Demanda Biológica de Oxígeno	0	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno	0	-	-	-
Dioxinas	0	10	15	42
EOX	-	10	15	41
Fosfato	15	-	-	-
Fósforo	15	-	-	-
Furanos	0	7	11	24
Granulometría	-	70	-	-
Hidrocarburos totales	15	0	-	-
Hierro	-	10	-	-
Índice Fenol	12	-	-	-
Ligninas y Taninos	15	10	-	-
Lípidos	-	10	15	41
Manganeso	15	-	-	-
Materia Orgánica Total	-	10	-	-
Mercurio	15	10	15	42
Nitrato	15	-	-	-
Nitrito	15	-	-	-
Nitrógeno Kjeldahl	15	-	-	-
pH	0	-	-	-
Plomo	15	10	15	42
Potencial Redox	-	10	-	-
Sólidos Disueltos Totales	15	-	-	-
Sólidos Suspendidos Totales	15	-	-	-
Sulfato	15	-	-	-
Sulfuros	-	10	-	-
Zinc	-	10	-	-

5.3.1.5 *Análisis crítico de comunidades de la macrofauna y del plancton*

A partir de una revisión de las bases de datos que se entregan en el **Anexo Digital 01**, se entregan algunas observaciones generales y alcances de la biodiversidad marina representativa del Golfo de Arauco, principalmente acotada a su sección oriental.

Como primer punto, es necesario señalar que todos los análisis, resultados y conclusiones estuvieron circunscritos solamente a las bases de datos obtenidas para los 21 Programas de Vigilancia Ambiental (PVA) tenidos a la vista y para el período comprendido entre los años 2007 y 2020 (**Tablas 1 y 2**). De lo anterior, se desprende que, aunque es probable que una mayor cantidad de información esté disponible, esta no es parte de las conclusiones alcanzadas por el presente estudio.

En general se identificó 4 bases de datos, en adelante definidas como:

- 1) Macrofauna Submareal de Fondos Sedimentarios
- 2) Macrofauna Intermareal de Playas de Arena
- 3) Zooplancton
- 4) Fitoplancton

Cada una de ellas es particular, tanto en extensión espacial como temporal, además de sus particularidades metodológicas.

Para las 4 bases de datos, en general, se puede señalar que han sido realizadas por diferentes entidades técnicas (ej. Laboratorios, Consultoras, Universidades, etc.), las cuales cambian incluso dentro de un mismo PVA en el transcurso del tiempo.

En el caso de la Macrofauna Submareal de Fondos Sedimentarios, en resumen, se puede observar que las muestras han sido obtenidas mediante diferentes técnicas e instrumentos. Por ejemplo, utilizando dragas de diferente área de mascada y cernido de las muestras biológicas por tamices de diferente tamaño de abertura (1 mm vs 0,5 mm).

Para muestras de Macrofauna Intermareal de Playas de Arena, se observan también diferentes estrategias de muestreos para cada PVA. Las diferencias van, por ejemplo, desde el número de transectos, número de réplicas, diámetro de los corer, separación entre muestras, entre otras.

Para las muestras obtenidas para cuantificar el Zooplancton y el Fitoplancton, en general, se observa similar patrón. Es decir, cada PVA desarrolla su propia metodología y diseño muestral. Las diferencias se observan en tipos de redes, abertura de tramas, preservación, entre otras.

En términos comparativos la mayor fuente de información espacial y temporal ha sido generada para la Macrofauna Submareal de Fondos Sedimentarios, en segundo lugar, para la Macrofauna Intermareal de Playas de Arena y, en tercer lugar y en mucho menor magnitud para el Zooplancton y el Fitoplancton.

Espacialmente, para el Golfo de Arauco, son principalmente 3 áreas las que han sido caracterizadas: Bahía Coronel, Sector de Escuadrón, Bahía de Lota y Arauco-Laraquete, todas ellas ubicadas en el margen costero oriental.

5.3.1.6 *Análisis transversal de UF*

A partir del total de información recabada de los Planes de Vigilancia Ambiental, se seleccionó aquellos parámetros más transversales, con los cuales se efectuó un análisis estadístico integrado de estos datos, el cual se entrega en el **Anexo 5**.

En términos generales, los resultados de este análisis indican que las bases de datos asociadas a los monitoreos ambientales, permitieron observar la existencia de patrones espaciales medianamente definidos. En el caso de la columna de agua submareal, se observó que las concentraciones de Sólidos Suspendidos se elevan frente a Bahía Coronel, mientras que los niveles de transparencia resultan más altos en las zonas de Escuadrón y Arauco. Temporalmente se observa una tendencia hacia la acidificación para el pH en columna de agua, con una disminución en los SSus.

Para el caso de los sedimentos del intermareal, se observó un patrón espacial definido, tanto en el caso de MOT como en el caso de la granulometría, con mayores niveles de MOT y sedimentos más finos en las UF ubicadas en Lota. Los sedimentos del submareal mostraron un incremento de MOT y potenciales Redox más negativos en Bahía Coronel, con una tendencia temporal asociada a incrementos en Temp, con valores de REDOX más negativos. La temperatura mostró diferencias estacionales (estival, invernal) estadísticamente significativas y la granulometría exhibió un patrón espacial definido por fracciones de sedimento más finas en Bahía Coronel y Lota.

5.3.2 Base de datos del POAL

5.3.2.1 Análisis descriptivo de las bases de datos disponibles

En las **Figuras 5 a 10** se entrega la ubicación de los puntos de muestreo y un análisis descriptivo de las bases de datos recopiladas.

5.3.2.1.1 Columna de Agua

La distribución de estaciones de columna de agua del POAL (**Figura 5**) revela la presencia de 1 estaciones en el sector Escuadrón, 3 estaciones en Bahía Coronel, 2 estaciones en Lota, 4 estaciones en el Golfo de Arauco y 4 en el humedal Tubul-Raqui.

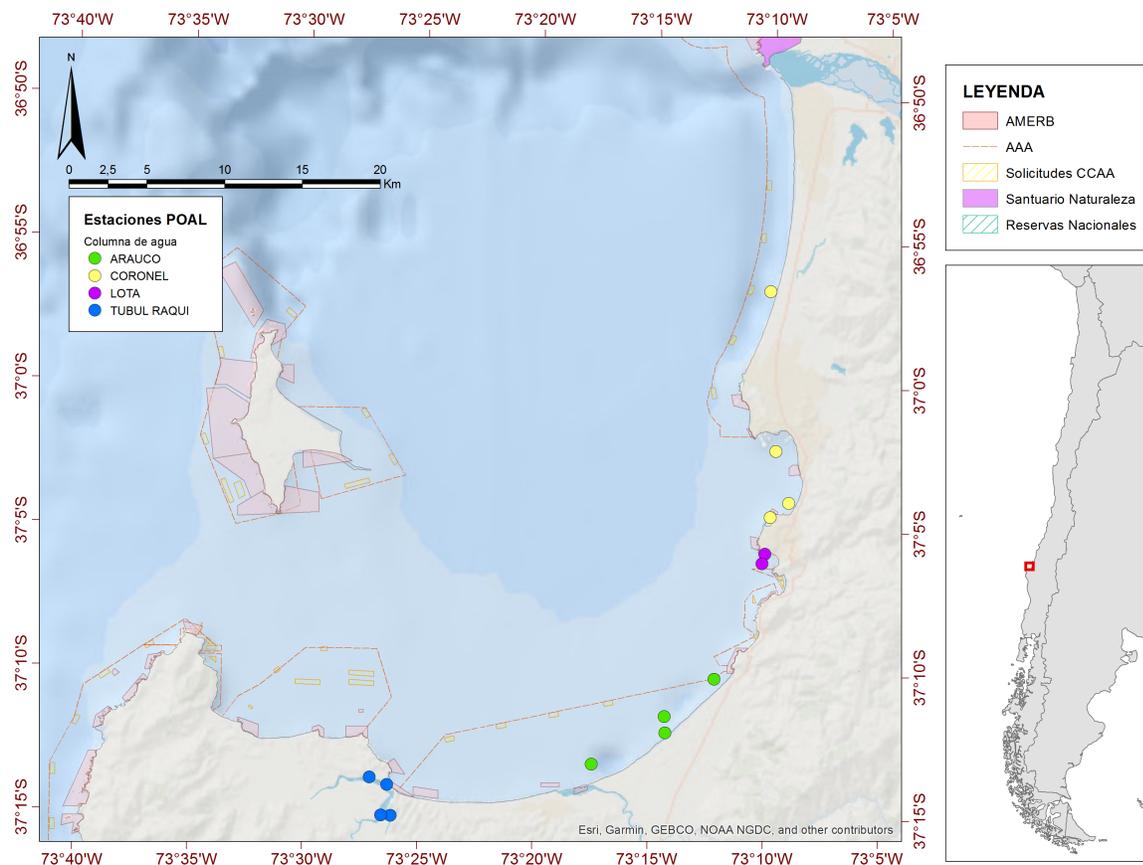


Figura 5. Distribución espacial de estaciones de monitoreo de columna de agua en el POAL.

El análisis de transversalidad de los datos (**Figura 6**), revela cambios notables en los parámetros medidos en columna de agua a partir del 2012. Para el análisis estadístico que se entrega en el **Anexo 6**, se ha considerado sólo los datos entre los años 2013 y 2017, para los cuales se cuenta con la información asociada a las metodologías y técnicas de laboratorio.

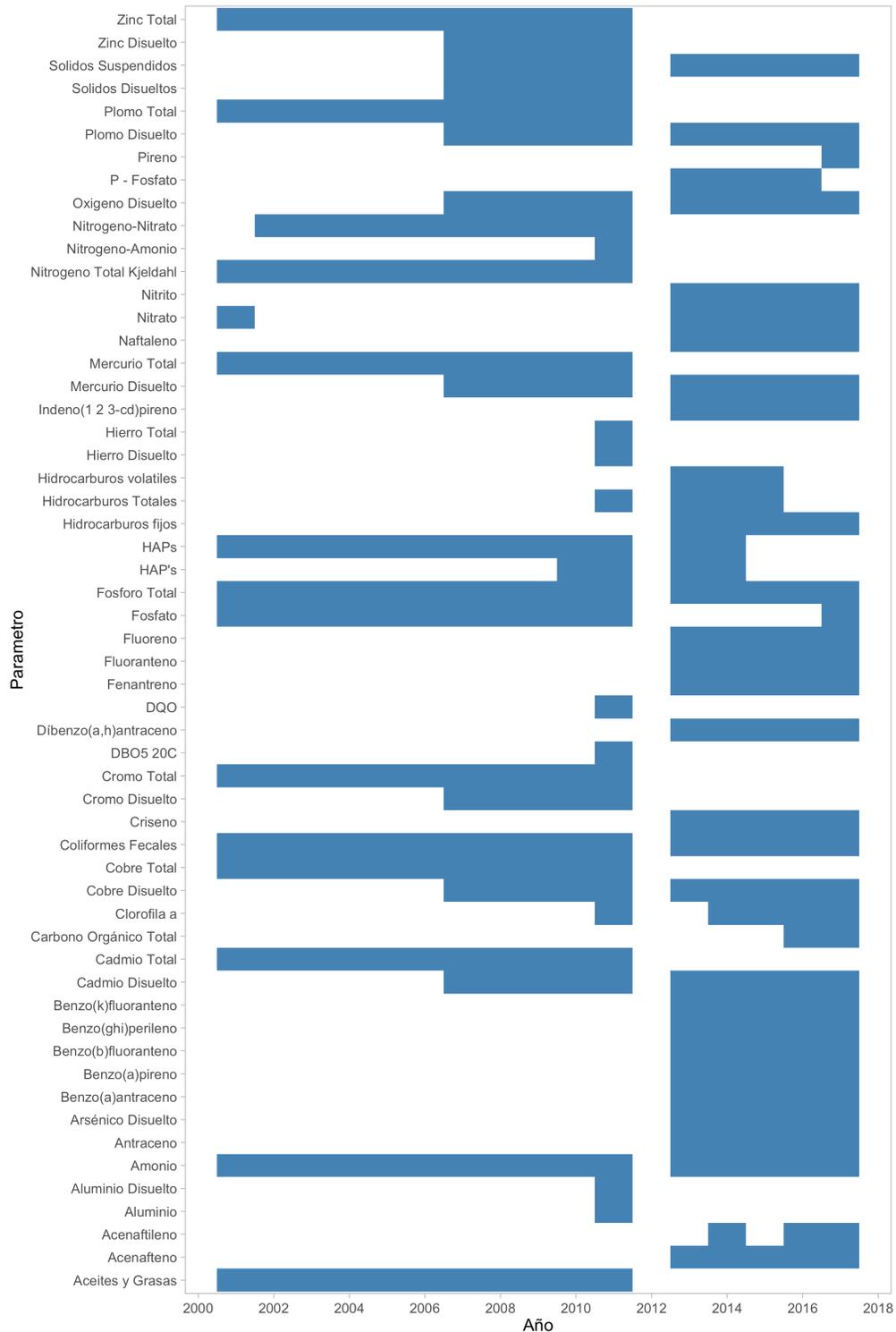


Figura 6. Heatmap para el análisis temporal de parámetros medidos por el POAL en columna de agua submareal del Golfo de Arauco.

5.3.2.1.2 Sedimentos

La distribución de estaciones de sedimentos del POAL (**Figura 7**) revela la presencia de 3 estaciones en el sector Escudrón, 7 estaciones en Bahía Coronel, 4 estaciones en Bahía Lota, 4 estaciones en el Golfo de Arauco y 4 en el humedal Tubul-Raqui.

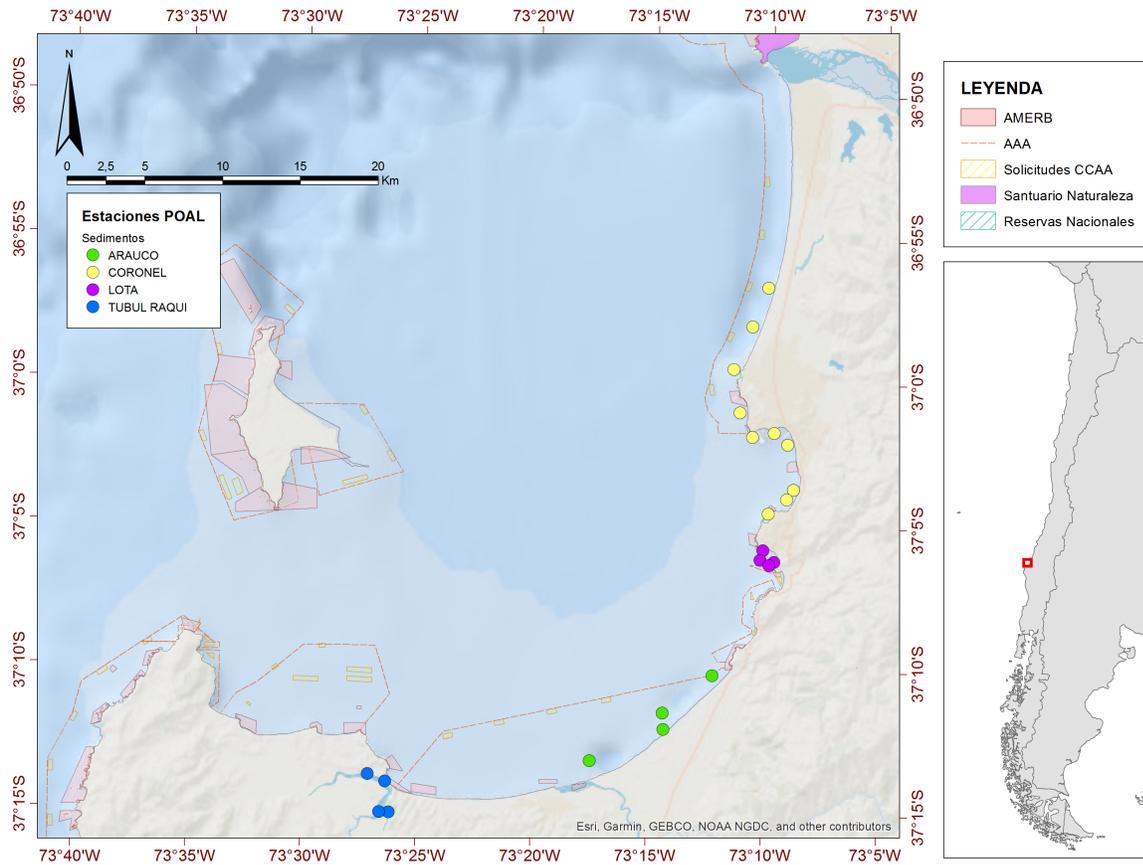


Figura 7. Distribución espacial de estaciones de monitoreo de sedimentos en el POAL.

El análisis de transversalidad de los datos (**Figura 8**), revela también cambios en los parámetros medidos en sedimentos a partir del 2013. Se destaca que, a contar del 2013, se incorpora el análisis de las fracciones granulométricas. Al igual que para calidad de agua, el análisis estadístico que se entrega en el **Anexo 6**, considera sólo aquellos datos medidos entre los años 2013 y 2017.

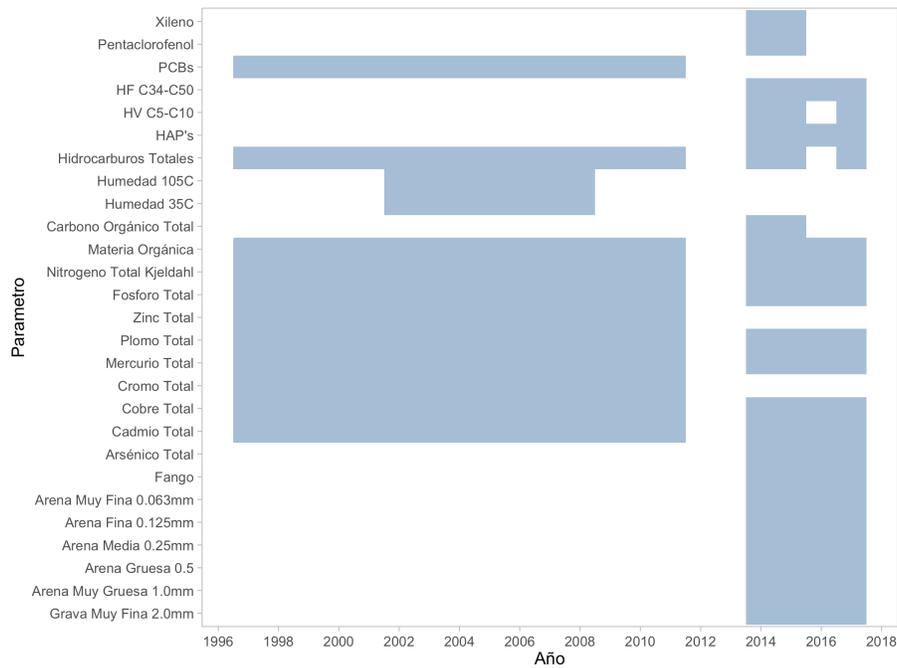


Figura 8. Heatmap para el análisis temporal de parámetros medidos por el POAL en sedimentos del Golfo de Arauco.

5.3.2.1.3 Biota

Los monitoreos de biota del POAL en el Golfo de Arauco se desarrollan en 3 estaciones ubicadas en Bahía Coronel y 1 estación en Lota (**Figura 9**).

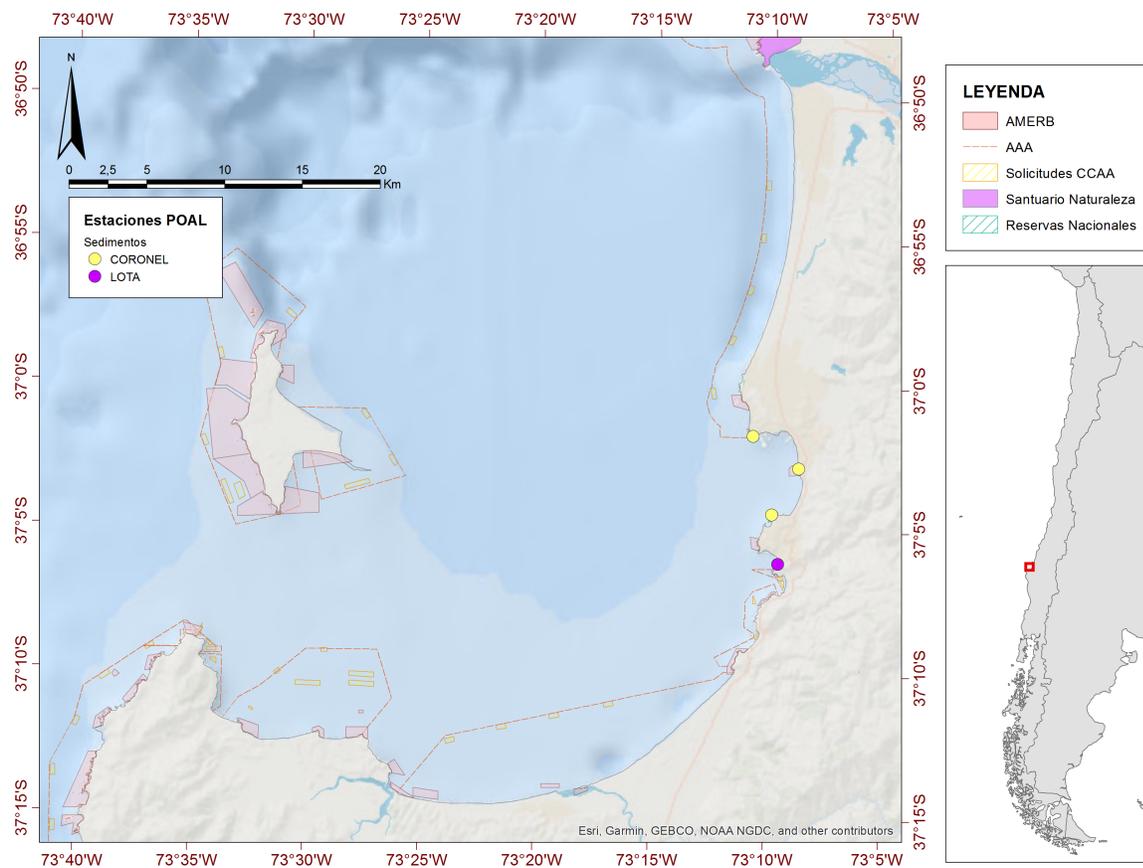


Figura 9. Distribución espacial de estaciones de monitoreo de biota en el POAL.

El análisis de transversalidad de los datos (**Figura 10**), revela cambios en los parámetros medidos en organismos a partir del 2013. Al igual que para calidad de agua y sedimentos, el análisis estadístico que se entrega en el **Anexo 6**, considera sólo aquellos datos medidos entre los años 2013 y 2017.

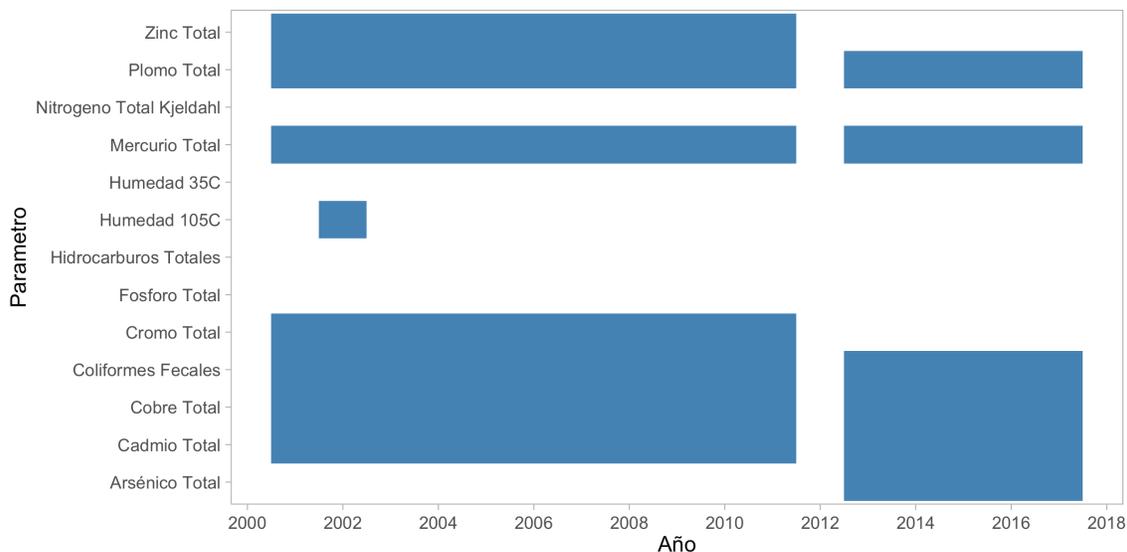


Figura 10. Heatmap para el análisis temporal de parámetros medidos por el POAL en organismos obtenidos del Golfo de Arauco.

5.3.2.2 Análisis crítico de las técnicas de laboratorio

El análisis de las técnicas de laboratorio del POAL, se efectuaron sobre la base de la información disponible, la cual correspondió a las técnicas utilizadas por el Programa de Observación del Ambiente Litoral (POAL) en el periodo 2013 a 2017. Los métodos utilizados para el análisis de las aguas marinas en el POAL están basados en el Standard Method (SM) a excepción de los hidrocarburos volátiles que se basan en la Norma Chilena 2317. En general estos procedimientos analíticos han sido desarrollados para aguas y aguas residuales, y por lo tanto no deben ser utilizados directamente en la matriz marina sin previa validación, ya que el agua de mar es un matriz extremadamente compleja que contiene una gran cantidad de interferentes (dependiendo de la salinidad), y por lo tanto utilizar los métodos de SM no es adecuado sin previamente realizar un exhaustivo procedimiento que elimine los interferentes que genera el agua de mar y que permita obtener porcentajes de recuperación y límites de cuantificación acordes con la matriz marina.

5.3.2.2.1 Agua

La condición antes mencionada es la principal causa de que los límites de detección informados para los metales (Hg, Cd, Cu y Pb) por el POAL, se encuentren sobre los rangos esperables para aguas marinas naturales reportados en la zona centro sur de Chile (Ahumadas, 1994; Carrera et al., 1993; Díaz, 1993; Serplac, 1980). Por otra parte, las metodologías informadas para los compuestos orgánicos, en específico, las referentes a hidrocarburos presentan límites de

detección que están entre 1 a 2 órdenes de magnitud por sobre las concentraciones esperadas para aguas naturales costeras (Bonert et al., 2006; Montuori et al., 2016). Esto se debe a que la técnica utilizada para medición corresponde al método gravimétrico, el cual presenta una alta inespecificidad, baja resolución y reproducibilidad en bajas concentraciones todo lo cual no es adecuado cuando se trabaja con muestras de agua de mar.

5.3.2.2.2 *Sedimentos*

Las metodologías utilizadas para los sedimentos marinos informados por el POAL, están basadas en el caso de los metales en métodos EPA con límites de detección que se encuentran en el rango de las concentraciones esperables para sedimentos marinos superficiales, en tanto, que las metodologías utilizadas para compuestos orgánicos y nutrientes (Hidrocarburos Fijos, Hidrocarburos Volátiles, Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos, Xileno, Pentaclorofenol, Nitrógeno Kjeldahl y Fósforo) no son adecuadas y los límites de detección no permiten cuantificar estos elementos cuando están presentes en el rango bajo, lo que se traduce en un alto número de determinaciones bajo el límite de detección del método.

5.3.2.2.3 *Biota*

En cuanto a los análisis realizados en tejido biológico estos corresponden a metales, donde las metodologías propuestas para Cd, Pb y Hg corresponden a la Norma Chilena para el análisis de especies hidrobiológicas y que son las metodologías utilizadas y recomendadas por las Manual de Inocuidad y Certificación Alimentaria (Sernapesca, 2018). En este sentido, las técnicas utilizadas si son las apropiadas acorde a la reglamentación sanitaria para el consumo humano. Al comparar los LD de organismos del POAL versus los valores informados por Salamanca et al. (2019) en bivalvos, podemos mencionar que los LD POAL están muy cercanos a las concentraciones más bajas registradas para bivalvos colectados desde la zona costera de la octava región, y en particular los LD POAL están sobre el rango más bajo registrado para Pb y Hg por Salamanca et al., 2019.

El análisis de las bases de datos POAL para el periodo 2013-2017 se entrega en el **Anexo 6**, cuyos resultados del revelan la existencia de una alta variabilidad en los rangos observados, sin observarse patrones espaciales o temporales claramente definidos. En el caso de la columna de agua submareal, se observó que el 61% de los parámetros medidos mostró el 100% de los datos bajo los límites de detección. En el caso de sedimentos, 3 parámetros mostraron el 100% de los registros bajo el límite de detección, mientras que, en el caso de la biota, no se observó

parámetros que mostraran altos porcentaje de datos bajo los límites de detección de las técnicas de laboratorio.

En columna de agua, la zona de Tubul-Raqui mostró mayores concentraciones de Sólidos Suspendidos y Coliformes Fecales, mientras que en la zona de Coronel se observó la mayor variabilidad. En cuanto a los parámetros medidos en sedimentos se observó que las mayores concentraciones de metales y parámetros orgánicos se observó en la zona de Lota, con una amplia variabilidad asociada a la zona de Coronel y menores concentraciones en Arauco y Tubul-Raqui. En el caso de las mediciones en biota, se observó que los organismos extraídos desde Lota tienden a mostrar mayores concentraciones de Coliformes Fecales, mientras que en la estación 050-B-Cr, ubicada al norte de Bahía Coronel, mostró la mayor variabilidad.

5.3.2.3 Selección de parámetros con base en análisis crítico

5.3.2.3.1 Total de información disponible

En la **Tabla 32** se entrega el total de registros disponible para la matriz agua de mar. Se observa que el total de información disponible da cuenta de un total de 50 parámetros medidos dentro del Golfo de Arauco, con un total de 6615 registros. No obstante, sólo la información disponible entre los años 2013 a 2017 cuenta con información asociada a las metodologías y técnicas de laboratorio, para la cual es posible analizar su calidad. De esta forma de los 50 parámetros analizados, solo 33 cuentan con información disponible de las técnicas de laboratorio y un total de 2266 registros.

Tabla 32. Total de registros disponibles para la matriz agua de mar entre los años 2013-2017.

Parámetro	POAL	POAL 2013-2017
Aceites y Grasas	214	-
Acenafteno	80	80
Acenaftileno	46	46
Aluminio Disuelto	10	-
Amonio	276	76
Antraceno	80	80
Arsénico Disuelto	80	80
Benzo(a)antraceno	80	80
Benzo(a)pireno	80	80
Benzo(b)fluoranteno	80	80
Benzo(ghi)perileno	80	80
Benzo(k)fluoranteno	80	80
Cadmio Disuelto	228	80
Cadmio Total	214	-
Cobre Disuelto	228	80
Cobre Total	214	-
Coliformes Fecales	292	79
Criseno	80	80
Cromo Disuelto	148	-
Cromo Total	214	-
Dibenzo(a,h)antraceno	80	80
Fenantreno	80	80
Fluoranteno	80	80
Fluoreno	80	80
Fosfato	230	16
Fosforo Total	204	-
HAPs	238	30
Hidrocarburos Fijos	76	76
Hidrocarburos Totales	54	44
Hidrocarburos Volátiles	44	44
Hierro Disuelto	10	-
Hierro Total	10	-
Indeno(1 2 3-cd)pireno	80	80
Mercurio Disuelto	228	80
Mercurio Total	214	-
Naftaleno	80	80
Nitrato	86	76
Nitrito	76	76
Nitrógeno Total Kjeldahl	212	-
Nitrógeno-Amonio	14	-
Nitrógeno-Nitrato	204	-
Oxígeno Disuelto	175	27
P - Fosfato	60	60
Pireno	16	16
Plomo Disuelto	228	80
Plomo Total	214	-
Sólidos Disueltos	148	-
Sólidos Suspendidos	228	80
Zinc Disuelto	148	-
Zinc Total	214	-

En la **Tabla 33** se entrega el total de registros disponible para la matriz de sedimentos. Se observa que el total de información disponible da cuenta de un total de 21 parámetros medidos dentro del Golfo de Arauco, con un total de 6317 registros. No obstante, sólo la información disponible entre los años 2013 a 2017 cuenta con información asociada a las metodologías y técnicas de laboratorio, para la cual es posible analizar su calidad. De esta forma de los 21 parámetros analizados, solo 16 cuentan con información disponible de las técnicas de laboratorio y un total de 3044 registros.

Tabla 33. Total de registros disponibles para la matriz sedimentos marinos entre los años 2013-2017.

Parámetro	POAL	POAL 2013-2017
Granulometría	1071	1071
Arsénico Total	154	154
Cadmio Total	448	154
Carbono Orgánico Total	90	90
Cobre Total	448	154
Cromo Total	294	-
Fosforo Total	430	136
HAPs	153	153
HF C34-C50	154	154
Hidrocarburos Totales	335	118
Humedad 105C	91	-
Humedad 35C	91	-
HV C5-C10	118	118
Materia Orgánica	448	154
Mercurio Total	442	154
Nitrógeno Total Kjeldahl	443	136
PCBs	221	-
Pentaclorofenol	72	72
Plomo Total	448	154
Xileno	72	72
Zinc Total	294	-

En la **Tabla 34** se entrega el total de registros disponible para biota. Se observa que el total de información disponible da cuenta de un total de 13 parámetros medidos dentro del Golfo de Arauco, con un total de 567 registros. No obstante, sólo la información disponible entre los años 2013 a 2017 cuenta con información asociada a las metodologías y técnicas de laboratorio, para la cual es posible analizar su calidad. De esta forma de los 13 parámetros analizados, sólo 6 cuentan con información disponible de las técnicas de laboratorio y un total de 184 registros.

Tabla 34. Total de registros disponibles para la matriz biota entre los años 2013-2017.

Parámetro	POAL	POAL 2013-2017
Arsénico Total	31	31
Cadmio Total	85	31
Cobre Total	85	31
Coliformes Fecales	82	29
Cromo Total	55	-
Fósforo Total	1	-
Hidrocarburos Totales	1	-
Humedad 105C	3	-
Humedad 35C	1	-
Mercurio Total	84	31
Nitrógeno Total Kjeldahl	1	-
Plomo Total	84	31
Zinc Total	54	-

5.3.2.3.2 Información validada

En las **Tabla 36 a 37** se entrega el total de parámetros y registros que, de acuerdo al análisis crítico presentado en el **Numeral 5.3.3.4**, poseen la calidad suficiente para ser utilizados en el contexto de una norma de calidad.

Para el agua de mar, de los 33 parámetros y 2266 registros que contaban con información de las técnicas de laboratorio, sólo 6 parámetros y 406 registros presentan técnicas de laboratorio y límites de detección apropiados para ser utilizados en agua de mar (**Tabla 35**).

Tabla 35. Total de registros validados para la matriz agua de mar entre los años 2013-2017.

Parámetro	POAL 2013-2017
Arsénico Disuelto	80
Cobre Disuelto	80
Coliformes Fecales	79
Oxígeno Disuelto	27
P - Fosfato	60
Plomo Disuelto	80

En el caso de los sedimentos marinos, sólo 9 parámetros y 2221 registros cuentan con la calidad suficiente y límites de detección apropiados para sedimentos marinos (**Tabla 36**).

Tabla 36. Total de registros validados para la matriz sedimentos marinos entre los años 2013-2017.

Parámetro	POAL 2013-2017
Granulometría	1071
Arsénico Total	154
Cadmio Total	154
Carbono Orgánico Total	90
Cobre Total	154
Fosforo Total	136
Materia Orgánica	154
Mercurio Total	154
Plomo Total	154

Finalmente, en el caso de la biota, sólo 3 parámetros y 93 registros cuentan con la calidad suficiente y límites de detección apropiados para este subcomponente ambiental (**Tabla 37**).

Tabla 37. Total de registros validados para biota entre los años 2013-2017.

Parámetro	POAL 2013-2017
Arsénico Total	31
Cobre Total	31
Plomo Total	31

5.3.3 *Análisis de bases de datos del CEA 2016*

En los numerales siguientes se entrega una descripción general de las bases de datos contenidas en el informe CEA (2016), que corresponde a información de calidad de agua y sedimentos entre los años 2007 a 2013 EULA (2014), y las bases de datos asociadas al SEIA que contiene información para agua y sedimentos marinos recopilada entre los años 1992 y 2017, y que hacen referencia a DIAs y EIAs dentro del Golfo de Arauco.

5.3.3.1 *BD EULA 2014*

5.3.3.1.1 *Agua de mar*

En términos generales estas bases de datos comprenden información entre los años 2011 a 2013 de industrias que operan en el borde costero, entre Coronel y Laraquete (**Figura 11**), considerando un total de 41 parámetros medidos, de los cuales CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCION presenta la mayor cantidad de información con un total de 34 parámetros medidos y un total de 1.330 registros. Secundariamente, ESSBIO presenta un total de 14 parámetros medidos y un total de 1.816 registros (**Tabla 38**). En términos de parámetros los más transversales corresponden a Aceites y Grasas (AyG), Oxígeno disuelto (Odis), pH, Sólidos Suspendidos Totales (SST) y Transparencia (Trans) los cuales fueron medidos transversalmente en 5 de las 6 empresas con información disponible (**Tabla 38**). Las bases de datos sistematizadas se entregan en el **Anexo Digital 01**.

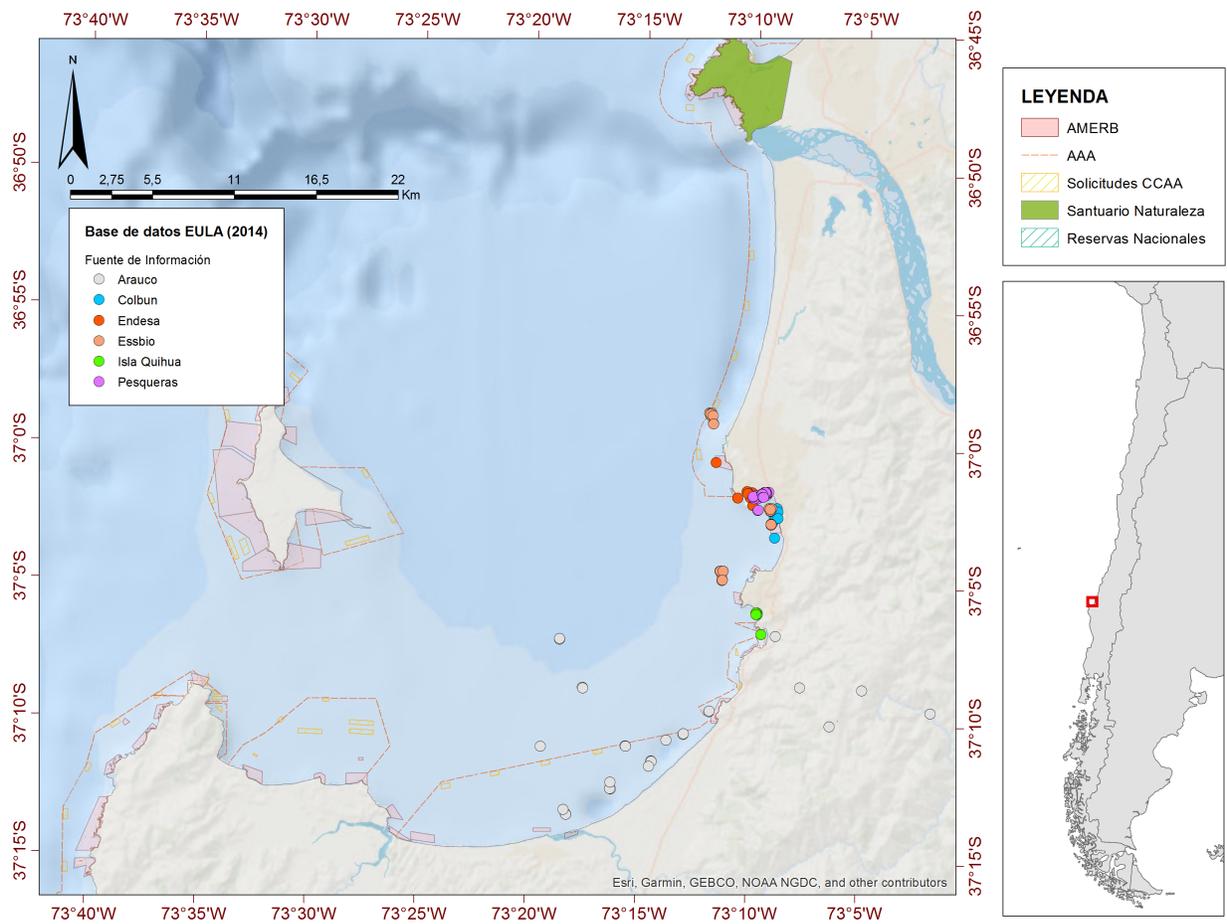


Figura 11. Posicionamiento espacial de la información proveniente de la base de datos EULA (2014). Elaboración propia a partir de información sistematizada por CEA (2016).

Tabla 38. Síntesis de información contenida en Bases de Datos EULA, 2014 para calidad de agua submareal. Fuente CEA; 2016.

Parámetro	ARAUCO	COLBÚN	ENDESA	ESSBIO	ISLA QUIHUA	PESQUERAS*
Aceites y Grasas	124	-	39	169	12	41
Ácidos Grasos	20	-	-	-	-	-
NH3	-	-	-	167	-	-
Amonio	20	-	-	-	12	-
AOX	20	-	-	-	-	-
Cadmio	20	-	-	-	-	-
Carbono Orgánico Total	20	-	27	-	-	-
Clorato	20	-	39	-	-	-
Cobre	-	-	39	-	-	-
Coliformes Fecales	20	-	39	171	12	-
Coliformes Totales	20	-	27	171	-	-
Color Verdadero	75	-	-	-	-	-
Cromo VI	20	-	-	-	-	-
Cromo Total	20	-	-	-	-	-
Demanda Biológica de Oxígeno	-	-	-	167	12	-
Densidad	-	28	-	-	-	41
Detergentes Aniónicos	-	-	-	170	12	39
Nitrito	10	-	-	-	-	-
Dioxinas	20	-	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno	20	-	-	-	-	-
Fósforo Total	20	-	-	84	-	40
Furanos	20	-	-	-	-	-
Hidrocarburos Totales	52	-	39	-	-	-
Hierro Total	-	-	39	-	-	-
Índice Fenol	124	-	-	-	-	-
Ligninas y Taninos	20	-	-	-	-	-
Mercurio	20	-	-	-	-	-
Nitrato	20	-	-	-	-	-
NO22	10	-	-	-	-	-
Nitrógeno Kjeldahl	20	-	-	171	12	40
Oxígeno Disuelto	12	28	-	32	6	41
pH	122	-	17	163	12	20
Plomp	20	-	-	-	-	-
Poder Espumogénico	20	-	-	-	-	-
Salinidad	12	28	-	63	-	41
Sólidos Sedimentables	-	-	39	-	12	41
Sólidos Suspendidos Disueltos	20	-	-	-	-	-
Sólidos Suspendidos Totales	124	-	39	167	10	41
Sulf	124	-	39	-	12	-
Temperatura	20	28	-	70	-	48
Transparencia	101	14	27	51	-	41

(*) Pesquera Itata, Pesquera Camanchaca, FoodCorp Chile SA, Pesquera Bahía Coronel SA, South Pacific Korp SA y Pesquera San José

5.3.3.1.2 Sedimentos marinos

En el caso de los sedimentos, se puede indicar que, términos generales estas bases de datos comprenden información entre los años 2007 a 2013 de industrias que operan en el borde costero, entre Coronel y Laraquete (**Figura 11**), considerando un total de 9 parámetros medidos, de los cuales nuevamente CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCION presenta la mayor cantidad de información con un total de 7 parámetros medidos y un total de 693 registros. Secundariamente, ENDESA presenta un total de 5 parámetros medidos y un total de 294 registros (**Tabla 39**). En términos de parámetros los más transversales corresponden a Materia Orgánica (MO) y tamaño medio de grano (TMG) los cuales fueron medidos transversalmente en 4 y 3 empresas con información disponible (**Tabla 39**). Las bases de datos sistematizadas se entregan en el **Anexo Digital 01**.

Tabla 39. Síntesis de información contenida en Bases de Datos EULA, 2014 para calidad de sedimentos marinos. Fuente CEA; 2016.

Parámetro	ARAUCO	COLBÚN	ENDESA	ESSBIO	ISLA QUIHUA	PESQUERAS*
Aluminio	104	-	-	-	-	-
Cobre Total	-	-	66	-	-	-
Hidrocarburos Totales	69	-	-	-	-	-
Hierro	104	-	66	-	-	-
Humedad	104	-	-	-	-	-
Materia Orgánica	104	-	67	36	-	40
Potencial Redox	104	-	-	36	-	-
Sulf	-	-	66	-	-	-
Tamaño Medio de Grano	104	-	29	-	-	40

(*) Pesquera Itata, Pesquera Camanchaca, FoodCorp Chile SA, Pesquera Bahía Coronel SA, South Pacific Korp SA y Pesquera San José

5.3.3.2 BD SEIA

Dentro de las bases de datos proporcionadas por el MMA, y sistematizadas en el informe CEA, 2016, se encuentra también, una sistematización de información de proyectos evaluados por Servicio de Evaluación Ambiental, conteniendo los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) y Declaraciones de Impacto Ambiental entre los años 1992 y 2017. Si bien, la base de datos comprende información dentro de la zona de estudio, también incluye otros proyectos ubicados en bahía de Concepción y Bahía San Vicente. En este estudio, se entrega un resumen de los proyectos ubicados sólo dentro de la zona de estudio (**Figura 12**).

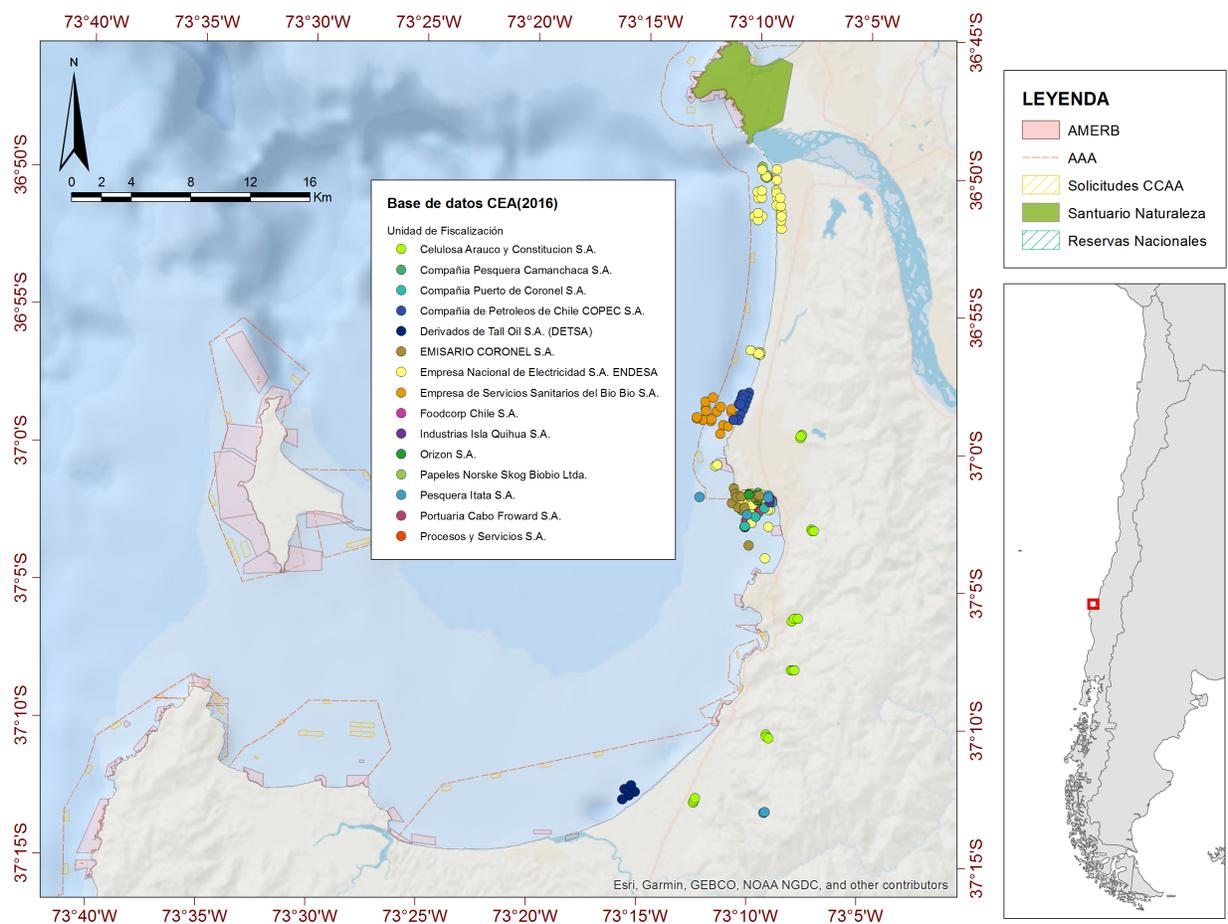


Figura 12. Posicionamiento espacial de la información proveniente de la base de datos SEIA (2014). Elaboración propia a partir de información sistematizada por CEA (2016).

5.3.3.2.1 Agua de mar

En términos generales estas bases de datos comprenden información entre los años 1992 a 2017 de industrias que operan en el borde costero, desde la desembocadura del río Biobío hasta

Laraquete (**Figura 12**), considerando un total de 72 parámetros medidos, de los cuales ENDESA (Optimización BOCAMINA) presenta la mayor cantidad de información con un total de 49 parámetros medidos y un total de 4934 registros. Secundariamente, COPEC S.A. presenta un total de 28 parámetros medidos y un total de 784 registros (**Tabla 40**). En términos de parámetros los más transversales corresponden a pH y Sólidos Suspendidos Totales (SST) que fueron medidos transversalmente en 14 empresas (**Tabla 40**). Las bases de datos sistematizadas se entregan en el **Anexo Digital 01**.

Tabla 40. Síntesis de información contenida en Bases de Datos SEIA, para calidad de agua submareal. Fuente CEA; 2016.

Parámetro	CELULOSA Y ARAUCO CONSTITUCIÓN S.A.																
	COPEC S.A.	CAMANCHACA S.A. (CRUSTÁCEOS)	CAMANCHACA S.A. (HARINA)	CIA PUERTO CORONEL S.A.	DERIVADOS DE TAIL OIL S.A. (DE TSA)	ESSBIO (CONCEPCIÓN)	ESSBIO (CORONEL)	ENDESA (AMPLIACIÓN BOCAMINA)	ENDESA (OPTIMIZACIÓN BOCAMINA)	FOODCORP CHILE S.A.	INDUSTRIAS ISLA QUIHUA S.A.	ORIZON S.A. (CORONEL SUR)	ORZONS.A. (RILes)	PESQUERA ITATA S.A.	PORTUARIA CABO FROWARD S.A.	PROCESOS Y SERVICIOS S.A.	
Aceites y Grasas	-	28	9	29	-	9	-	32	28	104	2	8	15	6	18	-	18
Alcalinidad	-	-	-	-	-	-	-	-	-	104	-	-	-	-	-	-	-
Aluminio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	104	-	-	-	-	-	-	-
Antraceno	-	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Amonio	-	-	-	52	-	-	-	-	-	-	4	-	-	12	-	-	-
Arsénico	-	28	-	-	-	-	-	-	-	104	-	-	-	-	-	-	-
Benceno	-	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Berilio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	104	-	-	-	-	-	-	-
Bromodichlorometano	-	-	-	-	-	-	-	-	-	104	-	-	-	-	-	-	-
Cadmio	-	28	-	-	-	-	-	-	-	104	-	-	-	-	-	-	-
Carbonatos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-
Cianuro Total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	104	-	-	-	-	-	-	-
Cloro Libre Residual	-	-	-	-	-	-	-	-	28	104	-	-	-	-	-	-	-
Cobre	-	28	-	-	-	-	-	-	28	104	-	-	-	-	-	-	-
Coliformes Fecales	18	28	-	-	-	-	45	35	20	96	-	-	-	-	17	-	18
Coliformes Totales	-	28	-	-	-	-	48	35	22	97	-	-	-	-	18	-	18
Conductividad	18	-	-	-	-	-	-	-	-	104	-	-	-	-	-	-	-
Cromo VI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	104	-	-	-	-	-	-	-
Cromo Total	-	28	-	-	-	-	-	-	-	104	-	-	-	-	-	-	-
Demanda Biológica de Oxígeno	-	-	10	-	-	-	46	13	-	45	-	4	-	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno	-	-	-	24	-	-	-	424	-	-	6	8	6	18	18	-	18
Densidad	-	-	-	-	-	-	-	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fenantreno	-	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Detergentes Aniónicos	-	-	-	34	3	-	33	35	-	104	2	8	15	6	-	-	-
Estaño	-	-	-	-	-	-	-	-	-	104	-	-	-	-	-	-	-
Fenoles	-	28	-	-	-	-	-	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fluoruros	-	-	-	-	-	-	-	-	-	104	-	-	-	-	-	-	-
Fósforo Total	18	28	-	-	-	-	-	35	-	104	-	8	-	-	18	-	18
Hidrocarburos Alifáticos	-	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HAP	-	28	-	-	-	-	-	-	-	104	-	-	-	-	-	-	-
Hidrocarburos Fijos	-	28	-	-	-	-	-	-	-	104	-	-	-	-	-	-	-
Hidrocarburos Totales	-	28	-	-	3	9	-	35	28	-	-	-	-	-	-	-	-
Hidrocarburos Volátiles	-	28	-	-	-	-	-	-	-	104	-	-	-	-	-	-	-
Hierro	-	-	-	-	-	-	-	-	28	104	-	-	-	-	-	-	-
Índice Fenol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	104	-	-	-	-	-	-	-
Naftaleno	-	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Materia Orgánica Total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	90	-	-	-	-	-	-	-
Mercurio	-	28	-	48	-	-	-	-	-	104	-	-	-	-	-	-	-
Níquel	-	28	-	-	-	-	-	-	-	104	-	-	-	-	-	-	-
Nitrato	18	-	-	-	-	-	-	-	-	104	-	-	-	-	-	-	-
Nitrito	18	-	-	-	-	-	-	-	-	104	-	-	-	-	-	-	-
Nitrógeno Amoniacal	-	-	-	-	-	-	-	15	-	104	-	-	-	-	-	-	-
Nitrógeno Total Kjendalh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	104	-	-	-	-	-	-	-
Nitrógeno Total	-	28	20	-	-	-	-	35	-	103	-	8	-	-	18	-	18
Ortofosfato disuelto	18	-	-	-	-	-	-	-	-	104	-	-	-	-	-	-	-
Oxígeno Disuelto	16	-	19	32	3	-	47	421	-	-	4	28	15	12	17	22	17

Parámetro	CELULOSA Y ARAUCO CONSTITUCIÓN S.A.	COPEC S.A.		CAMANCHACA S.A. (CRUSTÁCEOS)	CAMANCHACA S.A (HARINA)	CIA PUERTO CORONEL S.A.	DERIVADOS DE TAIL OIL S.A (DE TSA)	ESSBIO (CONCEPCIÓN)	ESSBIO (CORONEL)	ENDESA (AMPLIACIÓN BOCAMINA)	ENDESA (OPTIMIZACIÓN BOCAMINA)	FOODCORP CHILE S.A.	INDUSTRIAS ISLA QUIHUA S.A.	ORIZON S.A. (CORONEL SUR)	ORIZONS.A. (RILes)	PESQUERA ITATA S.A.	PORTUARIA CABO FROWARD S.A.	PROCESOS Y SERVICIOS S.A.
	18	-	20	60	3	9	45	35	-	103	3	-	15	11	18	22	18	
pH	-	28	-	-	-	-	-	-	-	104	-	-	-	-	-	-	-	-
Plomo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27	-	-	-	-	-	-
Producción Aparente de Oxígeno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Salinidad	-	-	-	53	-	-	-	424	-	-	6	-	6	18	18	22	18	-
Saturación de Oxígeno disuelto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22	-	-
Selenio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	208	-	-	-	-	-	-	-	-
Sólidos Disueltos Totales	-	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sólidos Disueltos	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sólidos Sedimentables	-	-	-	-	-	10	-	-	28	104	-	8	-	-	18	-	18	-
Sólidos Solubles	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-
Sólidos Suspendedos Totales	-	28	20	63	3	8	-	35	28	104	4	8	15	12	18	-	18	-
Sólidos Totales	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-
Sulfatos	-	-	-	-	-	-	-	28	104	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sulfuros	-	-	-	-	-	10	-	-	104	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Temperatura	18	-	-	47	-	10	48	424	-	-	6	-	5	18	18	22	18	-
Transparencia	-	-	2	16	3	-	-	-	-	30	1	2	15	3	6	-	2	-
Tribromometano	-	-	-	-	-	-	-	-	-	104	-	-	-	-	-	-	-	-
Triclorometano	-	-	-	-	-	-	-	-	-	104	-	-	-	-	-	-	-	-
Trihalometano	-	-	-	-	-	-	-	-	-	104	-	-	-	-	-	-	-	-
Tolueno	-	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Turbidez	5	-	-	-	-	-	-	-	-	102	-	-	-	-	-	-	-	-
Vanadio	-	28	-	-	-	-	-	-	-	104	-	-	-	-	-	-	-	-
Xileno	-	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zinc	-	28	-	48	-	-	-	-	-	104	-	-	-	-	-	-	-	-

5.3.3.2.2 Sedimentos marinos

Las bases de datos de sedimentos comprenden información entre los años 1995 a 2017 de industrias que operan en el borde costero, desde la desembocadura del río Biobío hasta Laraquete (**Figura 12**), considerando un total de 42 parámetros medidos, de los cuales COPEC presenta la mayor cantidad de información con un total de 27 parámetros medidos (incluyendo la composición de sedimento) y un total de 364 registros. Secundariamente, ENDESA (Optimización BOCAMINA). presenta un total de 20 parámetros medidos y un total de 1881 registros (**Tabla 41**). En términos de parámetros, aquellos asociados a la caracterización granulométrica de los sedimentos fueron medidos transversalmente en 17 empresas (**Tabla 41**). Las bases de datos sistematizadas se entregan en el **Anexo Digital 01**.

Tabla 41. Síntesis de información contenida en Bases de Datos SEIA, para calidad de sedimentos submareales. Fuente CEA; 2016.

Parámetro	CELULOSA Y ARAUCO CONSTITUCIÓN S.A.	COPEC S.A.		CAMANCHACA S.A. (CRUSTÁCEOS)	CAMANCHACA S.A. (HARINA)	CIA PUERTO CORONEL MUELLE NORTE	CIA PUERTO CORONEL MUELLE SUR	CIA PUERTO CORONEL (SITIO 4)	EMISARIO CORONEL S.A.	ESSBIO (CORONEL)	ESSBIO (SAN PEDRO)	ENDESA (AMPLIACIÓN BOCAMINA)	ENDESA (OPTIMIZACIÓN BOCAMINA)	FOODCORP S.A.	INDUSTRIAS ISLA QUIHUA S.A.	ORIZONS.A. (RILes)	PAPELES NORRSKE SKOG BIOBIO LTDA	PESQUERA ITATA S.A.	PORTUARIA CABO FROWARD S.A.	PROCESOS Y SERVICIOS S.A.
	63	140	50	80	21	61	30	36	11	128	40	638	10	12	30	33	30	100	25	
Granulometría	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arsénico	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-
Cadmio	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80	-	-	-	11	-	11	-
Carbono Orgánico Total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	11	-
Cobre	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	20	80	-	-	-	-	-	-	11	-
Cromo VI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80	-	-	-	-	-	-	-	-
Cromo Total	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80	-	-	-	1	-	11	-	-
Fósforo Total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	-
HAP	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hidrocarburos Fijos	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80	-	-	-	-	-	-	-	-
Hidrocarburos Totales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80	-	-	-	6	-	11	-	-
Hidrocarburos Volátiles	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80	-	-	-	-	-	-	-	-
Hierro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	80	-	-	-	-	-	-	-	-
Humedad	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80	-	-	-	-	-	-	-	-
Materia Orgánica Total	11	14	10	32	7	13	6	12	12	-	-	80	2	-	-	5	-	-	-	-
Mercurio	-	14	-	24	-	-	-	-	-	-	-	80	-	-	-	12	-	11	-	-
Nitrógeno	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrógeno Total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	-
Plomo	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80	-	-	-	-	-	-	11	-
Potencial Redox	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44	-	-	-	-	-	-	-	-
Sulfatos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	80	-	-	-	-	-	-	-	-
Vanadio	-	14	-	23	-	-	-	-	-	-	-	79	-	-	-	-	-	-	11	-
Zinc	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Antraceno	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fenantreno	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Naftaleno	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

5.3.3.3 Recopilación de información de DIA y EIA ingresadas entre 2015 y 2020

Complementariamente, se consultó en el sitio web del Servicio de Evaluación Ambiental (<https://www.sea.gob.cl/>), por nuevos proyectos ingresados en forma posterior al estudio del CEA (2016). La búsqueda fue definida entre los años 2015 y 2020, constatándose el ingreso de un total de 32 proyectos, de los cuales sólo 4 contaban con información ambiental del medio marino. De los 4 proyectos identificados (3 DIA y 1 EIA) (**Figura 13**), 2 de ellos, ya fueron incorporados para las matrices de calidad de agua y sedimentos en las bases de datos sistematizadas por el CEA (2016), que corresponden a los proyectos Terminal de Productos Pacifico (COPEC S.A) y Optimización Central Termoeléctrica Bocamina Segunda Unidad (ENEL), este último en las bases de datos del CEA figura como titular del proyecto ENDESA S.A. En la **Tabla 42** se entrega el total de proyectos identificados.

Tabla 42. Proyectos con información del medio marino ingresados al SEA entre los años 2015 y 2020. Fuente SEA 2020.

Titular	Nombre	Tipo	Sector productivo
EWOS Chile Alimentos Ltda.	Nuevo Emisario Submarino	DIA	Saneamiento Ambiental
Compañía de Petróleos de Chile COPEC S.A.	Terminal de Productos Pacifico	DIA	Infraestructura Portuaria
Universidad Católica de la Santísima Concepción	Centro de Experimentación para la Producción de Semillas de Recursos Bentónicos, Región del Biobío - Hatchery UCSC	DIA	Pesca y Acuicultura
ENEL Generación Chile S.A	Optimización Central Termoeléctrica Bocamina Segunda Unidad	EIA	Energía

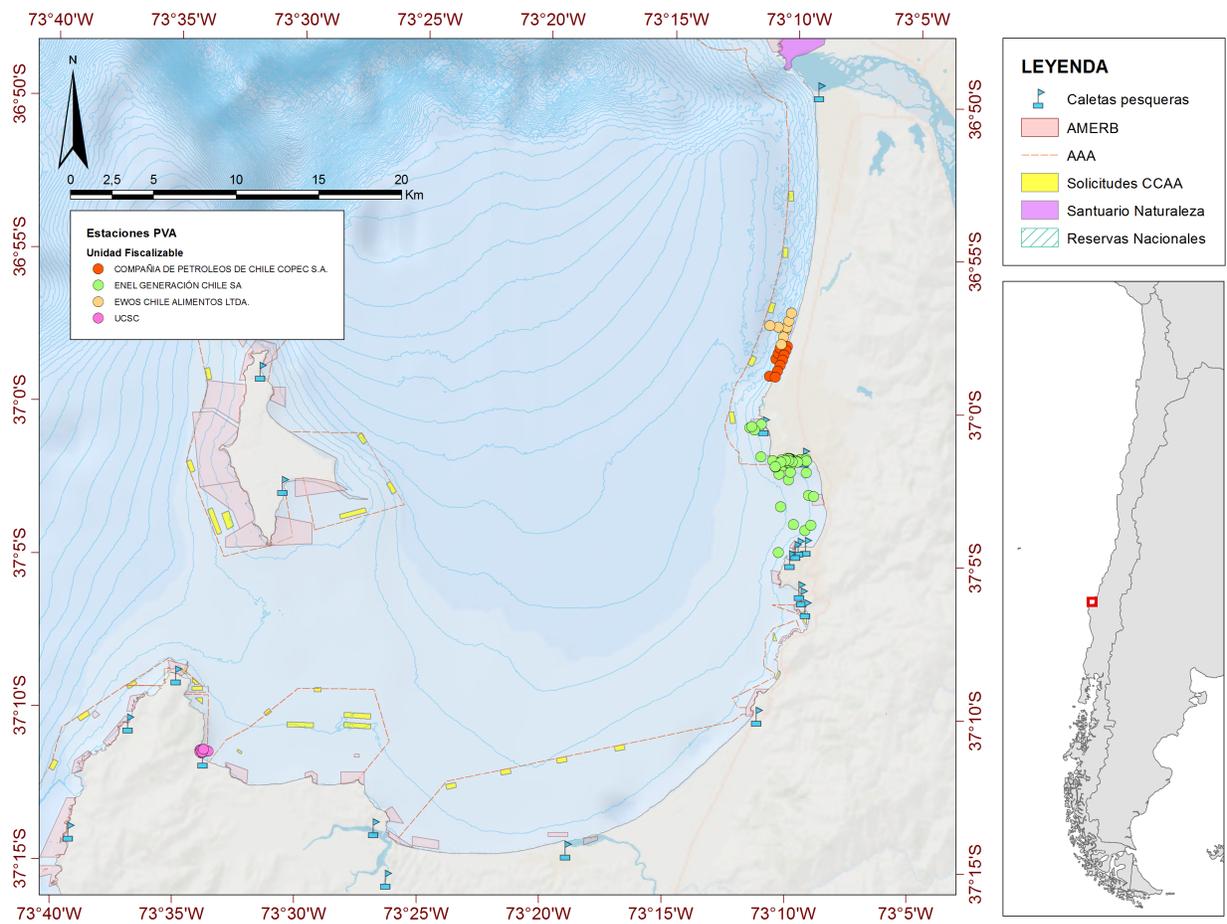


Figura 13. Posicionamiento espacial de la información proveniente del SEIA entre los años 2015 y 2020. Elaboración propia.

5.4 OEc. Generar un inventario de las fuentes difusas y puntuales presentes en la bahía, que incluya un listado detallado de las emisiones generadas por cada una de ellas

5.4.1 Identificación de fuentes fijas

En la **Figura 14** se entrega el posicionamiento espacial de las fuentes de emisión fijas (RILes) a la columna de agua del Golfo de Arauco, clasificadas según las categorías indicadas en la **Tabla 43**. A partir de este análisis fue posible identificar un total de 27 descargas directas al Golfo de Arauco y 3 descargas ubicadas cercanas a la desembocadura del río Biobío (a menos de 5 km de la desembocadura), lo que totaliza 30 descargas en la zona de estudio.

Tabla 43. Descargas de RILes (fuentes fijas) identificadas en el Golfo de Arauco y clasificación por tipo de emisión. La clasificación de tipo de emisión corresponde a la categorizada en la **Figura 14**.

UNIDAD DE FISCALIZACIÓN (UF)	Y	X	Cuerpo Receptor	Clasificación
ENAP REFINERIAS S.A.	5.925.204	667.527	Río Biobío	Industria Petroquímica
ESSBIO S.A.	5.924.921	668.842	Río Biobío	PTAS
PAPELES BIO-BIO S.A.	5.921.333	669.769	Río Biobío	Papelera
ESSBIO S.A.	5.920.902	662.999	Escuadrón	PTAS
AGROINDUSTRIAS LOMAS COLORADAS LTDA	5.916.756	664.443	Escuadrón	Fábrica alimentos
FOPACO S.A.	5.910.868	663.680	Escuadrón	Papelera
PESQUERA TUBUL S.A.	5.908.917	662.899	Escuadrón	Procesadora recursos pesqueros
FIORDO AUSTRAL S.A.	5.908.828	662.952	Escuadrón	Fábrica alimentos
EWOS CHILE ALIMENTOS LIMITADA	5.908.545	662.917	Escuadrón	Fábrica alimentos
PESQUERA GRIMAR S.A.	5.908.367	662.931	Escuadrón	Procesadora recursos pesqueros
RICO FOODS S A	5.907.369	662.637	Escuadrón	Fábrica alimentos
AGAR DEL PACIFICO S.A.	5.907.219	662.774	Escuadrón	Fábrica alimentos
AGUAS SAN PEDRO S.A.	5.906.415	662.114	Escuadrón	PTAS
ESSBIO S.A.	5.905.898	660.327	Escuadrón	PTAS
ORIZON S A	5.901.055	663.356	Bahía de Coronel	Procesadora recursos pesqueros
FOODCORP CHILE S.A.	5.901.005	663.001	Bahía de Coronel	Procesadora recursos pesqueros
ENEL GENERACION CHILE S.A.	5.900.729	663.001	Bahía de Coronel	Termoeléctrica
BLUMAR S.A.	5.900.722	664.405	Bahía de Coronel	Procesadora recursos pesqueros
CAMANCHACA PESCA SUR S.A.	5.900.608	664.036	Bahía de Coronel	Procesadora recursos pesqueros
OPERACIONES COSTERAS S.A.	5.900.429	663.811	Bahía de Coronel	Procesadora recursos pesqueros
FOODCORP CHILE S.A.	5.900.420	663.314	Bahía de Coronel	Fábrica alimentos
ORIZON S A	5.900.382	663.399	Bahía de Coronel	Procesadora recursos pesqueros
ESSBIO S.A.	5.899.434	664.267	Bahía de Coronel	PTAS
COLBUN S A	5.899.140	664.805	Bahía de Coronel	Termoeléctrica
ESSBIO S.A.	5.895.283	661.438	Bahía de Coronel	PTAS
INDUSTRIAS ISLA QUIHUA S A	5.892.538	663.404	Bahía de Lota	Procesadora recursos pesqueros
LOTA PROTEIN S A	5.892.323	663.266	Bahía de Lota	Procesadora recursos pesqueros
MUNICIPALIDAD DE ARAUCO	5.885.166	661.193	Horcones	PTAS
CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCION S.A.	5.882.105	656.153	Horcones	Celulosa
ESSBIO S.A.	5.877.238	653.403	Horcones	PTAS

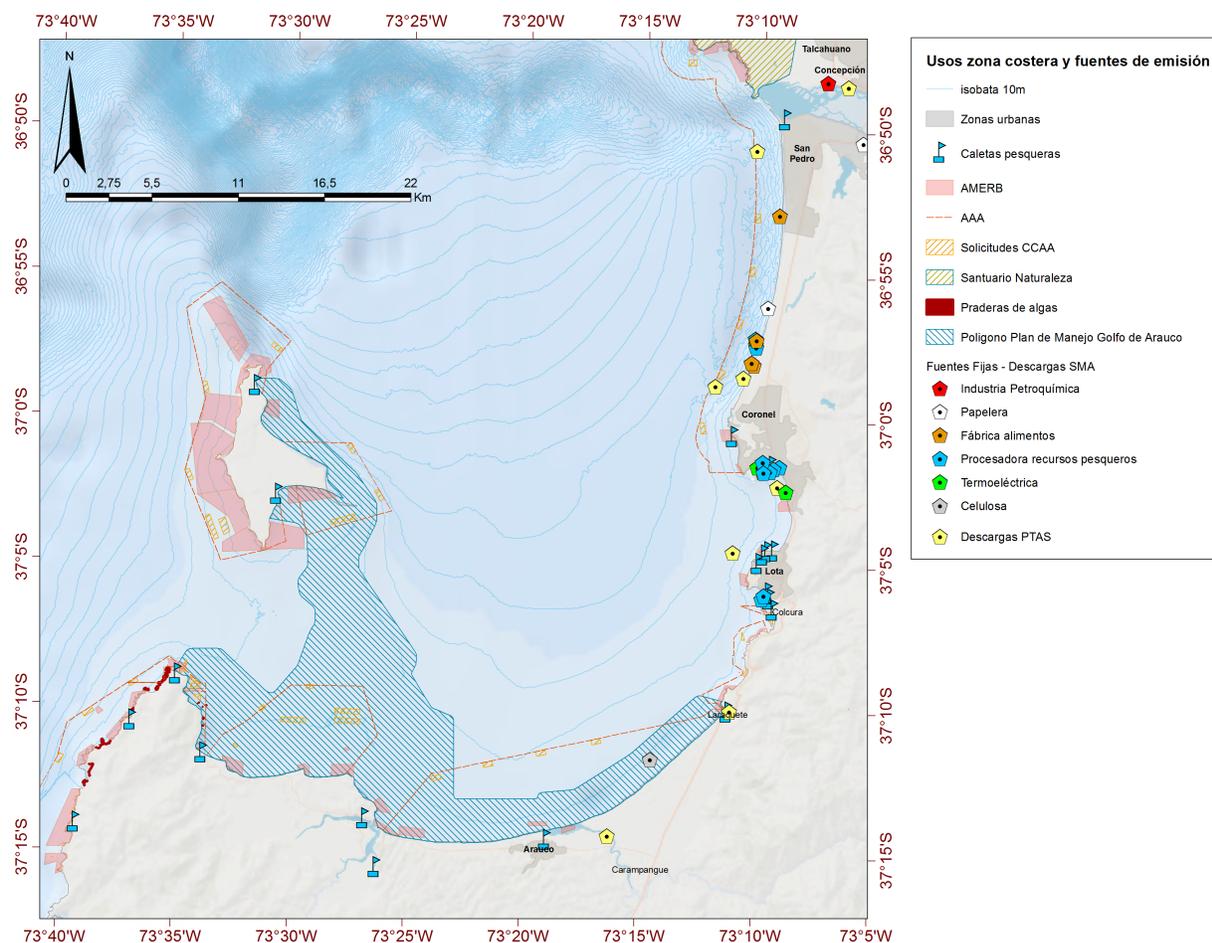


Figura 14. Ubicación de fuentes de emisión fijas, clasificadas por tipo de emisión y usos relevantes el borde costero en el Golfo de Arauco. Coordenadas en Grados, Datum WGS-84.

En la **Figura 14**, además de los puntos de descarga de RILes, se incluyen los usos considerados relevantes en la zona costera, incluyendo: Centros urbanos, Caletas pesqueras, Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB), Límites de las Áreas Apropriadas para el ejercicio de la Acuicultura (AAA), Solicitudes de Concesiones de Acuicultura (CCAA), Zonas de Protección (Santuario de la Naturaleza de Hualpén), Praderas de Algas en la Provincia de Arauco (resultado proyecto CUI 2016-42 FAP-7) y, adicionalmente, los límites del Plan de Manejo del Golfo de Arauco, para las pesquerías de Huevo (*Ensis macha*), navajuela (*Tagelus dombeii*) y taquilla (*Mulinia edulis*).

A partir del análisis de este resultado, es posible indicar que la mayor presencia de descargas directas ocurre entre la desembocadura del Biobío y Lota, destacando una alta presencia de descargas al norte de Coronel, en la zona de Escuadrón (5 fábricas de alimentos, 2 procesadoras

de recursos pesqueros, 1 papelera y 3 PTAS) y en Bahía Coronel (6 procesadoras de recursos pesqueros, 2 termoeléctricas y 2 PTAS). En la zona de Lota, las descargas directas corresponden a 2 plantas procesadoras de recursos pesqueros, mientras que entre Laraquete y Arauco, destaca la presencia de 2 PTAS (Laraquete y Carampangue) y el emisario submarino de Celulosa Arauco.

5.4.2 Análisis de registros de fuentes fijas

De acuerdo a la información descargada del Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental (SNIFA), en el Golfo de Arauco existe, para el último año completo (2019), un total de 22 plantas con información de descarga de sus efluentes. Límites máximos permitidos para estas descargas, están regulados por las normas D.S. 90/2000 (Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales), D.S. 46/2002 (Norma de emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas) y, en el caso de las termoeléctricas, el D.S. 13/2011 (Norma de emisión para centrales termoeléctricas).

El total de información disponible para el año 2019 por fuente emisora se entrega en la **Tabla 44**, en la cual se puede apreciar un total de 48 parámetros que son monitoreados en la descargas al interior del Golfo de Arauco. Destacan las UF PAPELES BIOBIO, ESSBIO SAN PEDRO, ENEL BOCAMINA, PESQUERA BAHÍA CORONEL (OPERACIONES COSTERAS), CAMANCHACA CORONEL, ESSBIO CORONEL NORTE, ESSBIO CORONEL SUR y CELULOSA ARAUCO, en las cuales analiza más de 25 parámetros por descarga. Los parámetros Al, As, AyG, Cu, IFenol, Mn, pH, SAAM, SST, Temp y Zn, son los presentan un mayor grado de transversalidad entre UF, siendo monitoreados por 12 o UF con descarga en el Golfo de Arauco.

El análisis estadístico de las bases de datos de emisiones fijas se entrega en el **Anexo 7**. A partir del resultado de este análisis fue posible establecer la existencia de diferencias significativas en las emisiones de las descargas, con ESSBIO SAN PEDRO, EWOS y ENEL BOCAMINA exhibiendo mayores concentraciones de AyG, SST, SAAM y pH, mientras que AGROLOMAS mostró temperaturas más altas.

Tabla 44. Número de registros por UF y parámetro medido en el año 2019 para efluentes descargados en el Golfo de Arauco. Datos extraídos de SNIFA, 2020*.

UNIDAD DE FISCALIZACIÓN (UF)	AI	As	AyG	B	Caudal	Cd	CI	CLR	CN	ColFec	ColTot	Cr	Cr6	Cu	DBO5	DQO	DT	Fedis	FI	HCF	HCT	HCV	Hg	IFenol
PAPELES BIOBIO	1	1	13	1	-	1	13	-	1	13	-	-	1	1	26	-	-	1	1	13	-	-	1	13
ESSBIO SAN PEDRO	2	2	36	-	-	2	-	-	2	36	-	2	2	2	36	36	-	-	2	36	36	36	2	2
AGROLOMAS	12	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	12	-	12	-	-	-	-	12	-	-	-	-	-
FOPACO	11	11	11	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-	11	11	11	-
TUBUL	12	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	-	-	-	-	11	-	-	-	-	-
FIORDO AUSTRAL	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	10	9	-	-	-	10	-	10	-	-	10
EWOS	-	-	12	-	-	-	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12
GRIMAR	12	12	12	-	-	-	-	-	-	-	-	12	-	12	-	-	-	-	12	-	-	-	-	12
RICOFOODS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	-	-	-	-	-
AGAR DEL PACÍFICO	19	19	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PTAS PARQUE INDUSTRIAL	-	-	24	-	-	-	-	-	-	48	-	-	-	-	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ENEL BOCAMINA	2	2	61	-	-	2	-	53	2	120	53	2	2	113	2	-	50	58	54	-	58	2	2	2
FOODCORP	21	-	33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21	-	-	-	-	-
ORIZON PONIENTE	-	-	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PESQUERA BAHIA CORONEL	1	1	19	-	-	1	-	-	1	-	-	1	1	1	-	-	-	-	1	-	1	1	1	1
CAMANCHACA CORONEL	37	2	37	-	-	2	-	-	2	-	-	2	2	2	-	-	-	-	2	-	2	2	2	2
BLUMAR	3	-	3	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	3	-	-	3	-	3
ESSBIO CORONEL NORTE	2	2	36	-	-	2	-	-	2	37	-	2	2	2	36	36	-	-	2	36	35	35	2	2
COLBUN STA MARÍA	-	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36	-	-	-	-	36	-	-	-	-	-
ESSBIO CORONEL SUR	2	2	37	-	-	2	-	-	2	37	-	2	2	2	37	37	-	-	2	37	36	36	2	2
CELULOSA ARAUCO	53	1	1	-	-	53	-	-	1	-	-	53	1	53	-	-	-	-	1	-	1	53	1	53
ESSBIO ARAUCO	-	-	51	-	-	-	-	55	-	54	-	-	-	-	51	51	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 44. Número de registros por UF y parámetro medido en el año 2019 para efluentes descargados en el Golfo de Arauco. Datos extraídos de SNIFA, 2020. (continuación).

UNIDAD DE FISCALIZACIÓN (UF)	Mn	Mo	N	NH4	Ni	NTK	P	Pb	PCF	PEsp	pH	S2	SAAM	Se	Sn	SO4	Ssed	SST	TCE	TCM	Temp	Tol	Xi	Zn
PAPELES BIOBIO	1	1	-	-	1	13	13	1	13	1	466	1	-	1	-	1	-	26	12	12	463	1	1	1
ESSBIO SAN PEDRO	2	2	-	-	2	24	24	2	-	2	71	2	36	2	2	-	36	36	-	-	71	-	-	2
AGROLOMAS	12	-	-	-	-	-	-	12	-	-	12	-	12	-	-	-	12	13	-	-	10	-	-	12
FOPACO	11	-	-	-	-	-	-	11	-	-	11	11	-	-	-	-	11	11	-	-	-	-	-	11
TUBUL	11	11	-	-	-	-	-	-	-	-	11	11	10	-	11	-	11	-	-	-	11	-	-	11
FIORDO AUSTRAL	10	-	-	9	10	-	-	-	-	-	10	-	10	-	-	-	10	10	-	-	7	-	-	10
EWOS	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	-	12	-	-	-	12	12	-	-	12	-	-	12
GRIMAR	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	12	13	12	-	-	15	-	-	-	-	-	12
RICOFOODS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	-	-	-
AGAR DEL PACÍFICO	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19	-	19	-	19	-	19	19	-	-	13	-	-	19
PTAS PARQUE INDUSTRIAL	-	-	-	-	-	24	24	-	-	-	48	-	24	-	-	-	-	24	12	12	48	-	-	-
ENEL BOCAMINA	2	2	-	-	2	2	2	2	-	-	2702	58	2	2	2	50	110	111	-	-	2702	-	-	58
FOODCORP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33	-	33	-	-	-	33	33	-	-	-	-	-	-
ORIZON PONIENTE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40	-	-	-	-	-	49	25	-	-	-	-	-	-
PESQUERA BAHIA CORONEL	1	1	-	-	1	-	-	1	-	-	138	1	19	1	1	-	19	19	-	-	-	-	-	1
CAMANCHACA CORONEL	1	2	-	-	2	-	-	2	-	-	37	37	37	4	2	-	38	37	-	-	-	-	-	2
BLUMAR	3	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	3	-	3	-	-	3	-	-	-	-	-	3
ESSBIO CORONEL NORTE	2	2	-	-	2	12	12	2	-	14	73	2	36	2	2	-	36	37	-	-	72	-	-	2
COLBUN STA MARÍA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36	-	-	-	-	-	-	36	-	-	36	-	-	36
ESSBIO CORONEL SUR	2	2	-	-	2	-	-	2	-	2	74	2	37	2	2	-	37	38	-	-	73	-	-	2
CELULOSA ARAUCO	53	1	-	-	53	-	-	53	-	-	900	54	53	1	1	-	54	53	-	-	-	-	-	1
ESSBIO ARAUCO	-	-	49	-	-	51	51	-	-	27	55	-	49	-	-	-	-	51	51	51	54	-	-	-

*Ver glosario en Anexo 3

5.4.3 Identificación de fuentes difusas

En la **Figura 15** se entrega el análisis de zonificación de la zona de estudio con base en los usos definidos en los Planes Reguladores Comunales (PRC). En términos generales, la mayor proporción de los usos de la zona costera corresponden a usos definidos como de Equipamiento y Mixto. Este último incluye una amplia tipología de categorías que incluyen uso residencial y de equipamiento científico, comercial, deportivo, educacional, recreativo y social, entre otros. La mayor proporción de la línea de costa ubicada entre la desembocadura del Biobío y Lota (PRC de San Pedro de la Paz y Coronel) está clasificada como zona de Equipamiento, definida específicamente como Zona de Protección del Borde Costero, lo que implica restricciones para el desarrollo urbano y otras actividades productivas. En efecto, en el DS 47/1992 del MINVU, se establece como "Zona de Protección Costera" al *área de tierra firme de ancho variable, de una extensión mínima de 80 metros medidos desde la línea de la playa, en la que se establecen condiciones especiales para el uso del suelo, con el objeto de asegurar el ecosistema de la zona costera y de prevenir y controlar su deterioro*. Este uso en particular no está definido en el PRC de Lota, pero si se define en el PRC de Arauco, donde para el sector Horcones (Frente a Celulosa Arauco) la Zona de Protección Costera se clasifica en la categoría de uso Mixto, destacando además una zona de Equipamiento destinada a la protección ecológica de dunas, que colinda con la zona residencial de la ciudad de Arauco y se extiende hasta la línea de costa.

Es importante indicar que la Zona de Protección Costera, que se extiende a lo largo de las playas de Escuadrón, Coronel y Arauco, constituye una defensa que tiene la potencialidad de disminuir los efectos de la contaminación difusa por escurrimiento desde las zonas urbanas e industriales presentes a lo largo del Golfo de Arauco, ya que este tipo de usos (urbanos e industriales) no están permitidos en esta franja.

El análisis detallado de los PRC individuales por Municipalidad se entrega en el **Anexo 8**, a partir de cuyo análisis es posible establecer, para la Comuna de Hualpén, el borde costero adyacente a la zona de estudio, posee usos relacionados con áreas de interés natural, y recreación, sin usos industriales. En San Pedro de la Paz, existe una zona de protección litoral y riesgo costero en los primeros metros de la franja litoral, y contiguo a esta zona de protección, se identifican zonas de equipamiento y mixtas, con presencia de usos residenciales e industriales. En Coronel se identifica una zona de protección litoral en los primeros metros de la costa y, más hacia tierra, un área denominada zona de actividad productiva, donde se encuentra el Parque Industrial de Coronel (Escuadrón I y II). Más al sur se identifican zonas de protección y de asentamiento

costero (Maule), y posteriormente zonas de actividades productivas que abarcan prácticamente toda la Bahía de Coronel. En Isla Santa María, se identifican principalmente zonas de asentamiento costero. El PRC de Lota identifica usos permitidos y prohibidos del borde costero de forma general, con una mezcla de zonas donde se permite la vivienda, industria, equipamiento y áreas verdes. Finalmente, en la Comuna de Arauco, el PRC incluye sólo la sección norte de la Comuna, identificándose una zona de protección costera que incluye la riera del río Carampangue, observándose posteriormente zonas industriales y habitacionales.

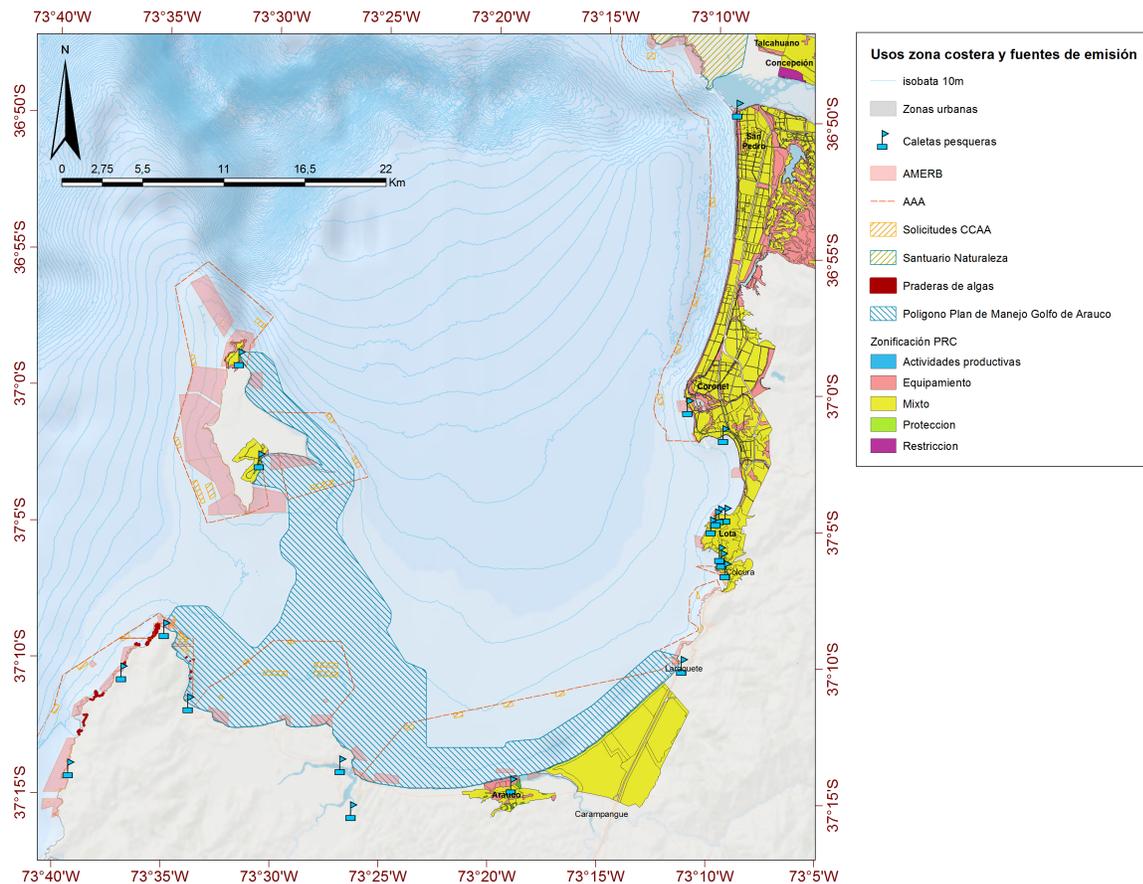


Figura 15. Zonificación de usos del borde costero a partir de la clasificación general definida en los PRC de las Municipalidades de Hualpén, San Pedro de la Paz, Coronel, Lota y Arauco.

En la **Figura 16** se entrega el análisis de los usos del borde costero del Golfo de Arauco, considerando como base las categorías definidas en el Catastro de uso de suelo y vegetación, elaborado por CONAF. Esta capa de información permite tener un buen detalle de la extensión de áreas urbanas e industriales (en gris), en relación con la presencia de áreas de uso forestal (en tonalidades verdes) zonas agrícolas (en naranja) y zonas húmedas (en tonalidades celestes).

Sobre esta capa, en la **Figura 16** se han dispuesto los puntos identificados como fuentes difusas a lo largo del Golfo de Arauco.

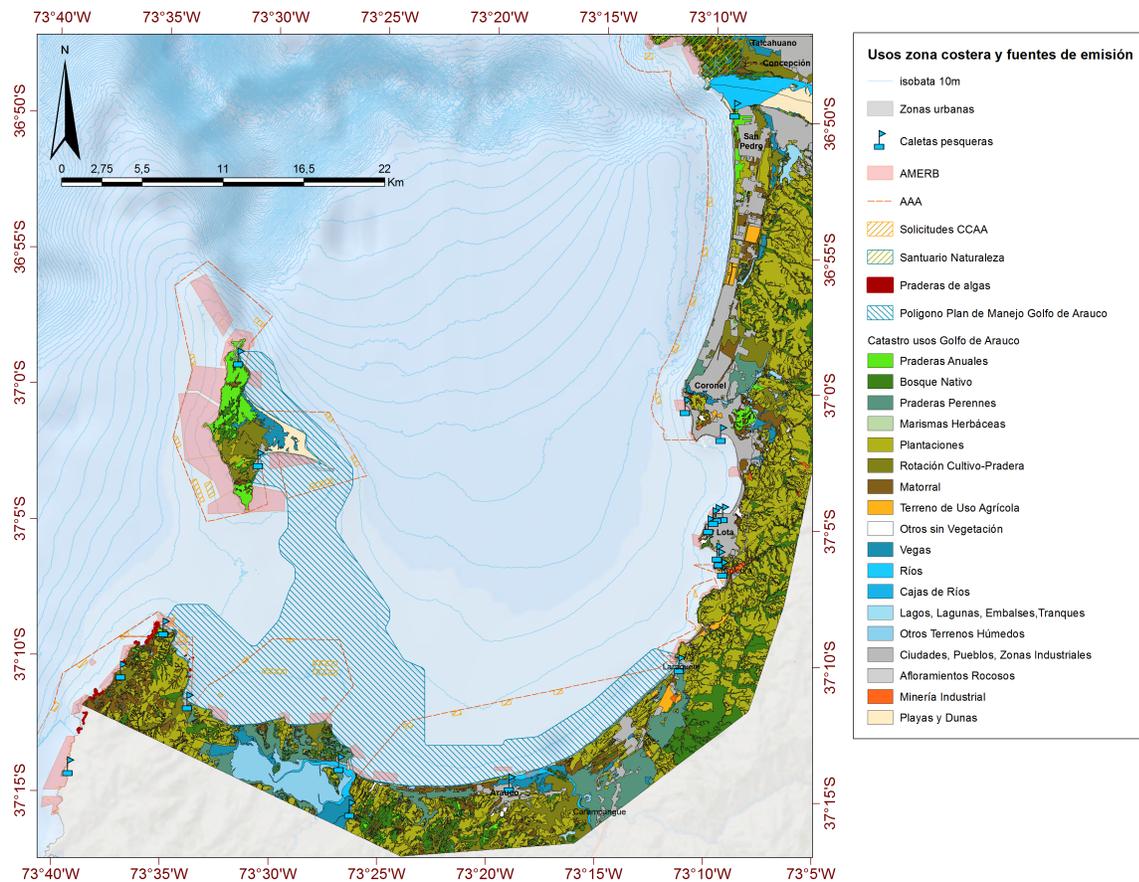


Figura 16. Zonificación de usos del borde costero a partir de Catastro de uso de suelo y vegetación, elaborado por CONAF.

A partir del análisis de esta fuente de información (**Figura 17**), es posible establecer que en la zona de la desembocadura del río Biobío destaca el uso urbano, con una importante actividad de extracción de áridos, producción de gas natural y presencia de residuos de celulosa o papel. Hacia la zona del Parque Escuadrón las principales fuentes difusas se asocian a la extracción de áridos, industria química y almacenamiento de sustancias químicas, además de papeleras y aserraderos. En la zona de Coronel, destaca el uso urbano, la presencia de aserraderos, emisiones aéreas asociadas a las termoeléctricas, depósitos de cenizas, el embarcadero artesanal y el puerto multipropósito. En Bahía Lota, destaca también el uso urbano, la presencia de un astillero, embarcadero artesanal, almacenamiento de sustancias químicas, extracción de gas natural y comienza a aparecer de manera importante el uso silvícola en la zona costera,

especialmente hacia el sur de Lota, extendiéndose por las playas de Colcura y Chivilingo, y llegando hasta caleta Laraquete. Entre Laraquete y Arauco las principales fuentes difusas se asocian con extracción de áridos, aserraderos, producción de celulosa, uso silvícola e industria química. Entre Arauco y Punta Lavapié, destaca el uso urbano (ciudad de Arauco) y silvícola, además de la presencia del embarcadero de Tubul y de un proyecto de extracción de gas natural en Llico.

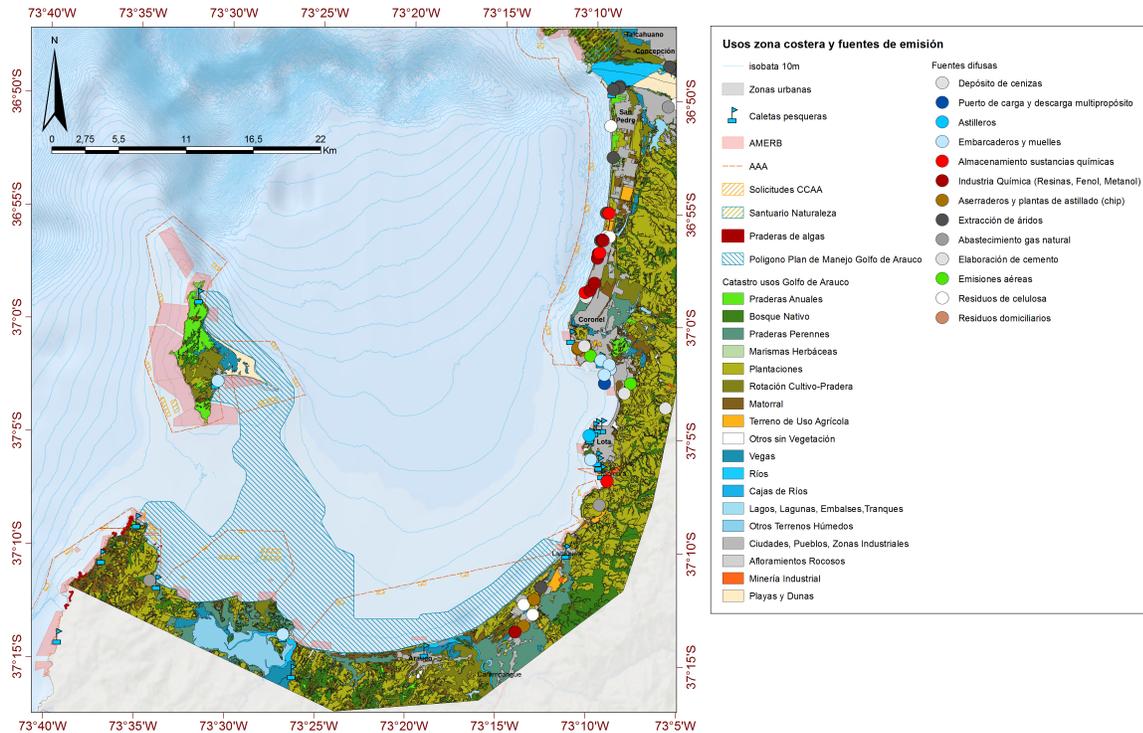


Figura 17. Usos del borde costero identificados a partir de Catastro de uso de suelo y vegetación, elaborado por CONAF, y ubicación de fuentes de contaminación difusa en la zona costera del Golfo de Arauco.

5.4.4 Otras fuentes difusas en el Golfo de Arauco

Los cursos de agua dulce reciben contaminantes desde fuentes fijas o difusas, por lo tanto al desembocar en los cuerpos de agua marinos, éstos se comportan como una fuente difusa, aunque en realidad por encontrarse en un lugar físico definido e inamovible, correspondería a una fuente fija. No obstante, dado que los ríos reciben contaminantes a lo largo de su curso en diversos sectores, desconociéndose su procedencia específica, entonces, pueden ser tratados como una fuente difusa.

El río Biobío, principal curso de agua dulce que desemboca en el Golfo de Arauco, recibe descarga de efluentes (celulosas, plantas de tratamiento, por mencionar algunas), así como diversos contaminantes desde fuentes difusas a lo largo de toda su extensión (agricultura, silvicultura, usos urbanos, zonas industriales, entre otros), lo que lo convierte en el principal aportante respecto a fuentes difusas. El río Biobío cuenta con una Norma Secundaria de Calidad Ambiental (NSCA) desde el 2015 (Decreto N°9 del Ministerio del medio Ambiente), por la cual se establece el monitoreo sobre 19 parámetros ambientales en 14 áreas de vigilancia a lo largo de toda la extensión de su cuenca, lo que implica que existe un control ambiental sobre la carga de contaminantes en el río. No obstante, es posible que algunos elementos contaminantes no estén regulados en la NSCA, como es el caso de los pesticidas.

En la comuna de Coronel, desembocan 3 cuerpos de agua, el primero la desembocadura de los esteros Maule y La Posada, el segundo un estero sin nombre aledaño a la ruta del Patagual Norte. Ambos esteros cursan a través de plantaciones de monocultivos y zonas residenciales. Un tercer estero, ubicado entre Playa Negra y Playa Blanca, atraviesa plantaciones de monocultivo. En el caso de Lota no existen cursos de agua dulce de importancia. Más al sur, los esteros de Colcura y Chivilingo atraviesan sectores de monocultivos y, en el caso particular del estero Colcura, atraviesa un parque industrial de madera y caseríos. Finalmente, en la comuna de Arauco, existen con 3 cuerpos de agua de importancia, como son el río Laraquete, el Carampangue y el Tubul-Raqui. Los 3 cursos de agua dulce están asociados a caletas de pescadores artesanales, atraviesan por sectores de monocultivo y presentan aportes de aguas servidas. Por lo tanto, los elementos asociados a estas fuentes difusas pueden estar relacionados con aportes de Nitrógeno, Fósforo, Coliformes fecales, Aceites y grasas, Hidrocarburos, fertilizantes y pesticidas, entre los más importantes.

Por otro lado, desde la perspectiva de la infraestructura urbana, destacan San Pedro de la Paz, Coronel, Lota y Arauco. En esta zona durante el invierno existen importantes emisiones aéreas de material particulado proveniente de la quema de madera, ya que el principal sistema de calefacción de estas localidades es la leña. Estas partículas pueden contener, debido a la mala calidad de la combustión, elementos órgano halogenados tales como las dioxinas y furanos.

Coronel y Lota representan caletas pesqueras con importantes desembarques de recursos pesqueros artesanales, existiendo además puertos, muelles, varaderos y obras en el borde costero. Todo el movimiento de embarcaciones y servicios asociados genera contaminación

difusa, asociada con diversas formas de los hidrocarburos, grasas y aceites y materia orgánica. Las zonas industriales identificadas en los sectores de Escuadrón, Coronel y Lota cuentan además con hornos y/o calderas que funcionan en base a distintos tipos de combustibles (carbón, petróleo, gas, biomasa, etc.), emitiendo contaminantes a la atmósfera, cuyas concentraciones pueden ser transportadas directamente al mar a través del aire o de escorrentía superficial.

Otra fuente potencial de aportes difusos son las aguas subterráneas. La Norma de Emisión de Residuos Líquidos a Aguas Subterráneas (Decreto Supremo N°46/2002), establece límites máximos permisibles para la descarga de RILes a aguas subterráneas, con fines de prevenir la contaminación de los acuíferos. Sin embargo, a la fecha no existe una red regular de medición de calidad de acuíferos a lo largo del país, y solo se puede recurrir a estudios de caracterización desarrollados para fines específicos, de carácter local. De acuerdo con el Manual para la Aplicación del Concepto de Vulnerabilidad de Acuíferos de la DGA (2004), es posible calcular la vulnerabilidad de los acuíferos, asociando el nivel de penetración con que un contaminante alcanza una posición específica en estos sistemas. El riesgo de contaminación estaría principalmente determinado por las características del acuífero, las que son relativamente estáticas, y por la existencia de actividades potencialmente contaminantes, esencialmente dinámicas. En este sentido, dado que las aguas superficiales y subterráneas poseen un alto grado de interacción, los acuíferos pueden poseer características similares a los de las aguas superficiales que la recargan.

Considerando la activa interacción entre aguas superficiales y subterráneas, incluyendo la posibilidad de traspasos de contaminantes desde aguas superficies hacia los acuíferos, la percepción generalizada indica que las estrategias de protección de acuíferos debieran orientarse hacia el control de las actividades que se desarrollan en superficie, particularmente en zonas de mayor vulnerabilidad de acuíferos, regulando la calidad de las aguas superficiales para evitar la contaminación de aguas subterráneas.

Finalmente, es importante recordar que en el Golfo de Arauco ocurren una serie de fenómenos oceanográficos naturales de diversa escala, tales como cambios estacionales asociados a la dinámica de las masas de agua, presencia de surgencias, oscilaciones interdecadales (ENSO) y, más recientemente, variaciones asociadas a la presencia del Cambio Climático (ver detalle en **Anexo 2**), todo lo cual genera una alta variabilidad en las condiciones de la columna de agua al

interior de este sistema, siendo especialmente importante atender a estas condicionantes a la hora de establecer niveles basales en el marco de la elaboración de una NSCA.

5.4.5 Caracterización de fuentes fijas

En la **Tabla 45** se resumen los parámetros característicos por tipo de efluente descargado en el Golfo de Arauco y que debieran ser medidos en el cuerpo receptor (no en el efluente). En términos generales, los efluentes de procesadoras de recursos pesqueros y PTAS poseen una mayor cantidad de parámetros característicos (N>44), mientras que el efluente de celulosa es el tipo de emisión fija que requiere una menor cantidad de parámetros para su caracterización (N=22).

Por otro lado, los parámetros instrumentales asociados a la hidrografía, resultan fundamentales para la caracterización de cualquier tipo de emisión fija. Los parámetros orgánicos Ácidos Grasos, Anti-incrustantes, AOX, Aceites y Grasas y Carbono orgánico total son los más transversales. Dentro de los metales el Cadmio y dentro de nutrientes y iones el Cloro libre residual, Cloruros y Fosfato total son los parámetros que requieren mayor transversalidad. Finalmente, los parámetros de descarga más transversales corresponden a DBO₅, DQO y Sólidos Suspendidos Totales.

Tabla 45. Parámetros característicos para fuentes fijas identificadas en el Golfo de Arauco, clasificados por categoría.

Parámetro		Efluente fábrica alimentos	Efluente procesadora recursos pesqueros	Efluentes termoeléctricas	Efluentes papelera / celulosa	PTAS	
Hidrografía y sensores	Clorofila-a y total	1	1	1	1	1	
	Conductividad	1	1	1	1	1	
	Densidad	1	1	1	1	1	
	Oxígeno disuelto	1	1	1	1	1	
	pH	1	1	1	1	1	
	Salinidad	1	1	1	1	1	
	Temperatura	1	1	1	1	1	
	Transparencia	1	1	1	1	1	
	Turbiedad	1	1	1	1	1	
	Compuestos o sustancias orgánicas	Ácidos Grasos	1	1		1	1
		Ácidos resínicos				1	
Antibióticos		1	1			1	
Anti-incrustantes/antifouling		1	1	1	1	1	
AOX			1	1	1	1	
Aceites y Grasas		1	1	1		1	
Bifenilos policlorados (PCB)					1	1	
Clorofenoles				1	1		
Carbono orgánico total		1	1	1	1	1	
Derivados de fármacos						1	
Dioxinas				1	1		
EOX				1	1	1	
Fertilizantes						1	
Fitoesteroles					1		
Furanos				1	1		
HAP				1		1	
Herbicidas						1	
Hidrocarburos alifáticos			1				
Hidrocarburos deriv. petróleo				1		1	
Hidrocarburos fijos					1		
Hidrocarburos totales		1	1		1		
Hidrocarburos volátiles			1	1	1		
Lípidos		1	1			1	
Pesticidas						1	
Trihalometanos						1	

Parámetro		Efluente fábrica alimentos	Efluente procesadora recursos pesqueros	Efluentes termoeléctricas	Efluentes papelera / celulosa	PTAS
Metales	Aluminio			1		1
	Arsénico		1	1		1
	Cadmio	1	1	1		1
	Zinc			1		1
	Cobre		1	1		1
	Cromo			1		1
	Cromo VI	1	1	1		
	Hierro		1			
	Manganeso			1		1
	Mercurio	1	1	1		
	Níquel			1		1
	Plomo	1	1			
	Selenio		1	1		
Vanadio			1			
Nutrientes inorgánicos y iones	Amonio	1	1			1
	Cloro libre residual	1	1	1		1
	Cloruros	1	1	1		1
	Fosfatos		1			
	Fósforo Total	1	1	1		1
	Índice Fenol	1	1			
	Nitrato	1	1			
	Nitrito	1	1			
	Nitrógeno Kjeldahl					1
	Nitrógeno Total	1		1		1
	Sulfatos			1		
Sulfuros Disueltos			1		1	
Parámetros de descarga	Coliformes Fecales	1	1			1
	Coliformes Totales	1	1			1
	Color Verdadero	1	1			1
	DBO5	1	1	1		1
	Detergentes (SAAM)	1	1			1
	DQO	1	1	1		1
	Poder Espumógeno	1	1			1
	Sólidos Disueltos Totales	1	1			1
	Sólidos Suspendedos Totales	1	1	1		1
	Sólidos Totales	1	1			1

5.4.6 *Caracterización de fuentes difusas*

En las **Tablas 46 y 47** se resumen los parámetros característicos por tipo de fuente difusa y usos del borde costero. Se debe tener en consideración que esta caracterización es de tipo cualitativa, debido a que la naturaleza de las fuentes difusas hace difícil la cuantificación.

Las fuentes difusas que generan más diversidad de parámetros contaminantes son las aguas de contacto (escorrentías de aguas superficiales que entran en contacto con zonas industriales), almacenamiento de sustancias químicas, residuos de celulosa y puerto multipropósito. Las actividades de uso del borde costero con mayor diversidad de parámetros corresponden a la acuicultura y la pesca artesanal. Las fuentes difusas con menor diversidad de parámetros corresponden a la extracción de áridos y la combustión de leña proveniente de zonas residenciales, mientras que la actividad de uso del borde costero que menos diversidad de parámetros posee es la actividad extractiva bentónica.

Por otro lado, los parámetros más transversales, característicos de una amplia variedad de fuentes y usos corresponden a los parámetros instrumentales conductividad, oxígeno disuelto, pH, transparencia y turbiedad. Los compuestos orgánicos más transversales corresponden a Aceites y Grasas, Carbono orgánico total e Hidrocarburos (derivados del petróleo, totales y volátiles), mientras que los metales más transversales corresponden al Cadmio, Zinc, Mercurio y Plomo, y los nutrientes más transversales son el Fósforo total e Índice de Fenol. Los parámetros específicos de descargas de mayor transversalidad son el Color Verdadero, Detergentes (SAAM) y Sólidos Suspendidos Totales. Por otro lado, los parámetros de mayor especificidad corresponden a los trihalometanos (residuos de celulosa), antibióticos (acuicultura) y los nutrientes nitrato y nitrito (zonas agrícolas).

Tabla 46. Parámetros instrumentales (mediciones *in situ*) y compuestos orgánicos característicos para fuentes difusas identificadas en el Golfo de Arauco.

Parámetro	Fuentes Difusas															Otros usos							
	Abastecimiento gas natural	Aguas de contacto	Almacenamiento sustancias químicas	Aserraderos y plantas de astillado (chip)	Astilleros	Cocedoras de mariscos	Elaboración de cemento	Embarcaderos y muelles	Emissiones aéreas	Extracción de áridos	Industria química	Ocupación Silvícola	Puerto de carga y descarga multipropósito	Residuos de celulosa	Residuos domiciliarios	Zonas agrícolas	Zonas de equipamiento	Zonas residenciales	Actividad extractiva bentónica	Actividad pesquera	Acuicultura	Turismo	
Hidrografía y sensores	Clorofila-a y total											1				1			1	1			
	Conductividad	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1			1	1			
	Densidad		1	1			1			1				1									
	Oxígeno disuelto	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1		
	pH	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	
	Salinidad	1	1						1														
	Temperatura		1						1														
	Transparencia		1		1		1		1	1		1	1	1	1	1				1	1	1	
	Turbiedad	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Compuestos o sustancias orgánicas	Ácidos grasos		1			1														1	1	1	
	Ácidos Grasos												1							1	1	1	
	Ácidos resínicos											1											
	Ácidos resínicos				1									1		1							
	Antibióticos																				1		
	AOX			1							1		1	1									
	Aceites y Grasas		1			1	1		1				1		1	1	1		1	1	1		
	Bifenilos policlorados (PCB)		1	1		1			1				1						1				
	Clorofenoles			1	1										1							1	
	Carbono orgánico total		1		1		1		1			1		1	1	1			1	1	1	1	
	Derivados de fármacos																				1	1	
	Dioxinas								1						1				1				
	EOX			1											1								
	Fertilizantes											1	1				1						
	Fitoesteroles				1							1			1								
	Furanos								1						1						1		
	HAP	1	1	1	1		1		1		1									1			
	Herbicidas											1	1					1					
	Hidrocarburos alifáticos	1		1																			
	Hidrocarburos deriv. petróleo		1		1	1		1	1	1		1	1	1				1	1	1	1	1	
	Hidrocarburos fijos							1												1			
	Hidrocarburos totales		1	1	1	1		1	1		1		1		1		1				1	1	
	Hidrocarburos volátiles	1		1	1	1		1	1	1		1	1	1			1	1		1	1		
	Lípidos		1				1									1				1	1	1	
Lípidos							1					1							1	1	1		
Pesticidas				1							1	1	1			1							
Trihalometanos													1										

Tabla 47. Metales, nutrientes, iones y parámetros de descarga característicos para fuentes difusas identificadas en el Golfo de Arauco.

Parámetro	Fuentes Difusas												Otros usos										
	Abastecimiento gas natural	Aguas de contacto	Almacenamiento sustancias químicas	Aserraderos y plantas de astillado (chip)	Astilleros	Cocedoras de mariscos	Elaboración de cemento	Embarcaderos y muelles	Emissiones aéreas	Extracción de áridos	Industria química	Ocupación Silvícola	Puerto de carga y descarga multipropósito	Residuos de celulosa	Residuos domiciliarios	Zonas agrícolas	Zonas de equipamiento	Zonas residenciales	Actividad extractiva bentónica	Actividad pesquera	Acuicultura	Turismo	
Metales	Aluminio				1	1	1			1	1		1		1								
	Arsénico	1	1	1		1	1	1		1								1					
	Cadmio	1	1	1		1	1				1	1	1		1	1					1	1	
	Zinc				1	1		1	1		1	1		1	1		1	1	1		1	1	1
	Cobre				1				1			1	1				1					1	
	Cromo					1		1							1			1				1	
	Cromo VI	1	1	1			1		1		1					1	1						
	Hierro					1		1			1		1		1						1	1	
	Manganeso				1						1			1	1								
	Mercurio	1	1	1		1	1	1		1		1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	
	Níquel					1		1				1	1	1	1			1				1	
	Plomo	1	1	1		1	1	1		1		1	1	1	1			1	1		1	1	1
	Selenio				1			1		1									1				
	Vanadio	1		1				1		1		1						1					
Nutrientes inorgánicos y iones	Amonio		1				1					1		1		1					1	1	
	Cloro libre residual	1	1																			1	
	Cloruros	1	1	1							1	1		1									
	Fósforo Total				1	1		1		1		1	1	1		1					1	1	1
	Índice Fenol		1		1				1			1	1	1	1	1	1				1	1	1
	Nitrato																					1	
	Nitrito																					1	
	Nitrógeno Kjeldahl				1			1		1			1	1		1					1		1
	Nitrógeno Total		1		1					1			1	1		1					1	1	1
	Sulfatos	1		1						1					1			1				1	
Sulfuros Disueltos		1	1				1	1		1											1	1	
Parámetros descarga	Basura inorgánica (sólidos)						1																
	Basura orgánica (sólidos)						1																
	Coliformes Fecales		1					1		1					1						1	1	1
	Coliformes Totales	1	1					1		1					1	1					1	1	1
	Color Verdadero		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1
	DBO5		1					1				1			1	1	1				1	1	1
	Detergentes (SAAM)	1	1	1	1				1						1	1	1	1			1	1	1
	DQO		1	1				1		1					1	1						1	
	Poder Espumígeno				1											1							
	Sólidos Disueltos Totales	1								1					1							1	
	Sólidos Suspendidos Totales	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1		1			1	1	1	1
	Sólidos Totales				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1				1	1	1

5.5 OEd. Elaborar un modelo conceptual de emisión-concentración, para el Golfo de Arauco, que considere como mínimo los flujos e interacciones de parámetros como: metales, nutrientes y compuestos orgánicos

DPSIR permite describir las interacciones entre la sociedad (impacto humano) y el ambiente, y viceversa, debido a que considera explícitamente la interdependencia de los distintos componentes ambientales. De esta forma, proporciona una estructura dentro de la cual se identifican los indicadores necesarios para permitir la retroalimentación a los responsables de la formulación de políticas sobre la calidad ambiental y el impacto resultante de las decisiones políticas tomadas o por tomar en el futuro.

La aplicación del modelo DPSIR para la comprensión de los flujos e interacciones claves en el Golfo de Arauco, se basa en la identificación territorial de las principales actividades antrópicas que generan presiones ambientales, entregada en respuesta a los objetivos previos, con énfasis en identificación de los impactos sobre los servicios ecosistémicos que provee el sistema bajo estudio.

5.5.1 Fuerzas motrices

Las Fuerzas Motrices o impulsoras son los factores que motivan las actividades humanas y satisfacen las necesidades humanas básicas, y que tienen la potencialidad de inducir cambios en el medio ambiente. Para determinar cómo las actividades humanas podrían afectar la calidad ambiental del Golfo de Arauco, es necesario describir los factores que generan presiones ambientales en la zona de interés.

Con base en el análisis de los factores determinados territorialmente, en la **Tabla 48** se identifican las principales fuerzas impulsoras de cambio, considerando 2 tipos de escala: local y global.

Tabla 48. Identificación de fuerzas motrices o impulsoras en el Golfo de Arauco.

Fuerzas motrices	
Escala local	Escala global
-Ciudades y poblados	-Surgencias
-Industrias de distinto tipo	-ENSO
-Agricultura	-Cambio climático
-Silvicultura (forestal)	
-Infraestructura costera	
-Pesca artesanal	
-Acuicultura	
-Turismo	

5.5.2 Presiones

Las presiones se definen como actividades humanas, derivadas del funcionamiento de Fuerzas Motrices que inducen cambios en el medio ambiente, o comportamientos humanos que pueden influir en la salud del ecosistema. El Golfo de Arauco, como sistema complejo, presenta una variedad de presiones antrópicas que influyen localmente en la salud del ecosistema y que, en conjunto, poseen la potencialidad de producir cambio de mayor escala.

De esta forma, y siguiendo a Borja et al. (2006), las presiones identificadas se han dividido en cuatro grupos: (i) contaminación directa, incluyendo descargas puntuales y difusas; (ii) usos del borde costero, incluyendo todo tipo de explotación de recursos naturales que puedan generar cambios en la biodiversidad (iii) alteración del régimen hidrológico, incluidas las actividades de extracción de áridos y modificación de los caudales de descarga de los principales cuerpos de agua; (iv) cambios en la morfología y patrón de circulación, incluida modificación del borde costero y presencia de obras portuarias.

En la **Tabla 49** se entrega una síntesis de las presiones identificadas en el Golfo de Arauco, clasificadas por tipo.

Tabla 49. Listado de presiones identificadas en el Golfo de Arauco. Basado en Borja et al. (2006).

Presiones			
Contaminación	Usos y biodiversidad	Alteración del régimen hidrológico	Cambios en morfología y circulación
<i>Descargas urbanas</i>	<i>Explotación de recursos</i>	<i>Regulación de caudales</i>	<i>Infraestructura</i>
-Descargas de PTAS	-Pesca artesanal	-Zonas de extracción de áridos	-Muelles
-Descargas domiciliarias no tratadas	-Extracción de bancos naturales	-Represas	-Puertos
-Contaminación difusa desde poblados	-Extracción de algas	-Centrales de paso	-Emisarios submarinos
	-AMERB	-Bocatomas	-Embarcaderos
<i>Descargas industriales</i>			-Acuicultura intensiva
-Fábricas de alimentos	<i>Cambios en biodiversidad</i>		-Captaciones de agua
-Procesadoras de recursos pesqueros	-Especies introducidas		
-Papeleras	-Especies invasoras		
-Termoeléctricas			
-Celulosa	<i>Recreación</i>		
-Industria petroquímica	-Playas		
-Contaminación difusa en zonas industriales	-Zonas turísticas		
- Contaminación del puerto de carga y descarga multipropósito			
-Emisiones aéreas			
<i>Minería</i>	<i>Zonas de conservación</i>		
-Zonas de extracción de áridos	-Humedales		
-Gas natural	-Loberas		
	-ECMPO		
<i>Agricultura y silvicultura</i>	-Áreas protegidas		
-Contaminación difusa agrícola y forestal	-Zonas de pesca		
<i>Actividades de acuicultura</i>			
<i>Sitios contaminados</i>			
-DRIS			
-Vertederos			
-Almacenamiento de sustancias químicas			

ECMPO: Espacios Costeros Marinos de Pueblos Originarios
 DRIS: Depósitos de Residuos Industriales Sólidos

5.5.3 Estado

Se refiere a la condición del medio ambiente (componentes físicos, químicos y biológicos) y de los sistemas humanos (nivel de población y atributos individuales). Los procesos químicos, físicos y biológicos interactúan para afectar diferentes componentes del ecosistema que pueden medirse por sus atributos (métricas).

Considerando que el Estado del ambiente es una combinación de las condiciones físicas, químicas y biológicas, en la **Tabla 50** se han identificado los compartimentos atingentes al análisis del estado de salud del Golfo de Arauco.

Tabla 50. Listado de indicadores de Estado (condición del medio ambiente) en el Golfo de Arauco.

Estado		
Condiciones físicas	Condiciones químicas	Condiciones biológicas
<i>Hábitats</i>	<i>Columna de agua</i>	<i>Biodiversidad</i>
-Desembocaduras de ríos	-Hidrografía	-Fitoplancton
-Bahías	-Calidad de la columna de agua	-Holoplancton
-Zonas de Surgencia		-Meroplancton (estados tempranos)
-Cañón submarino	<i>Sedimentos</i>	-Microorganismos
-Zona mínima de oxígeno	-Granulometría	-Biodiversidad macrofauna intermareal y submareal
-Zona costera	-Calidad de sedimentos	-Biodiversidad megafauna intermareal y submareal
		-Indicadores poblacionales de especies bentónicas
<i>Procesos</i>	<i>Organismos</i>	-Indicadores poblacionales de especies demersales
-Corrientes de marea	-Calidad de organismos	-Indicadores poblacionales de especies pelágicas
-Surgencia costera		-Praderas de macroalgas
-Descarga del Biobío		-Avifauna
-Frentes		-Mamíferos
-Eddies		-Presencia de especies invasoras
-Variabilidad estacional en patrón de circulación		
-Procesos de mezcla		
-ENSO		
-Cambio climático		

5.5.4 Impactos

Los cambios en el estado físico, químico o biológico del medio ambiente determinan la calidad de los ecosistemas y el bienestar de los seres humanos. Cambios en el estado generan impactos ambientales o económicos en el funcionamiento de los ecosistemas, sus capacidades de soporte vital y, en última instancia, en la salud humana y en el desempeño económico y social de la sociedad.

Para la evaluación de los impactos en el Golfo de Arauco, se han identificado aquellos servicios ecosistémicos (provisionamiento, regulación, culturales y de soporte) que son fundamentales para el bienestar humano y que son susceptibles de ser impactados significativamente por las presiones derivadas de las fuerzas motrices identificadas (**Tabla 51**).

Tabla 51. Servicios ecosistémicos y aspectos del bienestar humano susceptibles de recibir impactos en el Golfo de Arauco.

Impactos o pérdidas		
Servicios de provisiónamiento	Servicios culturales	Bienestar humano
-Pesca artesanal	-Turismo	-Salud
-AMERB	-Actividades recreacionales	-Educación
-Acuicultura	-Actividades sociales	-Empleo
-Gas natural	-Zonas patrimoniales	-Ingresos
-Minería	-Paisaje	-Desarrollo
-Energía	-Conocimiento científico	-Asociatividad
		-Sustentabilidad
Servicios de regulación	Servicios de soporte	
-Clima	-Productividad primaria	
-Barreras naturales de control	-Biodiversidad	
-Calidad del agua	-Provisión de hábitats	
-Calidad del sedimento	-Reciclaje de contaminantes	
-Secuestro de carbono	-Tramas tróficas	
-Dilución y detoxificación de contaminantes		

5.5.5 Respuestas

Las respuestas societales a las presiones que producen impactos en los ecosistemas, son las acciones tomadas por grupos o individuos en la sociedad y el gobierno para prevenir, compensar, mejorar o adaptarse a cambios en el estado del medio ambiente; incluyendo la modificación de comportamientos humanos que contribuyen a los riesgos, impactos sociales o económicos.

En el caso del Golfo de Arauco, se han identificado respuestas específicas asociadas con las fuerzas motrices, presiones, estado e impactos, con la finalidad de clarificar el tipo de respuesta asociada a cada dimensión del DPSIR (**Tabla 52**).

Tabla 52. Respuestas asociadas a las dimensiones DPSIR para el Golfo de Arauco.

Respuestas	
Fuerzas motrices	Estado
-Políticas de uso de suelo	- Normas de calidad secundaria
-Planes reguladores	-Monitoreos ambientales
-Innovación tecnológica	-Evaluación de la biodiversidad
-Toma de decisiones	-Evaluación de la sustentabilidad de pesquerías
	-Evaluación de la dinámica costera y sus forzantes
	-Necesidad de remediación/restauración
Presiones	Impactos
-Normas de emisión	-Monitoreos ambientales
-Normas de calidad primaria	-Evaluación de servicios ecosistémicos
-Planes de descontaminación	-Valorización de servicios ecosistémicos
-Políticas de uso de la zona costera	-Implementación de medidas de mitigación
-Manejo de recursos hidrobiológicos	

5.5.6 DPSIR

Con base en el análisis precedente, en la **Figura 18** se entrega el modelo DPSIR, que considera las principales fuerzas, presiones, componentes del estado e impactos analizados en esta sección, poniendo especial énfasis en la identificación de aquellos que se relacionan con la generación de una NSCA.

DPSIR Golfo de Arauco

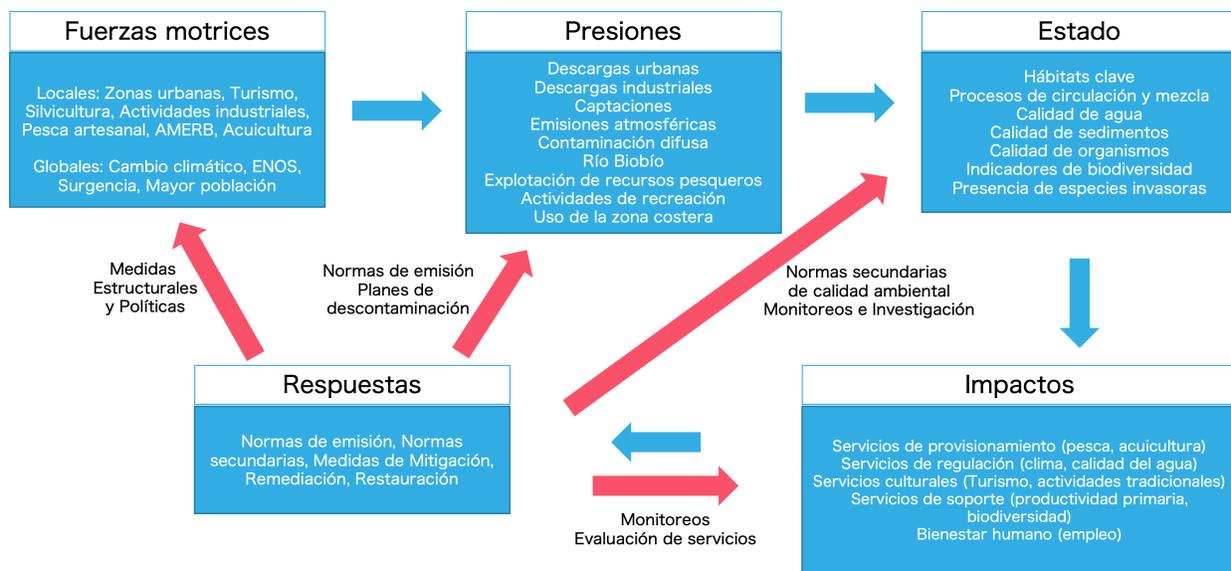


Figura 18. Modelo DPSIR para el Golfo de Arauco.

La aplicación del modelo DPSIR permitió identificar y clarificar los atributos clave a incluir en una propuesta de monitoreo ambiental, incluyendo los componentes clave vinculados a una NSCA y las zonas de conservación especiales que fueron previamente identificadas a través del análisis cartográfico.

Es importante destacar que, en el caso de la aplicación a una NSCA, los tipos de respuesta que corresponde incluir en un monitoreo ambiental se asocian principalmente con respuestas de presiones, estado e impacto, y específicamente, con aquellos vinculados con servicios de regulación (calidad de agua, sedimento), soporte (biodiversidad) y provisionamiento (calidad de especies comerciales).

Con base en esta identificación, en respuesta al OEe, se ha elaborado una propuesta de monitoreo que procura incluir una visión integral del Golfo de Arauco, sin dejar de considerar particularidades necesarias de vigilar y zonas especiales que son importantes en la conservación.

5.6 OEE: Elaborar una propuesta de un plan de monitoreo de la calidad ambiental del Golfo de Arauco, que junto con la información disponible permita conocer el estado actual de la bahía y sirva de insumo para el diseño de una futura norma

5.6.1 Distribución espacial de los sitios de muestreo

5.6.1.1 Patrón de circulación general

La variabilidad presente en el Golfo de Arauco está determinada principalmente por dos factores:

i) el ingreso de agua dulce al sistema por medio de las descargas a través del río Biobío; y ii) los patrones de viento contrastantes durante invierno y verano. Otros factores como la marea, brisa marina, topografía costera y eventos meteorológicos episódicos presentan un rol menos relevante en cuanto a los patrones generales descritos.

En condiciones de invierno, la mayor descarga de agua dulce y vientos débiles, el gradiente de presión que se impone sobre las aguas del golfo produce una circulación de dos capas, donde la superficial se orienta hacia el sur, entrando por la Boca Grande y tendiendo a salir por la Boca Chica, y en sentido contrario (hacia el norte) en la capa sub-superficial. Por otro lado, cuando el viento se intensifica, las corrientes tienden a seguir la dirección dominante de éste (tanto en invierno como en primavera). Así en condiciones de invierno, el viento norte promueve corrientes al sur, mientras que en verano, con viento sur, las corrientes tienden a dirigirse hacia el norte, con comportamiento más barotrópicos (una sola capa de superficie a fondo).

El patrón de circulación modelado por Contreras (2017), permite establecer la existencia de un patrón estacional definido por la dirección de los vientos y su interacción con la descarga del Biobío (**Figura 19**).

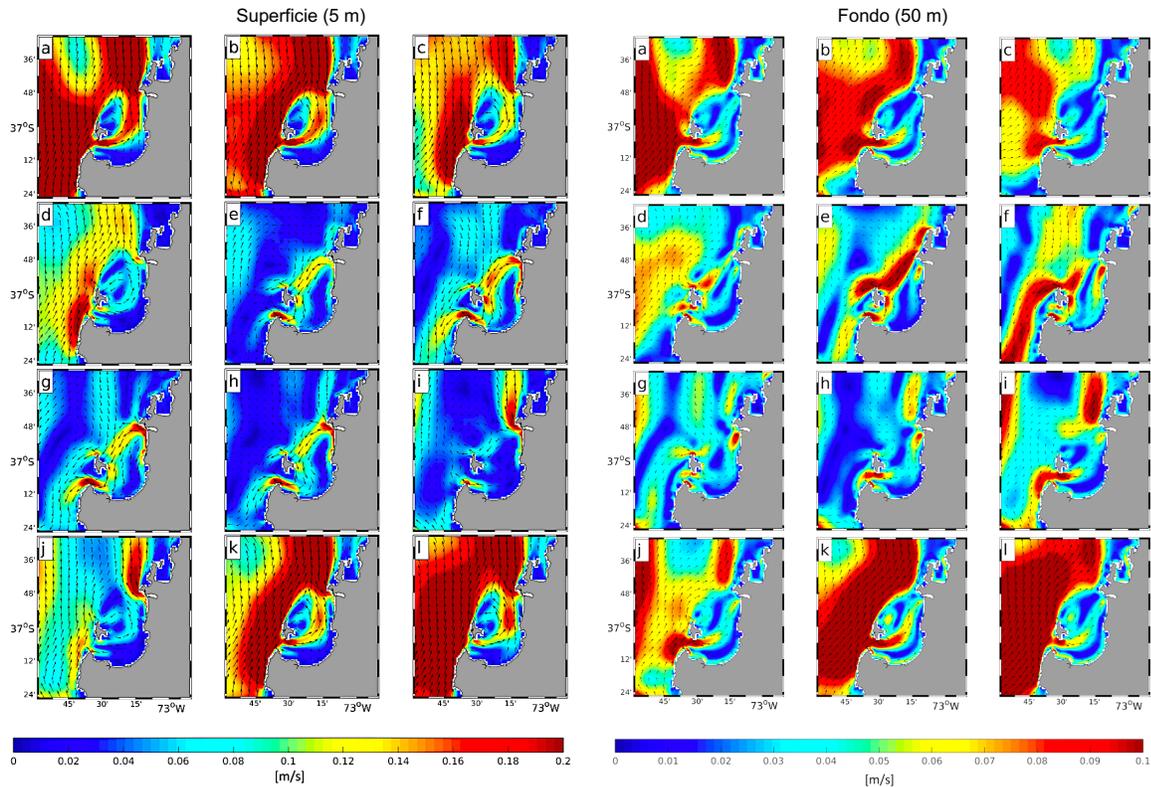


Figura 19. Promedio mensual de corrientes modeladas en superficie (5 m) y fondo (50 m) para el Golfo de Arauco por mes (*a=enero, b=febrero, c=marzo, ..., k=noviembre, l=diciembre*). Extraído de Contreras (2017).

En el caso de aquellas bahías al interior del golfo, como Lota y Coronel, las simulaciones del tiempo de residencia realizadas por Contreras (2017), revelaron que en el sector este del Golfo se registran mayores tiempos de residencia y menores tasas de dispersión, indicando que, al interior de las bahías, las partículas tienden a ser retenidas en el mismo sector donde fueron liberadas.

5.6.1.2 Propuesta de zonificación

Tomando en consideración los criterios oceanográficos, topográficos, batimétricos, así como la identificación de fuentes de descargas fijas y difusas, áreas productivas y usos del borde costero, han sido definidas 6 zonas de muestreo para el Golfo de Arauco (**Figura 20**).

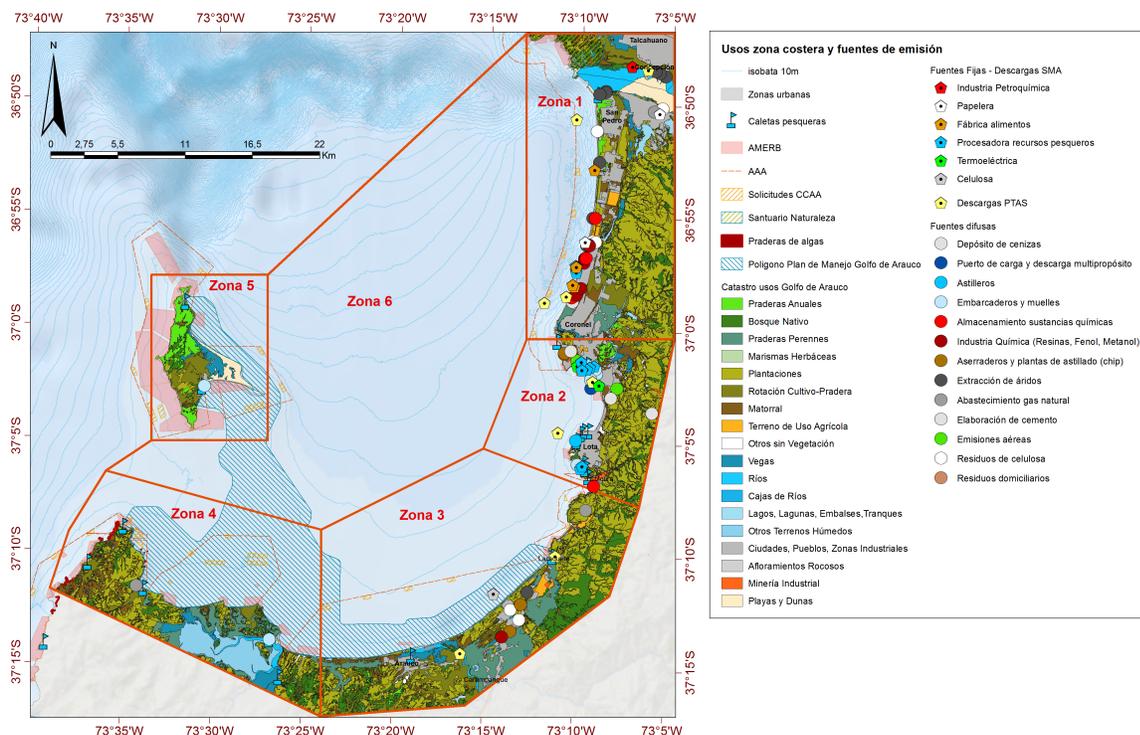


Figura 20. Propuesta de zonificación para la implementación de un monitoreo de calidad ambiental en el Golfo de Arauco.

La sistematización de las fuentes fijas y difusas identificadas al interior de cada una de estas zonas se entrega en la **Tabla 53**. Las zonas 1 y 2 son claramente las zonas donde se produce la mayor diversidad de descargas fijas y difusas. La zona 3 corresponde a una zona donde la principal fuente fija corresponde al emisario de la planta de Celulosa Arauco, mientras que en las zonas 4 y 5 no existen descargas directas, sino principalmente fuentes difusas asociadas a los usos del borde costero. La zona 6 corresponde a un área de gran importancia en el marco de la vigilancia ambiental, puesto que es una zona donde no existen descargas directas ni fijas ni difusas.

Tabla 53. Descargas fijas y difusas presentes en cada una de las zonas definidas para el monitoreo de calidad ambiental del Golfo de Arauco.

Zona	Fuentes Fijas	Fuentes difusas	
Zona 1	Papelera	Río	Aserradero
	Industria petroquímica	Uso urbano	Almacenamiento de sustancias químicas
	PTAS	Áridos	
	Fábrica de alimentos	Papelera	
	Procesadora de recursos pesqueros	Gas natural	
		Industria química	
Zona 2	Procesadora de recursos pesqueros	Uso urbano	Uso silvícola
	PTAS	Aserradero	Astillero
	Termoeléctricas	Emisiones aéreas	Industria química
		Cenizas	Gas natural
		Embarcadero	
		Puerto	
Zona 3	PTAS	Áridos	
	Celulosa	Aserraderos	
		Industria química	
		Residuos celulosa	
		Uso urbano	
		Uso Silvícola	
Zona 4		Descargas domiciliarias	
		Embarcaderos	
		Uso silvícola	
Zona 5		Embarcaderos	
		Uso silvícola	
Zona 6			

En atención a esta subdivisión, se entrega a continuación una propuesta de puntos de muestreo por matriz y subzona que ha sido elaborada sobre la base de los siguientes criterios:

- Generación de una grilla de muestreo que entregue un gradiente de concentraciones en el submareal, considerando la disposición de estaciones en veriles de profundidad costeros (< 20 m), más alejados de la costa (~30 m) y más profundos (>50 m).
- Identificación de áreas de referencia que permitan determinar la variabilidad asociada a las fluctuaciones naturales.

- Posicionamiento de una mayor densidad de puntos de muestreo en áreas de impacto, considerando la densidad puntos de descargas y la presencia de fuentes difusas.
- Identificación de atributos relevantes de conservación, asociados con servicios ecosistémicos de provisioningamiento y de soporte, necesarios de incorporar en el monitoreo

En la **Figura 21** se entrega la disposición de 40 sitios de muestreo propuestos para el submareal. En cada uno de estos sitios de muestreo se propone la toma de muestras en columna de agua (2 niveles), sedimentos (muestras en triplicado), macrofauna (diversidad) y calidad de tejidos biológicos de las especies *Mulinia edulis*, *Tagelus dombeii* y *Cancer sp.* Las especies seleccionadas corresponden a recursos hidrobiológicos conspicuos en el Golfo de Arauco y, adicionalmente, *Mulinia* y *Tagelus* están incorporadas en el Plan de Manejo del Golfo de Arauco.

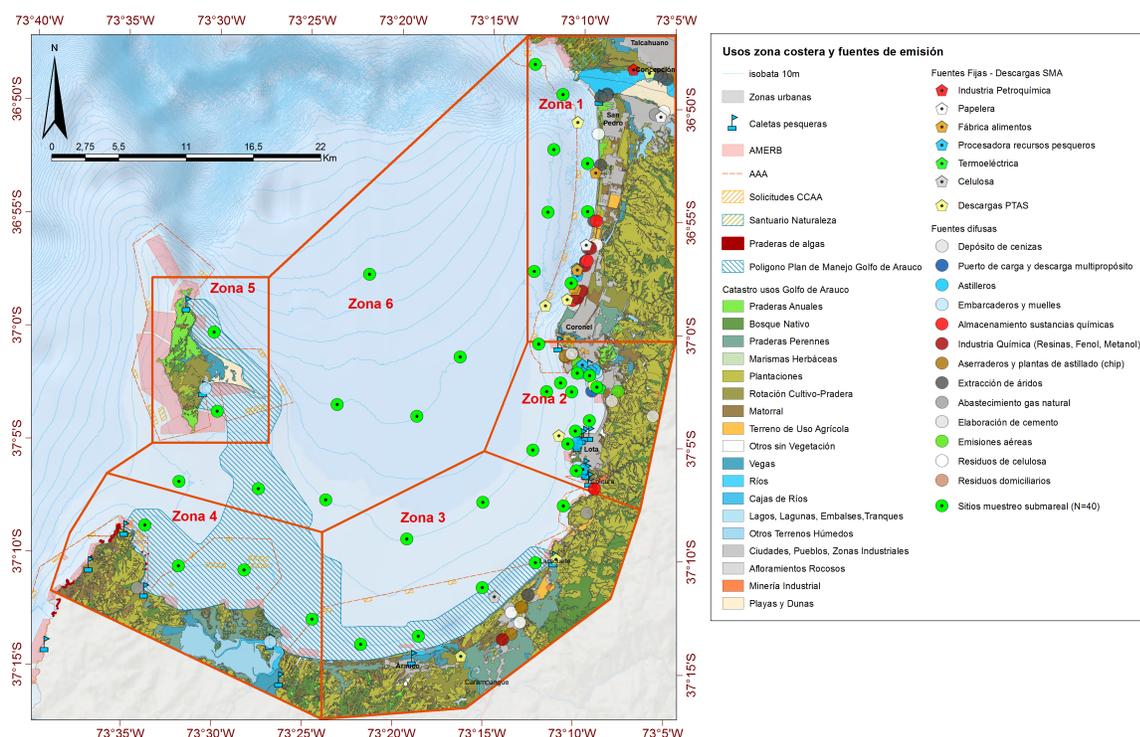


Figura 21. Propuesta de sitios de muestreo submareal en el Golfo de Arauco.

Un punto especialmente importante de monitorear, debido a su valor en términos de biodiversidad son los humedales costeros. En la **Figura 22** se han dispuesto 10 sitios de observación en los principales humedales costeros del Golfo de Arauco. En cada uno de estos sitios de muestreo, se propone realizar el monitoreo de columna de agua, sedimentos, macrofauna y avistamiento de avifauna.

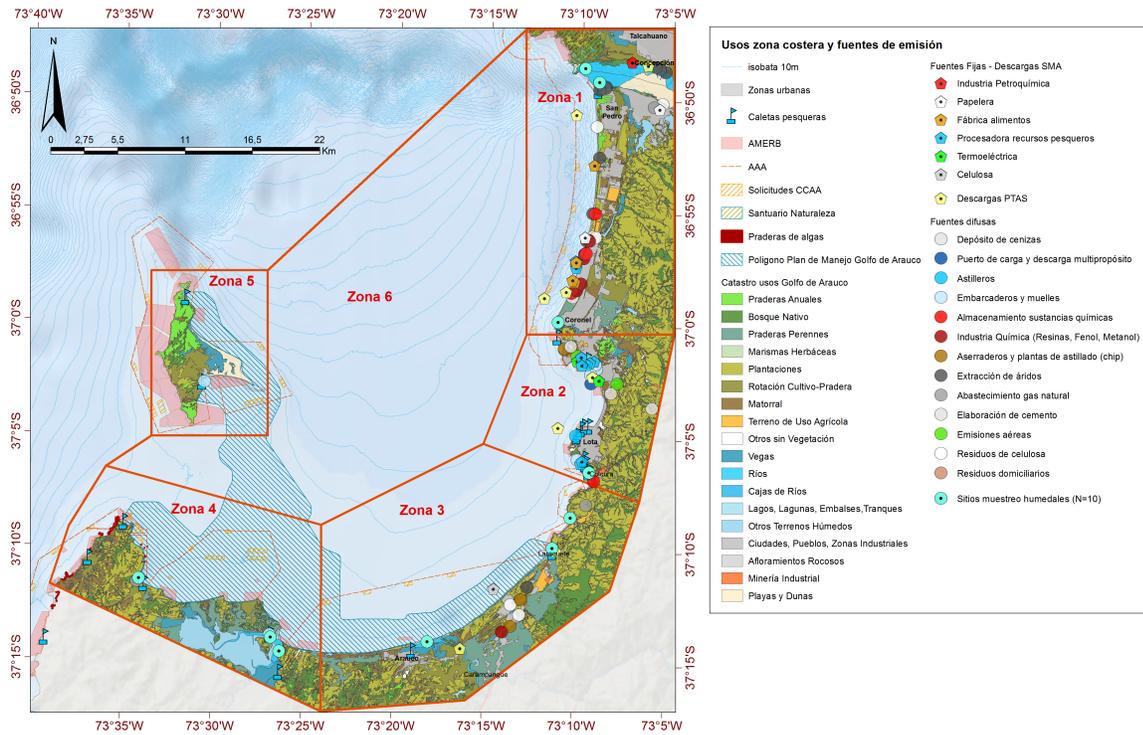


Figura 22. Propuesta de sitios de muestreo de humedales en el Golfo de Arauco.

En el ambiente intermareal se diferencian zonas de playas de arena e intermareal de fondos duros. En atención a las características particulares de cada una de estas zonas, en las **Figuras 23** y **24** se propone la ubicación de 24 sitios de muestreo en el intermareal de playas de arena y 9 sitios de muestreo en las zonas de intermareal rocoso. Para el intermareal de arena, en cada sitio se propone el muestreo de calidad de sedimentos, diversidad de la macrofauna y muestreo de tejidos de *Emerita analoga*. Para el caso de fondos duros, se propone el muestreo de diversidad de la megafauna y calidad de *Perumytilus purpuratus*.

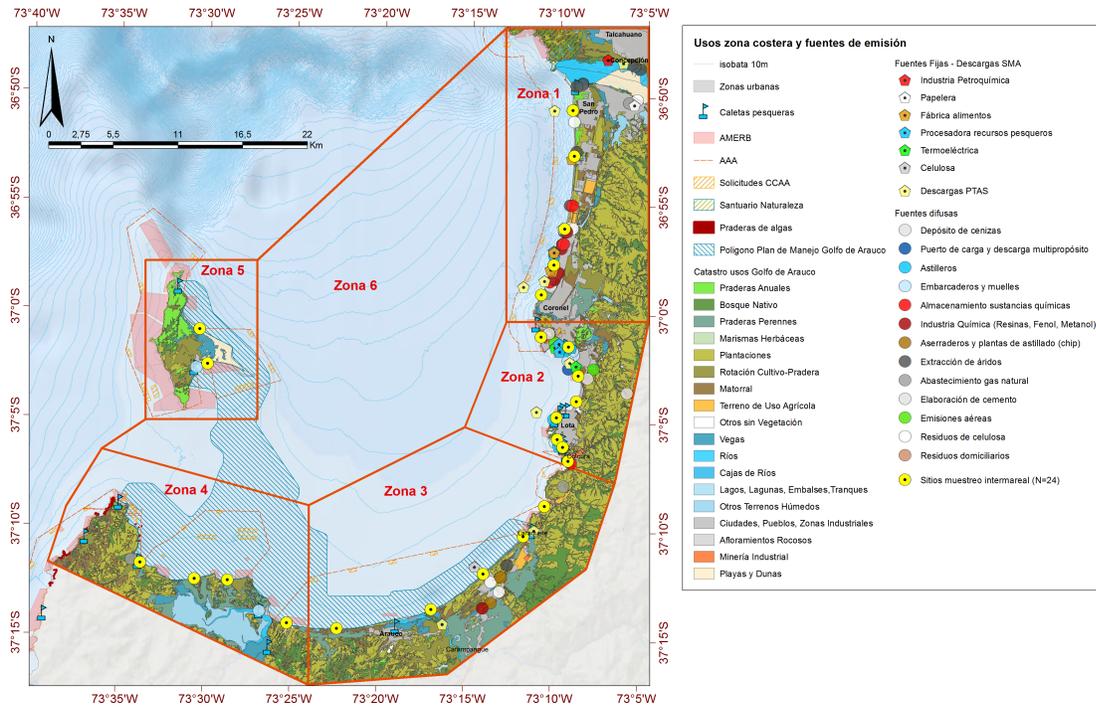


Figura 23. Sitios propuestos para intermareal de fondos blandos en el Golfo de Arauco.

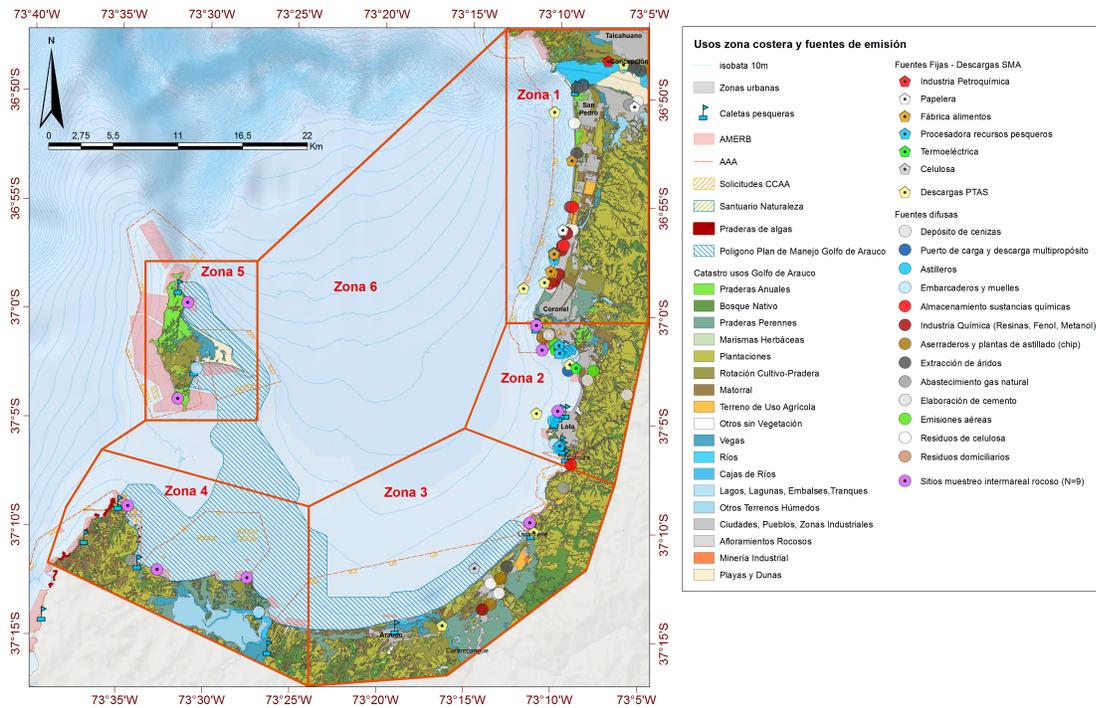


Figura 24. Sitios propuestos para intermareal de fondos duros en el Golfo de Arauco. Finalmente, y en atención a la importancia que posee la medida de administración AMERB, para la actividad pesquera artesanal, se propone incorporar el monitoreo de biodiversidad de la

megafauna y calidad de organismos filtradores (*Aulacomya atra* y *Pyura chilensis*) en 10 sitios administrados por organizaciones de pescadores artesanales en el Golfo de Arauco (**Figura 25**).

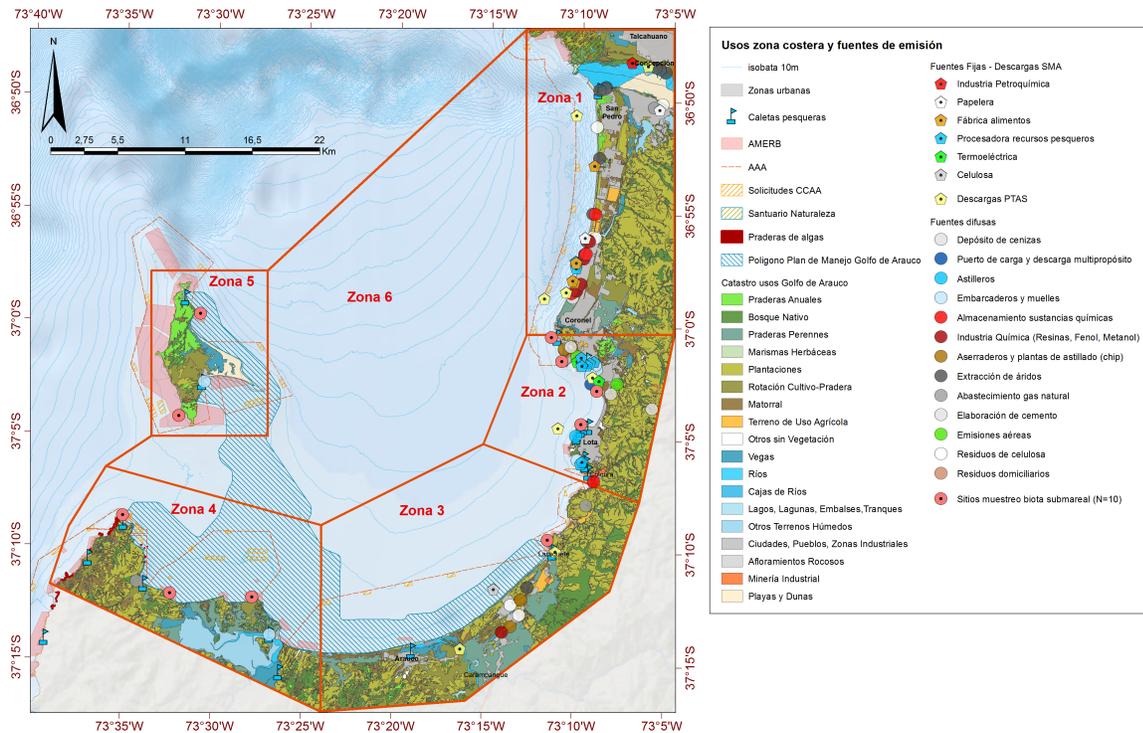


Figura 25. Propuesta de sitios de muestreo para megafauna submareal de fondos duros en el Golfo de Arauco.

En la **Tabla 54** se entrega la propuesta de parámetros a monitorear en términos transversales y al interior de cada una de las zonas, así como una síntesis de los monitoreos de biodiversidad propuestos por zona de muestreo. El detalle de las metodologías de muestreo y análisis de laboratorio para cada parámetro incluido en este listado, así como las consideraciones especiales requeridas para el correcto monitoreo se entrega en el **Numeral 5.6.3**.

Tabla 54. Parámetros y monitoreos propuestos por zona y matriz en el Golfo de Arauco.

ZONAS	COLUMNA DE AGUA	SEDIMENTOS SUPERFICIALES	ORGANISMOS CENTINELA	BIODIVERSIDAD
PARAMETROS TRANSVERSALES PARA TODAS LAS ZONAS	Clorofila a y total Turbiedad Temperatura Salinidad Oxígeno disuelto pH Hidrocarburos totales(*) TOC AOX Coliformes Fecales Ácidos grasos Nitrógeno total Fosforo total Índice fenol Cd Pb Hg SST	Granulometría MOT Potencial Redox Cd Pb Hg AOX Hidrocarburos totales(*)	Cd Pb Hg AOX Hidrocarburos totales(*) Lípidos	
ZONA 1 (Incluye Humedales) Extracción de áridos, papelería, fábrica de alimentos, PTAS y procesadora de pesca	Al DBO5 DQO Nitrógeno Total Kjeldahl Detergentes (SAAM)	Al		Macrofauna submareal Macrofauna intermareal arena Megafauna intermareal roca (Chome) Avifauna Mamíferos marinos (Chome)
ZONA 2 (Incluye humedales) Procesadora de pesca, Termoeléctrica y PTAS	DBO5 As Va Al Amonio Cloro libre residual Detergentes (SAAM)	EOX As Va Al	EOX As Va	Macrofauna submareal Macrofauna intermareal arena Megafauna intermareal roca Avifauna
ZONA 3 (Incluye humedales) Celulosa y PTAS	Fitoesteroles Dioxinas Furanos Clorofenol	Fitoesteroles Dioxinas Furanos EOX	Fitoesteroles Dioxinas Furanos EOX	Macrofauna submareal Macrofauna intermareal arena Megafauna intermareal roca Avifauna
ZONA 4	Nitrito Fosfatos			Macrofauna submareal Macrofauna intermareal arena Megafauna intermareal roca Avifauna
ZONA 5	Nitrito Fosfatos			Macrofauna submareal Macrofauna intermareal arena Megafauna intermareal roca Mamíferos marinos (Lobería)
ZONA 6	Nitrito Fosfatos			Macrofauna submareal

(*) Hidrocarburos totales: se recomienda realizar un perfil de HCT para identificar diferenciar HCT naturales de antrópicos

5.6.2 Frecuencia de muestreo

El Golfo de Arauco presenta una marcada variabilidad estacional, entre los periodos de invierno y verano, además de condiciones particulares durante las estaciones de primavera y otoño que reflejan una alta variabilidad local, asociada principalmente con el aporte de agua dulce desde el río Biobío, reflejado por el peak secundario producido por deshielos en la zona alta del cauce del río durante primavera, y por la intensificación de los vientos en primavera con dirección norte. Estos antecedentes sugieren que la frecuencia de muestreo a considerar debe ser por lo menos estacional, e idealmente trimestral. Considerando la variabilidad en el patrón de circulación al interior del Golfo de Arauco y, con base en Contreras (2017), se propone inicialmente que los monitoreos sean efectuados durante los meses de **enero, abril, julio y octubre**.

5.6.3 Consideraciones especiales para el muestreo

El muestreo de las matrices marinas debe considerar todos aquellos factores e imprevistos que pueden interferir en una adecuada y representativa toma de la muestra (*i.e.* época del año, zona geográfica, condiciones climáticas, mareas, ocurrencia de surgencia o mínima de oxígeno, etc.). La calidad de los datos recabados dependerá en gran medida de la integridad de las muestras al llegar laboratorio y su posterior análisis. Por lo tanto, es inherente al muestreo considerar la: i) seguridad del personal, ii) bitácora de actividades, iii) registro de muestras, iv) registro de materiales, v) instrumental para medición *in situ* (multiparámetros), vi) preservantes y, vii) transporte y almacenamiento bajo condiciones apropiadas y ajustada a los tiempos de espera del análisis.

Para asegurar la calidad de la información, durante el muestreo se deben realizar blancos del ambiente, equipos y transporte. La representatividad de las muestras obtenidas debe ser contrastada con al menos el 10% de las muestras con duplicados de campo y chequeos de algunas muestras en triplicado (Quevauviller *et al.*, 1995; US EPA, 2012).

5.6.3.1 Columna de Agua

a) Descripción de Parámetros y Muestreo

En general, en la columna de agua los analitos se encuentran en concentraciones a nivel de traza o ultra traza, lo que está estrechamente relacionado con su persistencia y baja solubilidad. Debido a lo transiente de la columna de agua, un muestreo es sólo una fotografía instantánea, por lo que es necesario validar los resultados del monitoreo a través de una mayor resolución espacial y frecuencia.

b) Parámetros *in situ*

Los análisis propuestos para columna de agua consideran las mediciones "*in situ*" a través de una sonda oceanográfica de registro continuo del tipo CTD-O, para los parámetros **Clorofila a y total, Turbiedad, Temperatura, Salinidad, Oxígeno Disuelto y pH**, parámetros hidrográficos fundamentales para describir las características locales y estructura vertical de la columna de agua al momento de realizar el monitoreo y que posteriormente serán empleados como variables explicativas de la estructura de la columna de agua y de las concentraciones de los parámetros analizados en laboratorio.

Las mediciones *in situ* de CTD-O y/o sensores de registro continuo deben ser realizadas en todas las estaciones, desde la superficie hasta 1 metro sobre la profundidad máxima de cada sitio de muestreo, evitando que la resuspensión de los sedimentos afecte las lecturas. El registro del CTD-O y sensores de registro continuo debe contar con una resolución mínima cada 0,1 m de profundidad.

Es importante destacar que la estructura de la columna de agua en el Golfo de Arauco es variable y está determinada, por un lado, por el ingreso de agua dulce al sistema por medio de las descargas a través del río Biobío y, por otro, por los patrones de viento contrastantes durante invierno y verano, que generan importantes surgencias y eutrofican la columna de agua del golfo.

c) Parámetros de laboratorio

Los parámetros de laboratorio sugeridos para medición en columna de agua, han sido categorizados en las siguientes agrupaciones:

- Parámetros de descarga (*Sólidos Suspendidos Totales*) Los sólidos suspendidos totales corresponden a un parámetro físicoquímico ampliamente utilizado para el control operacional de RILes industriales y representa un parámetro de importancia para la evaluación de plumas de descarga en los cuerpos receptores. Este tipo de parámetro entrega características de carácter general que permiten establecer de forma amplia e inespecífica la zona de influencia o impacto de una descarga industrial o doméstica sobre el medio receptor. Adicionalmente, en la propuesta se han incluido los parámetros *Detergentes, Cloro Libre Residual e Índice Fenol* específicamente para las Zonas 1 y 2, que es donde existe mayor proporción de descargas domiciliarias directas a la zona costera.
- Compuestos orgánicos (*Hidrocarburos Totales C6-C40, Carbono Orgánico Total, Ácidos grasos y AOX*) son sustancias complejas de origen natural y asociados a residuos antropogénicos que presentan una alta toxicidad y persistencia debido a su baja biodegradabilidad. Estos parámetros pueden estar relacionados a múltiples fuentes fijas y difusas dentro del Golfo de Arauco, y por lo tanto su inclusión se basa en su utilidad como trazadores de la actividad de emisiones, permitiendo establecer zonas de mayor concentración de y zonas de concentraciones naturales, las que pueden eventualmente ser utilizados como zonas de referencia en un futura norma. Adicionalmente, en el caso específico de la Zona 3, se han incluido Fitoesteroles, Dioxinas, Furanos, Ácidos Resínicos y

Clorofenoles, dada su directa relación con los efluentes de Celulosa, principal descarga directa observada en esta zona. Se destaca que las descargas de las PTAS de Laraquete y Arauco son efectuadas no directamente a las zonas costeras, sino cercanas a la desembocadura de los ríos Laraquete y Carampangue, respectivamente.

- Nutrientes (*Nitrógeno Total y Fósforo Total*) son compuestos de fácil adsorción y degradación sobretodo en sus formas ionizadas, que favorecen el desarrollo de las comunidades biológicas y por lo tanto son un importante factor en la regulación de los ciclos biológicos. Por lo tanto, se considera relevante conocer sus concentraciones y distribuciones en el medio, ya que muchos de los procesos industriales emiten formas nitrogenadas y fosfatadas. Adicionalmente, se ha propuesto analizar *Nitrógeno Kjeldahl* que corresponde al análisis integral de nitrógeno orgánico y amoniacal como una aproximación a las descargas de industrias procesadora de alimentos y harina de pescado en las zonas de Parque Escuadrón (Zona 1) y Coronel – Lota (Zona 2). Finalmente, en las Zonas 4, 5 y 6 se propone incluir el análisis de *Nitrito*, *Nitrato* y *Fosfato* como un indicador de aguas de surgencia que podrían generar un aporte directo a la productividad local del Golfo de Arauco.
- Metales (*Cd, Pb y Hg*) estos metales están presentes en los sistemas naturales marinos a nivel traza y ultra traza y provienen de múltiples fuentes, presentando distintos niveles de toxicidad, persistencia y bioacumulación en biota. La toxicidad de los metales se presenta comúnmente en sus formas químicas combinadas y sólo algunos como el *Cadmio*, *Mercurio* y *Plomo* son tóxicos en su forma elemental y en muy bajas concentraciones, por lo cual han sido propuestos como parámetros transversales en todas las zonas y matrices ambientales a monitorear en su fracción disuelta. El *Aluminio Total* se ha propuesto como un parámetro que da cuenta de los aportes provenientes de la descarga del río Biobío, para ser monitoreado en las Zonas 1 (Parque Escuadrón) y 2 (Coronel-Lota), mientras que el *Arsénico* y *Vanadio Disuelto* son característicos de las emisiones atmosféricas asociadas a la quema de combustibles fósiles, como las termoeléctricas a carbón y han sido propuestos sólo para la Zona Coronel-Lota.
- Parámetros Biológicos (*Coliformes fecales*) los coliformes fecales permiten cuantificar la abundancia y distribución de microorganismos como indicadores de calidad biológica, por lo cual, ha sido propuesto como un parámetro transversal en todas las zonas, dado que es un alto interés de salud ambiental. Adicionalmente, la *DBO₅* ha sido incorporada en atención a

los aportes de materia orgánica lábil descargada por las industrias procesadoras de alimentos y harina de pescado en las Zonas 1 (Parque Escuadrón) y 2 (Coronel-Lota).

Para la medición de parámetros de laboratorio, se deben obtener muestras discretas en al menos 2 profundidades de la columna de agua. Esto aplica también para los parámetros pH, turbidez, clorofila total, potencial redox y transparencia, en caso de que no puedan ser medidos a través de sensores continuos. Los dos estratos corresponden a uno superficial (1 m) y otro de fondo (1 m sobre la profundidad máxima de cada sitio de muestreo evitando que la resuspensión de los sedimentos afecte las lecturas)

d) Réplicas por punto de muestreo

Para el caso de los registros de parámetros *in situ*, no se requiere réplica, toda vez que se respete el muestreo cada 1 m y que los equipos utilizados estén previamente calibrados por el fabricante con un certificado de vigencia no mayor a 2 años. Adicionalmente, en cada campaña se debe realizar una verificación con estándares certificados de acuerdo con las especificaciones del fabricante (i.e, para el oxígeno disuelto verificar winkler y para salinidad en salinómetro). Idealmente se requiere que, se verifiquen en al menos el 10% de las muestras.

Para aquellos parámetros de laboratorio, se requiere 3 réplicas, con la finalidad de dar sustento estadístico a los resultados.

e) Equipamiento (pretratamiento, botellas de muestreo, huinche, envases y otros)

Una etapa importante previa al muestreo es el lavado de los materiales de muestreo y particularmente los envases o botellas. Éste debe ser realizado con agua desionizada (Tipo I) y detergentes libres de fosfatos, para luego realizar enjuagues con HCl a alta pureza, Acetona y Hexano, y posteriormente, dejar secar a temperatura ambiente en un lugar libre de contaminación. Para asegurar la trazabilidad, todos los implementos deben ser guardados en cajas con las fechas que indiquen el procedimiento de limpieza y responsable.

Las botellas Go-Flo son ideales para el muestreo en aguas costeras, ya que permanecen cerradas hasta la profundidad deseada, evitando la contaminación con la capa superficial del océano en contacto con la química de la atmósfera y de algún contaminante de la misma embarcación. Estas botellas se fijan a un cable de acero recubierto de teflón o cables kevlar para

evitar cualquier tipo de alteración de la muestra. Las botellas se accionan mediante mensajeros recubiertos de teflón o electropintado.

Para el almacenamiento de los distintos parámetros se deben utilizar envases/botellas *ad hoc* para cada parámetro (i.e metales disueltos: polipropileno, NTK: Polietileno, ácidos grasos, ác. Resínicos, dioxinas y furanos: vidrio ámbar)

f) Preservación, almacenamiento, transporte, cadenas de custodia y holding time

Las muestras deben ser almacenadas y transportadas en cajas con “Ice pack” y oscuridad para mantenerlas a 4°C y evitar la degradación o alteración de las muestras hasta su análisis (Grasshoff et al., 1983; Sovga & Zhorov, 1999; Sliwka-Kaszynska et al., 2003).

Cada muestra debe contener su código para realizar la trazabilidad en su cadena de custodia. El traslado de las muestras debe ser lo más pronto para su análisis, los que dependerán del tipo de parámetro en particular (i.e DBO₅ y Coliformes deben llegar al laboratorio para análisis antes de 24 hrs)

g) Metodología de laboratorio

Con la finalidad de comparar espacial y temporalmente los análisis realizados en la matriz marina, se deben priorizar las metodologías validadas para la matriz, con los límites de detección (LD) y límites de cuantificación (LC) que permitan alcanzar las concentraciones naturales en el medio marino.

La **Tabla 55** presenta los métodos analíticos recomendados para cuantificar los parámetros, indicando sus límites de detección y límites de cuantificación.

Tabla 55. Metodologías recomendadas para análisis de parámetros seleccionados para la columna de agua marina.

ZONA	PARÁMETRO	Unidad	LD	LC	MÉTODO	REFERENCIA
PARAMETROS TRANSVERSALES	Clorofila a y total	mg/m3	0,1	0,1	Fluorometría	EPA Method 445.0 (1997), Filtración, Extracción, Centrifugación y Lectura.
	Turbiedad	NTU	-	0,1	Turbidimetría - Sensor	EPA Method 180.1 (1993), Determination of Turbidity by Nephelometry.
	Temperatura	°C	-	0,1	Termometría - CTD/O	Basado en Standard Methods 2550 B, Validado en Agua de Mar (34psu).
	Salinidad	psu	-	0,001	Conductancia Eléctrica - CTD/O	Resolución Exenta N° 3612 de 2009, numeral 30, de la Subsecretaría de Pesca.
	Oxígeno disuelto	mg L ⁻¹	-	0,1	Extinción de Fluorescencia - CTD/O	Basado en Standard Methods 4500 O, Validado en Agua de Mar (34psu).
	pH	unidades pH	-	0,01	Potenciometría - Sensor	Basado en Standard Methods 4500 H B, Validado en Agua de Mar (34psu).
	Hidrocarburos (C6-C40)	µg/L	0,004	0,01	GC-MS	Basado en EPA Method 8270 D (2015), Semivolatiles Organic Compounds.
	TOC	mg/L	0,01	0,5	Combustión Catalítica	Basado en Standard Methods 5310 B, Validado en Agua de Mar (34psu).
	AOX	µg/L	1,1	4	Microcolumbimetría	Basado en ISO 9562:2004 (E), Validado en Agua de Mar (34psu).
	Coliformes Fecales	NMP/100ml	1	1,8	Tubos Múltiples	Basado en EPA Method 9221 E-1, Validado en Agua de Mar (34psu).
	Ácidos Grasos	µg/L	0,008	0,024	GC-MS	Basado en Method AOAC Official 969.33, Fatty Acids in Oils and Fats. Revised 1977
	Nitrógeno Total	mg/L	0,14	0,5	Espectroscopía UV/Vis y Potenciometría	Parsons, T., R., Maita, Y., & Lalli, C., M. (1984). A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis.
	Fósforo Total	µM	0,004	0,016	Espectroscopía UV/VIS	Basado en Solórzano, L., & Sharp, J. (1980). Limnol. Oceanogr., 25(4), 754-758.
	Cd Disuelto	µg/L	0,004	0,015	ICP-MS	K. Grasshoff, K. Kremling, M. Ehrhardt. 1999. Methods of Seawater Analysis. WILEY Verlag- VCH, third edition.
	Pb Disuelto	µg/L	0,004	0,015	ICP-MS	K. Grasshoff, K. Kremling, M. Ehrhardt. 1999. Methods of Seawater Analysis. WILEY Verlag- VCH, third edition.
	Hg Total	µg/L	0,1	0,5	Oxidación/Amalgamación /EAA vapor frío	Basado en EPA Method 7473 (1998), Mercury By Thermal Descomposition.
	Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	0,3	1	Gravimetría	Basado en Standard Methods 2540 D, Validado en Agua de Mar (34psu).
Z1-PARQUE ESCUADRON	Al Total	µg/L	0,2	0,7	ICP-MS	K. Grasshoff, K. Kremling, M. Ehrhardt. 1999. Methods of Seawater Analysis. WILEY Verlag- VCH, third edition.
	DBO5	mg/L	-	1	Incubación/Presión de Oxígeno	Basado en Standard Methods 5210 B, Validado en Agua de Mar (34psu).
	Índice Fenol	mg/L	0,0003	0,001	Espectroscopía UV/VIS	Basado en Standard Methods 5530 C, Validado en Agua de Mar (34psu).
	Nitrógeno Kjeldahl	mg/L	0,14	0,5	Potenciometría	Basado en Standard Methods 4500-Norg B, Validado en Agua de Mar (34psu).
	Detergentes (SAAM)	mg/L	-	0,004	Espectroscopía UV/VIS	Basado en Standard Methods 5540 C, Validado en Agua de Mar (34psu).
Z2-CORONEL LOTA	DBO5	mg/L	-	1	Incubación	Basado en Standard Methods 5210 B, Validado en Agua de Mar (34psu).
	As Disuelto	µg/L	0,07	0,3	ICP-MS	Basado en Standard Methods 3114, Validado en Agua de Mar (34psu).
	V Disuelto	µg/L	0,01	0,03	ICP-MS	K. Grasshoff, K. Kremling, M. Ehrhardt. 1999. Methods of Seawater Analysis. WILEY Verlag- VCH, third edition.
	Al Total	µg/L	0,2	0,7	ICP-MS	K. Grasshoff, K. Kremling, M. Ehrhardt. 1999. Methods of Seawater Analysis. WILEY Verlag- VCH, third edition.
	Índice Fenol	mg/L	-	0,0003	Espectroscopía UV/VIS	Basado en Standard Methods 5530 C, Validado en Agua de Mar (34psu).
	Nitrógeno Kjeldahl	mg/L	0,14	0,5	Potenciometría	Basado en Standard Methods 4500-Norg B, Validado en Agua de Mar (34psu).
	Cloro libre residual	mg/L	0,02	0,02	Colorímetro	Basado en Standard Methods 4500-Cl-G, Validado en Agua de Mar (34psu).
	Detergentes (SAAM)	mg/L	0,004	0,017	Espectroscopía UV/VIS	Basado en Standard Methods 5540 C, Validado en Agua de Mar (34psu).
Z3-LARAQUETE CARAMPENGUE	Fitoesteroides	mg/L	2,5	2,5	CG -FID	Method AOAC Official Method vol.89. GC Con FID basado en Wendy R Sorenson and Darryl Sullivan, 2006.
	Dioxinas	ng/L	0,00004	0,0001	GC /HR-MS	EPA Method 1613 (1994).
	Furanos	ng/L	0,00004	0,0001	GC /HR-MS	EPA Method 1613 (1994).
	Ácidos resínicos	ug/L	0,02	0,09	CG-MS	Basado en EPA Method 8270 D (2015), Semivolatiles Organic Compounds.
	Clorofenoles	µg/L	0,002	0,006	GC MS/MS	Basado en EPA Method 8270 D (2015), Semivolatiles Organic Compounds.
Z4-TUBUL LAVAPIE	Nitrito	mg/L	0	0,01	Espectroscopía UV/VIS	Parsons, T., R., Maita, Y., & Lalli, C., M. (1984). A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis.
Z5-ISLA SANTA MARIA	Nitrato	mg/L	0,03	0,1	Espectroscopía UV/VIS	Jones, M.N. (1984). Nitrate reduction by shaking with cadmium Water Res.18,643-646.
Z6-CENTRO GOLFO DE ARAUCO	Fosfatos	mg/L	0	0,01	Espectroscopía UV/VIS	Parsons, T., R., Maita, Y., & Lalli, C., M. (1984). A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis.

5.6.3.2 Sedimentos Superficiales

a) Parámetros y Muestreo

En el caso de los sedimentos, la incorporación de parámetros ha considerado como base la selección realizada para el caso de la columna de agua, considerando un criterio de transversalidad en la medición de las 3 matrices ambientales monitoreadas (columna de agua, sedimentos y organismos).

Adicionalmente, se incluye transversalmente para sedimentos parámetros fisicoquímicos ampliamente utilizados en la caracterización de los sedimentos superficiales, que dan cuenta de la presencia de ambientes de depositación (*Granulometría, Materia Orgánica Total, Potencial Rédox*), y que entregan información sobre el contenido total (orgánico e inorgánico) depositado en los sedimentos.

En sedimentos se ha propuesto analizar transversalmente los mismos compuestos orgánicos y metales establecidos para columna de agua, y sólo se han incorporado dentro de la categoría de compuestos orgánicos el *Carbono Orgánico Total (TOC)* y los *Compuestos Orgánicos Extraíbles (EOX)*. El TOC es una medida que permite establecer el contenido de carbono orgánico, parámetro que cobra valor sobre todo en la zona de Coronel-Lota (Zona 2) donde existen tanto aportes industriales como naturales (de carbón mineral) y que si no son considerados podrían entregar una aproximación limitada sobre el tipo de compuestos orgánicos presentes. El EOX es un parámetro que entrega información de los compuestos halogenados extraíbles desde la fracción orgánica, y está estrechamente relacionado con las emisiones orgánicas desde las plantas de tratamientos de aguas servidas, industrias de alimentos y celulosa, por lo que ha sido propuestos en las zonas donde existe este tipo de industrias (Zonas 2 y 3).

El Aluminio extraíble se incorpora en sedimentos de las Zonas 1 y 2 para detectar la presencia de depositación de aguas del río Biobío y, bajo la misma óptica, se incorporan los metales As y V extraíbles (Zona 2, depositación de emisiones aéreas de termoeléctricas) y los compuestos orgánicos Fitoesteroles, Dioxinas, Furanos y Ácidos resínicos (Zona 3, depositación de efluentes de celulosa).

Los sedimentos registran las condiciones ambientales a una escala de tiempo mayor que la columna de agua, por lo tanto, ya sea a nivel superficial o través del análisis de núcleos de sedimentos, es común registrar mayores concentraciones de ciertos parámetros, pudiendo

requerir una menor frecuencia de muestreo, pero con una evaluación espacial más acabada que considere aspectos tales como la heterogeneidad del sedimento, fuentes y zonas de acumulación.

b) Réplicas por punto de muestreo

Las muestras de sedimentos superficiales (3 a 5 cm) deben ser recolectadas por triplicado.

c) Equipamiento (pretratamiento, draga, core de submuestreo, bolsas y otros)

El material antes de ser utilizado debe ser lavado con agua desionizada (Tipo I) y detergentes libres de fosfatos y enjuagues con HCl, Acetona y Hexano. Las bolsas de aluminio deben ser calcinadas a 400°C, rotuladas y guardadas y las bolsas plásticas esterilizadas.

El equipamiento para muestrear los sedimentos es muy variado, dentro de los más utilizados están los testigos de gravedad, dragas (Van Venn, Ekman y Ponar) y muestreadores tipo HAB.

En el caso de la utilización de draga, ésta debe estar revestida de pintura epóxica o electro pintado (para el caso de muestras de metales) y tener mínimo 0,1 m² de mordida, lo que permitirá coleccionar el volumen de sedimento necesario para realizar los análisis propuestos. Una vez obtenida la muestra con draga, ésta debe ser sub-muestreada mediante un corer de PVC (en el caso de metales y iones) o de acero galvanizado para los parámetros orgánicos. Las dimensiones del corer de submuestreo debe presentar a lo menos un diámetro de 5 cm y una altura de 10 cm, provisto de tapas de goma para evitar que la muestra sea perturbada.

Los materiales de muestreo (*i.e.*, dragas, corer, paletas de submuestreo u otros) deben ser lavados con agua antes y después del muestreo de cada sitio.

Para el almacenamiento de los distintos parámetros se deben utilizar envases/botellas *ad hoc* para cada parámetro (*i.e.* hidrocarburos: bolsas de aluminio, AOX: bolsas plásticas).

d) Preservación, almacenamiento, transporte, cadenas de custodia y holding time

Las muestras deben ser almacenadas y transportadas en cajas con "Ice pack" y oscuridad para mantenerlas a 4°C y evitar la degradación o alteración de las muestras hasta su análisis (Grasshoff et al., 1983; Sovga & Zhorov, 1999; Sliwka-Kaszynska et al., 2003).

Cada muestra debe contener su código para realizar la trazabilidad en su cadena de custodia. El traslado de las muestras debe ser lo más pronto para su análisis, el cual dependerá de cada parámetro en particular.

e) Metodología de laboratorio

Para cada una de las muestras de sedimentos obtenidas se recomienda realizar una medición *in situ* de los parámetros pH y potencial rédox, de manera de establecer las condiciones ambientales de la muestra. Para esto, se deben utilizar electrodos específicos o microelectrodos, los cuales deben estar previamente calibrados de fábrica y chequeados con estándares certificados de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

Los análisis deben realizarse en la matriz total (todo el sedimento), es decir, no realizar separaciones para analizar fracciones granulométricas específicas. Con la finalidad de comparar espacial y temporalmente los análisis realizados en la matriz sedimentaria marina, se deben priorizar el uso de metodologías validadas para la matriz, con los límites de detección (LD) y límites de cuantificación (LC), que permitan alcanzar las concentraciones naturales en el medio marino. En la **Tabla 56** se presentan los métodos analíticos recomendados para cuantificar los parámetros al nivel que se presentan naturalmente en el ambiente marino, indicando sus límites de detección y sus límites de cuantificación.

Tabla 56. Metodologías recomendadas para análisis de parámetros seleccionados para sedimentos marinos.

ZONA	PARÁMETRO	Unidad	LD	LC	MÉTODO	REFERENCIA
PARAMETROS TRANSVERSALES	Granulometría	%	-	1	Gravimetría	Resolución Exenta N° 3612 de 2009, numeral 26, de la Subsecretaría de Pesca.
	MOT (lábil)	%	-	0,01	Gravimetría	Resolución Exenta N° 3612 de 2009, numeral 27, de la Subsecretaría de Pesca.
	Potencial Redox	mV	-	0,1	Potenciometría	Resolución Exenta N° 3612 de 2009, numeral 29, de la Subsecretaría de Pesca.
	Cd Extraíble	µg/g	0,004	0,015	ICP-MS	Basado en EPA Method 3051 A (2007).
	Pb Extraíble	µg/g	0,004	0,015	ICP-MS	Basado en EPA Method 3051 A (2007).
	Hg Total	µg/g	0,00005	0,0002	DMA-80	Basado en EPA Method 3051 A (2007).
	AOX	µg/g	2	7	Microcolumbimetría	Basado en Becker, R., Buge, H.-G., & Nehls, I. (2007). The determination of AOX in soil.
Z1-PARQUE ESCUADRON	Hydrocarburos (C6-C40)	µg/g	0,004	0,012	GC-MS	Basado en EPA Method 8270 D (2015), Semivolatile Organic Compunds.
Z1-PARQUE ESCUADRON	Al Extraíble	µg/g	4	40	ICP-OES	Basado en EPA Method 3051 A (2007).
Z2-CORONEL LOTA	EOX	µg/g	0,3	1	Microcolumbimetría	EPA Method 9023 (1996).
	As Extraíble	µg/g	0,3	1,5	Generación Hidruros	Basado en EPA Method 3051 A (2007).
	V Extraíble	µg/g	0,01	0,03	ICP-MS	Basado en EPA Method 3051 A (2007).
	Al Extraíble	µg/g	4	40	ICP-OES	Basado en EPA Method 3051 A (2007).
	TOC	% C	0,01	0,01	Combustión Catalítica	Vector. CHN/O Analyzer. User Manual.TeKmar-Dohrmann.
Z3-LARAQUETE CARAMPENGUE	Fitoesteroles	mg/L	2,5	7,5	CG -FID	AOAC Official Method vol.89. GC Con FID basado en Wendy R Sorenson and Darryl Sullivan.
	Dioxinas	ng/g	0,0001	0,0001	CG/HR-MS	EPA Method 1613 (1994).
	Furanos	ng/g	0,0001	0,0001	CG/HR-MS	EPA Method 1613 (1994).
	Ácidos resínicos	ug/g	0,002	0,01	GC-MS	Basado en EPA Method 8270 D (2015), Semivolatile Organic Compunds.
	EOX	µg/g	0,3	1	Microcolumbimetría	EPA Method 9023 (1996).
Z4-TUBUL LAVAPIE						
Z5-ISLA SANTA MARIA						
Z6-CENTRO GOLFO DE ARAUCO						

5.6.3.3 Organismos Centinela

a) Parámetros y Muestreo

Del mismo modo que en sedimentos superficiales, la incorporación de parámetros ha considerado como base la selección realizada en la matriz de columna de agua, considerando un criterio de transversalidad en la medición de ñas 3 matrices ambientales monitoreadas.

En este sentido, se ha propuesto, analizar transversalmente los mismos compuestos orgánicos y metales establecidos para columna de agua, y sólo se han incorporado dentro de la categoría de compuestos orgánicos el *Carbono Orgánico Total (TOC)* y los *Compuestos Orgánicos Extraíbles (EOX)*. Adicionalmente, se incorporan los metales As y V extraíbles (Zona 2) y los compuestos orgánicos Fitoesteroles, Dioxinas, Furanos y Ácidos resínicos (Zona 3).

El muestreo de organismos para un monitoreo ambiental debe considerar la selección de una o varias especies centinela, *i.e.*, organismos representativos del área de estudio, sésiles o poco móviles, que cumplan parte de su ciclo de vida en el área y con rol ecológico conocido, antecedentes necesarios para establecer tiempos de exposición, condición fisiológica y tóxico-cinética de los compuestos a evaluar. Esta información condiciona la interpretación de los resultados obtenidos, debido a que los organismos podrían evidenciar una condición natural o bien un proceso de bioconcentración o biomagnificación producto de la exposición a contaminantes.

b) Tejidos y órganos que se requiere analizar

Se debe establecer *a priori* si se requiere analizar un órgano específico (hígado, estomago, branquias, gónadas o músculos) o el organismo completo, lo que genera importantes diferencias, tanto en términos de las concentraciones como de la interpretación de los resultados.

La selección de organismos debe considerar especies locales sésiles o de movilidad reducida que permitan utilizarlos como especies centinelas, privilegiando bivalvos filtradores, gastrópodos y crustáceos de ciclo de vida conocido, que puedan identificarse con facilidad los estados de desarrollo y tallas de extracción en caso de ser recursos con vedas extractivas. En nuestro caso, las especies seleccionadas en el submareal de fondos blandos (*Mulinia edulis*, *Tagelus dombeii*, *Cancer sp.*), submareal de fondos duros (*Aulacomya atra*, *Pyura chilensis*) y en el intermareal (*Emerita analoga*, *Perumytilus purpuratus*) cumplen a cabalidad con las condiciones requeridas para especie centinela.

c) Réplicas por punto de muestreo

Las muestras de organismos deben considerar la obtención de un número de individuos que sea representativo de la población y que permitan obtener la masa requerida para el análisis de los parámetros seleccionados en el punto anterior.

Para los análisis propuestos se requieren alrededor de 200 g de muestra húmeda (~ 20 a 30 g seco).

d) Técnicas de muestreo de organismos

El muestreo de organismos dependiendo de las características del área en estudio y de los objetivos que se persiguen, puede ser realizado mediante buceo, rastras, dragas o de forma

manual. Este último principalmente en el ambiente Intermareal, tratando siempre de realizar un muestreo aleatorio de organismos que reflejen la condición común de la población.

Debido a que en el muestreo biológico es necesario obtener siempre información sobre el sexo, estadio de desarrollo, alometría y estado de condición, es que se requiere que, en el caso de las muestras submareales, éstas deben ser colectadas por buzos especialistas, lo que asegura un muestreo efectivo de los organismos en la zona o sitio establecido en el seguimiento biológico. Para el caso de organismos intermareales, el muestreo se debe realizar por profesionales calificados.

e) Preservación, almacenamiento, transporte, cadena de custodia y holding time.

Una vez capturados los organismos son almacenados en bolsas de plástico y luego transportadas en cajas con ice pack y mantenidas a 4°C y oscuridad, para evitar que se alteren las muestras biológicas en el transcurso hacia el laboratorio. Si se requiere, las muestras deben ser diseccionadas, seleccionando el o los órganos para posterior análisis en laboratorio.

f) Metodología de laboratorio

El pretratamiento de las muestras en laboratorio considera el lavado y posterior sonicado de las muestras (2 veces), antes de la disección con material de teflón y/o acero inoxidable. Una vez obtenido el tejido requerido éste debe ser liofilizado a una temperatura de -50°C, para luego homogenizar la muestra con un mortero de bolas de ágata. El tiempo de espera estimado para la extracción de las muestras es de 14 días y no más de 40 días para su análisis. Algunos de los parámetros de contexto que mejoran el entendimiento de las concentraciones obtenidas en los organismos son el porcentaje de humedad y lípidos totales.

Con la finalidad de comparar espacial y temporalmente los análisis realizados en la matriz marina, se deben priorizar las metodologías validadas para la matriz, con los límites de detección (LD) y límites de cuantificación (LC), con la finalidad de alcanzar las concentraciones naturales en el medio marino.

En la **Tabla 57** se presentan los métodos analíticos recomendados para cuantificar los parámetros al nivel que se presentan naturalmente en el ambiente marino, indicando sus límites de detección y sus límites de cuantificación.

Tabla 57. Metodologías recomendadas para análisis de parámetros seleccionados para organismos centinela marinos.

ZONA	PARÁMETRO	Unidad	LD	LC	MÉTODO	REFERENCIA
PARAMETROS TRANSVERSALES	Cd	µg/g	0,004	0,015	ICP-MS	Basado en EPA Method 3051 A (2007).
	Pb	µg/g	0,004	0,015	ICP-MS	Basado en EPA Method 3051 A (2007).
	Hg	µg/g	0,00005	0,0002	DMA-80	Basado en EPA Method 3051 A (2007).
	AOX	µg/g	2	7	Microcolumbimetría	Basado en Becker, R., Buge, H.-G., & Nehls, I. (2007). The determination of AOX in soil.
	Hidrocarburos (C6-C40)	µg/g	0,015	0,03	GC FID	EPA 8015 D (2019).
	Lípidos	µg/g	-	50	Gravimetría (Soxhlet)	AOAC 15 Edth, (1990)
Z1-PARQUE ESCUADRON						
Z2-CORONEL LOTA	EOX	µg/g	0,14	0,5	Microcolumbimetría	EPA Method 9023.
	As	µg/g	0,3	1,5	Generación Hidruros	Basado en EPA Method 3051 A (2007).
	V	µg/g	0,01	0,03	ICP-MS	Basado en EPA Method 3051 A (2007).
Z3-LARAQUETE CARAMPENGUE	Fitoesteroles	mg/L	2,5	7,5	GC FID	AOAC Official Method vol.89. GC Con FID basado en Wendy R Sorenson and Darryl Sullivan.
	Dioxinas	ng/g	0,0001	0,0001	CG/HR-MS	EPA Method 1613 (1994).
	Furanos	ng/g	0,0001	0,0001	CG/HR-MS	EPA Method 1613 (1994).
	Ácidos resínicos	ug/g	0,002	0,01	GC-MS	Basado en EPA Method 8270 D (2015), Semivolatile Organic Compunds.
	EOX	µg/g	0,3	1	Microcolumbimetría	EPA Method 9023 (1996).
Z4-TUBUL LAVAPIE						
Z5-ISLA SANTA MARIA						
Z6-CENTRO GOLFO DE ARAUCO						

5.6.4 Tratamiento de datos Químicos

Los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio para las 3 matrices marinas (*i.e.*, columna de agua, sedimentos y organismos) debe ser presentados en tablas de resumen, incluyendo estadígrafos de tendencia central y dispersión, así como gráficos que permitan visualizar el comportamiento de las variables. En columna de agua se debe considerar el análisis por estrato, mientras que en el caso de la hidrografía, se debe privilegiar gráficos del tipo T-S para la identificación de las masas de agua presentes en el área de estudio. En sedimentos, se requiere incluir el análisis de las fracciones granulométricas (limos, arcillas, arenas, gravas, etc.), mientras que los organismos deben ser informados en peso seco y peso húmedo reconstituido, con datos de longitud peso y estado de desarrollo.

La información debe ser comparada con normativas y/o referencias nacionales e internacionales, además de valores típicos de la zona de estudio, incluyendo las áreas de referencia (Zonas 4, 5 y 6), otras zonas de Chile o referencias internacionales. Estas últimas se deben obtener de publicaciones científicas.

Se recomienda realizar análisis estadísticos acorde al tipo de datos recolectados, considerando a lo menos las siguientes etapas:

- **Análisis exploratorio:** determinación de estadígrafos de tendencia central y dispersión. Determinación de observaciones atípicas (outliers) y del número de observación bajo el límite de detección por parámetro. Selección de data (data cleaning) para análisis posteriores. Análisis exploratorio incluyendo, gráficas espacio-temporales con datos crudos, matrices de correlación y Análisis de Componentes Principales (PCA) exploratorio.
- **Pruebas de hipótesis:** asociadas a los objetivos del monitoreo, respondiendo preguntas como “¿existen diferencias entre zonas de referencia y las zonas de monitoreo? ¿la variabilidad al interior de las zonas supera la diferenciación entre zonas?, ¿existen diferencias entre épocas de muestreo y entre años?”
- **Contrastes:** se recomienda realizar los contrastes independientemente por parámetro, utilizar técnicas estadísticas que no supongan la existencia de normalidad en los datos, o que permitan incorporar las diferentes distribuciones de residuales dentro de la modelación, utilizando máxima verosimilitud. Preliminarmente, se recomienda GLM o GAM.
- **Análisis Multivariado:** Posterior al análisis por parámetro, se podrán utilizar técnicas multivariadas confirmatorias, tales como PCA, Escalamiento No-métrico Multidimensional (NMDS) o Análisis Discriminante Múltiple.

5.6.5 *Permisos*

Para la colecta de muestras marinas de columna de agua, sedimentos y organismos, se debe utilizar una embarcación que cuente con los permisos de zarpe requeridos por la Autoridad Marítima. Adicionalmente, se debe contar con el permiso del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico (SHOA) para realizar actividades de investigación en la zona a muestrear, de acuerdo con D.S. 711/1975, y en el caso de los organismos se debe contar con el permiso de Pesca de Investigación, emitido por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA) de acuerdo con lo estipulado en el D.S. 430/1992 y D.S. 461/1995.

6 DISCUSIÓN

Las Normas Secundarias de Calidad Ambiental (NSCA) son un instrumento de Gestión Ambiental de tipo regulatorio cuyo objetivo es establecer niveles de calidad del agua y/o sedimentos que permitan el mantenimiento y la recuperación de los ecosistemas que se desarrollan en ambientes acuáticos, donde unos de sus principales desafíos se centra en que los criterios con los que se construye la norma, obligan a un alto nivel de tecnicismo, una metodología que permita trazabilidad y una adecuada comprensión del sustento teórico que se utilizó en el proceso (MMA, 2017).

Bajo este contexto, surge el presente proyecto, con la finalidad de avanzar hacia la elaboración de una norma secundaria de calidad para el Golfo de Arauco. En una primera etapa se busca recopilar la totalidad de la información existente y analizarla desde el punto de vista de su calidad, con la finalidad de determinar si esta información posee la calidad suficiente para contribuir al establecimiento de una NSCA, o bien, se hace necesario considerar nuevos levantamientos de información.

Los resultados aquí presentados, fueron elaborados sobre la base de recopilación de bases de datos provenientes fundamentalmente de los programas de vigilancia ambiental (PVA) de los proyectos localizados dentro del Golfo de Arauco, y los resultados del monitoreo que POAL semestralmente. Aunque se recolectaron otras fuentes de datos, la falta de información de metodologías y técnicas de laboratorio, no permitió determinar su calidad. De este modo, sólo para las bases de datos de los PVA y de POAL fue posible la ejecución de análisis críticos que permitieran evaluar la calidad de la información.

El análisis crítico de los datos obtenidos de los PVA analizados y del POAL, indica para agua de mar, la utilización de Standard Methods (SM) como técnica predominante. Estas técnicas son procedimientos analíticos desarrollados principalmente para aguas dulces y aguas residuales, los cuales no deben ser extrapolados directamente a la matriz marina sin una previa validación de ellos, considerando un exhaustivo procedimiento que elimine los interferentes que el agua de mar presenta.

Una situación similar se observó en los PVA para sedimentos (e.g. sulfuros), donde en ciertos casos se emplean metodologías desarrolladas para aguas. En el caso del POAL las metodologías para metales estuvieron basadas en métodos EPA con límites de detección que se encuentran

en el rango de las concentraciones esperables para sedimentos marinos superficiales, en tanto que, las metodologías utilizadas para compuestos orgánicos y nutrientes de POAL, no son adecuadas y los límites de detección no permiten cuantificar adecuadamente las concentraciones de los elementos objetivo cuando están presentes en el rango bajo, lo que se traduce en un alto número de determinaciones bajo el límite de detección.

En el caso de las comunidades de la macrofauna y del plancton se observa una alta heterogeneidad en las técnicas, instrumentos y estrategias de muestreos para cada PVA, con diferencias en el área de mascada de las dragas, el tamaño de los tamices, diferente número de transectos, número de réplicas, diámetro de corer, separación entre muestras, entre otras. Para las comunidades del plancton, se observa también alta heterogeneidad en las metodologías y diseños muestrales, con diferencias en tipos de redes, aperturas de tramas y métodos de preservación de las muestras.

En síntesis, el análisis efectuado da cuenta de la existencia de factores que limitan la comprensión del funcionamiento del Golfo de Arauco sobre la base de la información recopilada. Los diseños de muestreo de los Monitoreos analizados son, en general, muy costeros y con escasa cobertura espacial (normalmente sólo en torno a la descarga), las frecuencias de monitoreo en su mayoría semestrales, existiendo una alta variabilidad en cuanto a las técnicas de muestreo y de análisis de laboratorio. Esta condición, impide que a partir del análisis de esta fuente de información se logre cubrir apropiadamente los diferentes procesos que se observan en un sistema dinámico, como el Golfo de Arauco, que presenta una clara influencia estacional (Sobarzo et al. 2010a, Figueroa & Moffat, 2000, Sobarzo et al 2015). Por otro lado, dentro de Bahía Coronel se observa una importante concentración de puntos de monitoreo que se superponen entre diferentes PVA, con pocas estaciones que puedan considerarse como zonas efectivas de referencia o control.

Es importante destacar que, los monitoreos ambientales se ubican principalmente entre la desembocadura del río Biobío y la localidad de Arauco, que es la zona donde se ubica la mayor proporción de la actividad industrial en el golfo. De este modo, para la zona ubicada entre Arauco y Punta Lavapié incluyendo la isla Santa María, existen importantes brechas de información, que impiden dar cuenta de la calidad ambiental en esa zona.

El análisis de los usos territoriales, en conjunto con el análisis de las fuentes fijas y difusas, permitió identificar las principales fuentes de emisión fijas y difusas dentro del Golfo de Arauco,

observándose una clara concentración de emisiones y descargas de distinto tipo entre la desembocadura del Biobío y Lota, principalmente, siendo las zonas de escuadrón y bahía de Coronel las que reciben la mayor proporción de actividades antrópicas. La caracterización de las fuentes fijas y difusas permitió identificar un set de parámetros característicos de las diferentes descargas y fuentes fijas. Para el caso de las fuentes fijas, los parámetros que resultan más transversales correspondieron a los asociados con la hidrografía, parámetros orgánicos como ácidos grasos, AOX, aceites y grasas, y carbono orgánico total. Dentro de los metales, destaca el cadmio como el parámetro más transversal y dentro de los nutrientes e iones el cloro libre residual, los cloruros y fosfatos, además de los parámetros físico químicos DBO_5 , DQO y sólidos suspendidos totales. Para el caso de las fuentes difusas, los parámetros más transversales fueron aceites y grasas, carbono orgánico total e hidrocarburos (derivados del petróleo, totales y volátiles), mientras que los metales más transversales fueron cadmio, zinc, mercurio y plomo. Los principales fueron el fósforo total e índice de fenol, además de otros parámetros como color verdadero, detergentes (SAAM) y sólidos suspendidos totales.

Con base en estos antecedentes, se elaboró un modelo conceptual de emisión-concentración que permitió esclarecer los componentes e interacciones claves en el Golfo de Arauco, con énfasis en los aspectos vinculados a una NSCA. El modelo utilizado (DPSIR), permitió identificar y clarificar los atributos clave a incluir en una propuesta de monitoreo ambiental, incluyendo zonas y atributos de conservación que deben ser considerados a la hora de implementar una NSCA.

La propuesta de monitoreo elaborada a partir del análisis integrado del total de información levantada que procura incluir una visión integral del Golfo de Arauco, sin dejar de considerar particularidades necesarias de vigilar y zonas especiales que son importantes en la conservación. Dadas las particularidades de la zona litoral del Golfo de Arauco, la propuesta consideró en primer lugar, la subdivisión del golfo en 6 zonas. Esta propuesta se realizó sobre la base de criterios oceanográficos, topográficos y biológicos, considerando como información base la identificación de las fuentes de descargas fijas y difusas, la ubicación de áreas productivas y usos del borde costero.

La zona 1 cubre desde la desembocadura del Biobío a Maule, la Zona 2 las Bahías de Coronel y Lota. En estas 2 zonas se produce la mayor diversidad de descargas fijas y difusas. La zona 3, ubicada entre Laraquete y Arauco, es una zona donde la principal fuente fija corresponde al emisario de la planta de Celulosa Arauco, mientras que en la zona 4 (Arauco a Punta Lavapié) y

zona 5 (Isla Santa María), no existen descargas directas, sino fuentes difusas asociadas a los usos del borde costero. Finalmente, la zona 6 corresponde a un área de gran importancia en el marco de la vigilancia ambiental, puesto que es una zona donde no existen descargas directas ni fijas ni difusas.

Al interior de cada zona se dispuso de un set de estaciones de monitoreo que consideran los atributos más relevantes de monitorear para conocer el estado actual del Golfo de Arauco. En atención al análisis de variabilidad de los procesos oceanográficos que regulan la dinámica del Golfo, se ha propuesto una frecuencia de monitoreo trimestral y se han incluido parámetros de calidad química y monitoreos de biodiversidad transversales (a escala del Golfo de Arauco), considerando adicionalmente variables y mediciones particulares en cada zona específica, en función de los atributos especiales identificados a lo largo del proyecto.

De esta forma, la propuesta integral de monitoreo considera parámetros y variables clave, un diseño espacial elaborado en atención a los usos y actividades identificadas en cada zona, frecuencias de monitoreo asociadas al estado actual de conocimiento del golfo y recomendaciones específicas relacionadas con las técnicas de muestreo, incluyendo: número de réplicas, equipamiento necesario para medición *in situ*, técnicas de preservación de muestras, almacenamiento, transporte, cadenas de custodia y holding time, entre otras consideraciones metodológicas relevantes, que permiten asegurar la calidad de la información levantada.

7 CONCLUSIONES

El total de información disponible y cuantificable dio cuenta de un total de 4 fuentes de información a saber: (i) información de 21 planes de vigilancia ambiental extraídos del Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental (SNIFA); (ii) las bases de datos del POAL obtenidos a través del sitio web de DIRECTEMAR; (iii) las bases de datos entregadas en el informe CEA (2016) que da cuenta de información levantada por el EULA (2014) y las bases de datos del Sistema de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA) que comprende informaciones de DIAs y EIAs desarrollados en el Golfo de Arauco y; (iv) bases de datos de DIAs y EIAs, ingresados entre los años 2015 a 2020 complementario a la información levantada por CEA (2016).

La recopilación de información bibliográfica para el Golfo de Arauco, entregó un total de 151 publicaciones científicas pertenecientes a revistas nacionales, internacionales y tesis académicas, además de 44 informes técnicos, que incluyen estudios de universidades y centros de investigación. La mayoría de las publicaciones científicas estuvieron centradas en estudios geofísicos y de oceanografía física (26%), seguido de estudios de oceanografía biológica (17%) y pesquerías (12%), mientras que los informes técnicos estuvieron principalmente asociados a estudios de pesquerías (39%), conservación (21%) y calidad ambiental (16%).

Del total de información cuantificable recopilada, sólo las bases de datos asociadas a los planes de monitoreo de las Unidades Fiscalizable (UF) y las bases de datos del POAL, contaban con información relacionada con las metodologías y técnicas de laboratorio utilizadas, lo cual permitió evaluar su calidad.

El análisis crítico de la información levantada desde los PVA indica que, en general, la información no permite evaluar las técnicas de muestreo y preservación de las muestras, dado que los informes no contienen el detalle de esta información, o bien, se mencionan los procedimientos de forma muy general. Si bien en algunos informes se indica que los muestreos se realizaron con un laboratorio acreditado INN, bajo norma técnica 17.025 o 17.020, en general, no se entregan detalles técnicos tales como el método de muestreo, tipo y tiempo de preservación de las muestras, lo que impide evaluar adecuadamente la calidad de la información.

A través de la revisión de los métodos y límites de detección obtenidos desde los PVA, se observó cambios habituales en cuanto a técnicas de laboratorio entre campañas, lo cual afecta directamente a la trazabilidad y comparación histórica de los datos.

En el caso de la información proveniente del POAL, el análisis crítico y la selección de información estuvo asociado solamente con que las metodologías y técnicas de laboratorio informadas fueran apropiadas para el subcomponente ambiental analizado. Esto, debido a que para POAL no es obligatorio que quien realice los análisis éste acreditado como ETFA.

Tanto para los PVA como para POAL las determinaciones en agua de mar, hacen referencia principalmente al manual de análisis Standard Methods (SM), procedimientos analíticos desarrollados principalmente para aguas dulces y aguas residuales. Estas técnicas no debieran ser utilizadas directamente en la matriz marina sin una previa validación, ya que el agua de mar es, desde el punto de vista analítico, una matriz extremadamente compleja, que contiene una gran cantidad de interferentes asociadas a la salinidad.

Las metodologías para el análisis de metales en POAL se encuentran en el rango de las concentraciones esperables para sedimentos marinos superficiales. No obstante, las metodologías utilizadas para compuestos orgánicos y nutrientes no son adecuadas y presentan límites de detección que no permiten cuantificar estos elementos, lo que se traduce en un alto número de determinaciones bajo el límite de detección del método.

En el caso de análisis de la calidad de organismos (tejidos), en el caso de los PVA; el único programa de vigilancia que presentó información fue CELULOSA ARAUCO Y COSNTITUCION, con metodologías validadas organismos marinos. En el caso del POAL, los límites de detección son muy cercanos a las concentraciones naturales registradas para mitílidos.

En cuanto al análisis de comunidades de macrofauna submareal, macrofauna intermareal, fitoplancton y zooplancton, se observó alta heterogeneidad en técnicas, instrumentos y estrategias de muestreo, y en cuanto a las entidades técnicas ejecutoras (laboratorios, consultoras, Universidades).

Espacialmente, la mayor parte de los monitoreos ambientales de PVA, están localizados entre la zona de Escuadrón, Bahía Coronel y Bahía Lota, con ausencia de programas de monitoreo entre la zona de Tubul y Punta Lavapié e Isla Santa María. En todos los casos, los programas de monitoreo son muy costeros y asociados exclusivamente a la zona de descarga de los emisarios, sin considerar zonas de referencia o control lo suficientemente alejadas de las áreas de vigilancia.

En el caso del POAL, la información considera puntos de monitoreos en la sección sur del Golfo de Arauco y en humedal Tubul-Raqui, pero sólo para las matrices de calidad de agua de mar y sedimentos marinos, restringiendo la información sobre calidad de la biota, sólo a las bahías de Coronel y Lota y únicamente al ambiente intermareal.

Se identificó, 27 descargas de RILes al Golfo de Arauco y 3 descargas ubicadas en las cercanías de la desembocadura del río Biobío (a menos de 5 km de la desembocadura), totalizando 30 descargas en la zona de estudio, con un total de 48 parámetros monitoreados. Los parámetros Al, As, AyG, Cu, IFenol, Mn, pH, SAAM, SST, Temp y Zn, presentaron un mayor grado de transversalidad entre UF, siendo monitoreados por 12 o más UF con descarga en el Golfo de Arauco.

En cuanto a las fuentes difusas, se detectó una alta variabilidad de fuentes, siendo los usos urbano, extracción de áridos, almacenamiento de sustancias químicas, aserraderos, silvicultura y embarcaderos los más transversales.

Con base en estos antecedentes, se elaboró un modelo conceptual DPSIR que permitió identificar y clarificar los atributos clave a incluir en una propuesta de monitoreo ambiental, incluyendo zonas y atributos de conservación que deben ser considerados a la hora de implementar una NSCA.

Finalmente, con base en el análisis integrado del total de información colectada a lo largo del proyecto, se elaboró una propuesta de monitoreo que considera parámetros y variables clave, un diseño espacial elaborado en atención a los usos y actividades identificadas en cada zona, frecuencias de monitoreo asociadas al estado actual de conocimiento del golfo y recomendaciones específicas relacionadas con: técnicas de muestreo, número de réplicas, equipamiento necesario para medición *in situ*, técnicas de preservación, almacenamiento y transporte, entre otras consideraciones que permiten asegurar la calidad de la información levantada.

8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abarzúa M., S. Basualto & H. Urrutia. 1995. Relación entre la abundancia y biomasa de fitoplancton y bacterioplancton heterotrófico en aguas superficiales del Golfo de Arauco, Chile. *Investigaciones Marinas* 23: 67-74.

Aguirre-Martínez, G., Rudolph, A., Ahumada, R., Loyola, R., & Medina, V. 2009. Toxicidad no específica en sedimentos portuarios, una aproximación al contenido de contaminantes críticos. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 44(3):725-735.

Ahumada, R., Rudolph, A., & Contreras, S. 2004. Evaluation of coastal waters receiving fish processing waste: Lota bay as a case study. *Environmental Monitoring and Assessment*, 90(1):89-99.

Ahumada R. 1989. Producción y destino de la biomasa fitoplanctónica en un sistema de bahías en Chile central: una hipótesis. *Biología Pesquera (Chile)* 18: 53-66.

Ahumada, R. y L. Chuecas. 1979. Algunas características hidrográficas de la Bahía de Concepción (36°40'S;73°02'W) y áreas adyacentes, *Gayana Misc.*, 8: 1-56.

Alfonso-Aburto, F. & L. Figueroa-Fábrega. 2017. Diseño de un Programa de Monitoreo Ambiental utilizando el modelo DPSIR en zonas costeras marinas de múltiples usos: El caso de Bahía Quintero. *Anales del Museo de Historia Natural de Valparaíso* 30:55-60.

Allen, S. E. 1996. Topographically generated, subinertial flows within a finite length canyon. *J. PhysOceanogr.*, 26(8): 1608-1632.

Alliot A & Frenet Piron M .1990. Relationship between metal in sea water and accumulation in shrimp. *Mar Pollut Bull* 21:30-33.

Anabalón, V., Morales, C. E., Escribano, R., M.A., Varas, 2007. The contribution of nano and microplanktonic assemblages in the surface layer under different hydrographic conditions in the upwelling area of central Chile, *Prog. Oceanogr.*, 75, 396–414

Aracena O., O. Olivares, I. López & J. Uribe. 1993. Características de las comunidades demersales frente a la desembocadura del río Biobío, Golfo de Arauco, Chile. En Faranda F y Parra O (eds): Producción pesquera de la Octava Región: los aportes del Golfo de Arauco y Cañón submarino del río Biobío. Series de Monografías científicas 14: 47-84. EULA, Universidad de Concepción.

Arcos, D., S. Núñez y A. Acuña. 1996. Variabilidad de pequeña escala en la zona nerítica del sistema de surgencia de Talcahuano (Chile Central): Identificación y dinámica de áreas de retención larval. *Gayana Oceanol.*, 4(1): 21-58.

Arcos D, S Núñez, A Urrutia & L Chuecas. 1995. Shelf-embayment water exchange and residence times within Concepcion Bay, Chile. *Gayana Oceanología (Chile)* 3: 75-87.

Arcos, D., S. Núñez, L. Castro y N. Navarro. 1987. Variabilidad vertical de la clorofila en un área de surgencia frente a Chile central. *Invest. Pesq., Valparaíso*, 34: 47-55.

Ariz L, C Segovia, J González, N Barahona & M Nilo. 2007. Situación actual de la pesquería del recurso huepo (*Ensis macha*) en la VII Región. Informe Final, Proyecto FIP 2006- 44: 1-140.

Bernal C. M. Canales, V. Ctasti, A. Sepúlveda, P. Ruiz, R. Alarcón, S. Nuñez, C. Oyarzún, S. Gacitúa, G. Claramunt y G. Herrera. 2004. Evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común entre la V y X regiones, año 2003. Informe Final Proyecto FIP 2003-06.

Binding, C.E., & Bowers, D.G. 2003. Measuring the salinity of the Clyde Sea from remotely sensed ocean colour. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 57, 605–611.

Blomqvist S, Frank A, Petersson LR .1987. Metals in liver and kidney tissues of *C.alpina* and *C. ferruginea* staging at Baltic Sea. *Mar Ecol Progr Ser* 35:1-13.

Blumberg, A. & Mellor, G.L. 1987. A description of a three-dimensional coastal ocean circulation model. Three-dimensional coastal ocean models, págs. 1-16.

Blus, L. 1995. Organochlorine pesticides. In: Ecotoxicology. CRC Press, Inc. (Ed. By Hoffman, D.; B. Rattner; O. Burton & J. Cairns). p. 275-300.

Borja A., I. Galparsoro, O. Solaun, I. Muxika, E. Tello, A. Uriarte & V. Valencia. 2006. The European Water Framework Directive and the DPSIR, a methodological approach to assess the risk of failing to achieve good ecological status. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 66: 84-96

Brandhorst, W. 1971. Condiciones oceanográficas estivales frente a la costa de Chile. *Revista Biología Marina* 14, 45–84.

Bruland, K. W., Lohan, M. C., Aguilar-Islas, A. M., Smith, G. J., Sohst, B., & Baptista, A. 2008. Factors influencing the chemistry of the near-field Columbia River plume: Nitrate, silicic acid, dissolved Fe, and dissolved Mn. *Journal of Geophysical Research*, 113, C00B02.

Bryan, G. 1976. Heavy metal contamination in the sea. In: *Marine Pollution*. Academic Press (Ed. by Johnston, R.). p. 185-302.

Bustamante, C. 2006. Caracterización ecológica del ecosistema bentónico submareal en las áreas costeras de la VIII Región, Chile. Criterios de manejo y legislación para la Conservación Marina. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias. Escuela de Biología Marina. Tesis. 98pp.

Cáceres, M. & D. Arcos. 1991. Variabilidad en la estructura espacio-temporal de un área de surgencia frente a la costa de Concepción, Chile. *Invest. Pesq., Chile*, 36: 27-38.

Carro, M., & Mennickent, H. 1992. Numerical modeling of the hydrodynamic circulation in the San Vicente Bay. In: Alder H, Heinrich JC, Lovendy S, Oriarte E, Suarez, B. (eds) *Numerical Methods in Engineering and Applied Sciences*, Barcelona, España, 823-840.

Castilla J. C., N. Lagos, R. Guíñez & J. Largier. 2002. "Embayments and nearshore retention of plankton: the antofagasta bay and other examples". *The Oceanography and Ecology of the Nearshore and bays in Chile*. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile, 179-203.

Castillo, G., H. Muñoz, H. González y P. Bernal, 1991. Daily analysis of abundance and size variability of fish larvae in relation to oceanic water intrusions in coastal areas. *Biol. Pesq.*, 20: 21-35.

Castro, L., G. Daneri, R. Escribano, L. Farias, H. Gonzalez, C. Morales, O. Pizarro. 2009. Monitoreo de las condiciones oceanográficas en las VIII y IX regiones, año 2007. Informe Final FIP 2007-10. 111 pp + anexos.

Castro, L., R. Quiñones, H. Arancibia, R. Roa, M. Sobarzo y M. Retamal. 1997. Áreas de desove de anchoveta y sardina común en la zona central de Chile. Informe Final, Proyecto Fondo de Investigación Pesquera, 96-11, 114 pp.

Cayuela, L. 2011. Análisis Multivariante. Área de Biodiversidad y Conservación, Universidad Rey Juan Carlos. Madrid, España. 26 pp.

Cayuela, L. 2014. Modelos Lineales Generalizados (GLM). Área de Biodiversidad y Conservación, Universidad Rey Juan Carlos. Madrid, España. 31 pp.

CEA. 2016. Diagnóstico medioambiental y evaluación preliminar de riesgo ecológico de la Bahía de Coronel. Informe Final N° N° 608897-122-LP15. 755pp.

Chen, H. 1978. A mathematical model for water quality analysis. En *Verification of Mathematical and Physical Models in Hydraulic Engineering*, págs. 350-357.

Cheung, S. K. B., Leung, D. Y. L., Wang, W., Lee, J. H. W. & Cheung V., 2000. VISJET - A computer ocean outfall modelling system, *Proceedings, Computer Graphics International 2000*, pp. 75-80.

CMGA-SSPA-DZPA. 2014. Propuesta de plan de manejo de recursos huepo-navajuela-taquilla del Golfo de Arauco, VIII Región del Bío Bío, 2014- 2017. Comité de Manejo Golfo de Arauco (CMGA) -Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SSPA) - Dirección Zonal de Pesca y Acuicultura (DZPA) VIII Región del Bío Bío. 54 pp + Anexos.

Contreras, 2017. Circulación del Golfo de Arauco y patrones de dispersión y residencia de contaminantes asociados a emisarios submarinos. Univerisdad de Concepción. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Departamento de Geofísica. Tesis pregrado. 81 pp.

Cubillos L., S. Nuñez, J. Oliva, G. Claramunt, C. Oyarzún, L. Castro R. Roa & H. Rebolledo. 2003. Evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común entra la V y X regiones, año 2002. Informe Final Proyecto FIP 2002-14.

Cubillos L., S. Nuñez, J. Oliva, G. Claramunt, C. Oyarzún, L. Castro R. Roa & H. Rebolledo. 2005. Evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común entra la V y X regiones, año 2004. Informe Final Proyecto FIP 2004-03.

Daneri, G., Castro, L., R. Escribano., L. Farías., H. González., C. Morales & O. Pizarro. 2008. Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas en la VIII región, año 2005. Informe Final. Proyecto FIP N° 2005-01. Centro de Investigación Oceanográfica del Pacífico Sur Oriental. Universidad de Concepción. 104pp.

Daneri G., V. Dellarossa, R. Quiñones, B. Jacob, P. Montero & O. Ulloa. 2000. Primary production and community respiration in the Humboldt Current System and associated oceanic areas. Marine Ecology Progress Series 197: 41-49.

De-la-Ossa-Carretero J.A., Del-Pilar-Ruso Y., Giménez-Casalduero F., Sánchez-Lizaso J.L., Dauvin J.C., 2012. Sensitivity of amphipods to sewage pollution. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 96: 129-138.

De-la-Ossa-Carretero J.A., Del-Pilar-Ruso Y., Giménez-Casalduero F., Sánchez-Lizaso J.L., Dauvin J.C., 2011. Sensitivity of amphipods to sewage pollution. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 96: 129-138.

Delgado L.E., A. Tironi-Silva & H. Marín. 2019. Sistemas socio-ecológicos y servicios ecosistémicos: modelos conceptuales para el Humedal del Río Cruces (Valdivia, Chile). Chile. En: Cerda CI, Silva- Rodríguez E, & Briceño C (eds). Naturaleza en sociedad: Una mirada a la dimensión humana de la conservación de la biodiversidad. Editorial Ocho Libros, Santiago, Chile. Pp. 177-205.

Della-Croce, N. & C. Valdovinos. 1994. Caracterización ambiental del área marina costera bajo la influencia de la cuenca hidrográfica del río Biobío, Chile central (1989-1992). Centro EULA, Universidad de Concepción, 46 pp.

Del-Pilar-Ruso, Y.; de-la-Ossa-Carretero, J.A; Gimenez-Casalduero, F.; Sánchez- Lizaso, J.L. 2010. Sewage treatment level and flow rates affect polychaete assemblages. Marine Pollution Bulletin. 60: 1930 - 1938.

Del-Pilar-Ruso Y., De-la-Ossa-Carretero J.A., Loya-Fernández A., Ferrero-Vicente L.M., Giménez-Casalduero F., Sánchez-Lizaso J.L. 2009. Assessment of soft bottom Polychaeta assemblage affected by a spatial confluence of impacts: Sewage and Brine discharge. Marine Pollution Bulletin. 58: 776-782.

Djurfeldt, L. 1989. Circulation and mixing in a coastal upwelling embayment; Gulf of Arauco, Chile. Cont. Shelf Res., 9(11), 1003-1016.

Dortch, Q., & Whitley, T. E. 1992. Does nitrogen or silicon limit phytoplankton production in the Mississippi River plume and nearby regions? Continental Shelf Research, 12, 1293–1309.

Dzwonkoski, B., & Yan, X. 2005. Tracking of a Chesapeake Bay estuarine outflow plume with satellite-based ocean color data. Continental Shelf Research, 25, 1942–1958.

Escribano, R., W. Schneider, 2007. The structure and functioning of the coastal upwelling system off central/southern Chile. Progress in Oceanography 75(3): 343-347.

Escribano, R., L. Castro., G. Daneri., L. Farías., H. González., C. Morales., O. Pizarro & S. Rosales. 2006. Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas en la VIII región, año 2004. Informe Final. Proyecto FIP N° 2004-20. Centro de Investigación Oceanográfica del Pacífico Sur Oriental. Universidad de Concepción. 154pp.

EPA. 2020. National Recommended Water Quality Criteria. National Recommended Aquatic Life Criteria Table.

Fanucci F., Amore C., Pineda V. 1992. Characteristics and dynamics of the coasts in the Arauco Gulf (central Chile). *Bolletino di Oceanologia teorica de applicata* Volúmen X, nº 2-3-4, 265- 271.

Farías, L., Daneri, G., Castro, L., R. Escribano., H. González., C. Morales & O. Pizarro. 2008. Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas en la VIII región, año 2006. Informe Final. Proyecto FIP N° 2006-12. Centro de Investigación Oceanográfica del Pacífico Sur Oriental. Universidad de Concepción. 189pp.

Figuroa, D & Moffat, C. 2000. On the influence of topography in the induction of coastal upwelling along the Chilean coast. *Geophysical Research Letters*, 27 (23), 3905-3908.

Faúndez-Baez , P., Morales , C., y Arcos , D. 2001. Variabilidad espacial y temporal en la hidrografía invernal del sistema de bahías frente a la VIII región (Chile centro-sur). *Revista Chilena de Historia Natural*, 74:817-831.

Freelandh, J. & K. L. Denman, K.L. 1982. A topographically controlled upwelling center off southern Vancouver Island. *Journal of Marine Research*, 40, 1069-1093.

Frick, W. E., Roberts, P. J. W., Davis, L. R., Keyes, J., Baumgartner, D. J., & George, K. P. 2003. *Dilution Models for Effluent Discharges, 4th Edition (Visual Plumes)*. U.S. Environmental Protection.

Galvao, L.A.C. & Corey, O.G. 1987. Cadmio, serie vigilancia 4. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. Metepec, México 69 pp.

García-Marín, P., Cabaço, S., Hernández, I., Vergara, J.J., Silva, J., Santos, R. 2013. Multi-metric index based on the seagrass *Zostera noltii* (ZoNI) for ecological quality assessment of coastal and estuarine systems in SW Iberian Peninsula. *Marine Pollution Bulletin.*, 68: 46-54.

González H.E., Menschel, C. Aparicio & C. Barria. 2007. Spatial and temporal variability of the microplankton and detritus and their export to the shelf-sediments, in the upwelling area off Concepcion, Chile (36°S), during 2002-2005. *Progress in Oceanography* 75: 435-451.

González, F., Silva, M & Schalscha, F.A. 1998. Cadmium and Lead in a Trophic Marine Chain. *Bull Environ Contam Toxicol.* 60(1):112-8.

González, F. 1994. Metales pesados en la cadena trófica, materia orgánica contenida en sedimento, langostino colorado, congrio negro del Golfo de Arauco. Tesis para optar al grado de Doctor en Ciencias Ambientales. Centro EULA-Chile. 167 pp.

González H. E., Bernal P. & R. Ahumada. 1987. Desarrollo de dominancia local en la taxocenosis fitoplanctónica de la Bahía de Concepción, Chile, durante un evento de surgencia costera. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 60: 19-35.

Goñi, M.A., Hatten, J.A., Wheatcroft, R.A., Borgeld, J.C., 2013. Particulate organic matter export by two contrasting small mountainous rivers from the Pacific Northwest, USA. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences* 118, 112– 134.

Graham, W.M., J.G. Field & D.C. Potts. 1992. Persistent "upwelling shadows" and their influence on zooplankton distributions. *Mar. Biol.*, 114: 561-570.

Grob, C., R. Quiñones, and D. Figueroa .2003. Cuantificación del transporte de agua costero-oceano a través de filamentos y remolinos ricos en clorofila-a, en la zona centro-sur de Chile (35.5°–37.5°S), *Gayana Oceanol.*, 67(1), 55– 67.

Hansen, N., Jensen, V. B., Appelquist, H. & Morch, E. 1978. The uptake and release of petroleum hydrocarbons by the marine mussel *Mytilus edulis*. *Prog. War. Tech.*, 5/6, 351-9.

Harding L & Goyette D .1989. Metals in northeast Pacific coastal sediments and fish, shrimp, and prawn tissues. *Mar Pollut Bull* 20:187-189.

Hernández A, R Quiñones y L Cubillos. 2011. Evaluación talla estructurada de los stocks de *Ensis macha* y *Tagelus dombeii* en el Golfo de Arauco, Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía.* 46(2): 157-176.

Hernández, C., Yáñez, R & Rudolph, A. 2000a. Toxicity Response of *Emerita analoga* (Stimpson, 1857) Collected from Beaches of South Central Chile. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 5:567–572.

Hickey, B.M. 1997. Response of a narrow submarine canyon to strong wind forcing. *Journal of Physical Oceanography* 27(5):697–726.

Hidalgo, M. 2017. Evaluación temporal del contenido de metales pesados en sedimentos de la bahía de Coronel, Chile. Universidad de Concepción. Departamento de Oceanografía. Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas. Tesis 56pp.

Holon SpA. 2019. Estudio de Modelación de la pluma de descarga Proyecto “Nuevo Emisario Submarino”. 18 pp.

Huthnance, J. M. 1995. Circulation, exchange and water masses at the ocean margin: the role of physical processes at the shelf edge. *Prog. Oceanogr.*, 35(4): 353-431.

Ilyina, T., Pohlmann, T., Lammel, G., & Sündermann, J. 2006. A fate and transport ocean model for persistent organic pollutants and its application to the North Sea. *Journal of Marine Systems*, 63(1):1-19.

Iriarte, J.L., C. Vargas., F.J. Tapia., R. Bermúdez & R.E Urrutia. 2012. Primary production and plankton carbon biomass in a river-influenced upwelling area off Concepción, Chile. *Progress in Oceanography*. 92-95: 97-109.

Iriarte J. & P. Bernal. 1990. Vertical distributions of diatoms and thecate dinoflagellates in the Gulf of Arauco: composition, relative abundance, and the chlorophyll maximum layer. *Scientia Marina* 54: 389-399.

Jirka, G. H., Doneker, R. L. & Hinton, S. W., 1996. User’s Manual for CORMIX: A Hydrodynamic Mixing Zone Model and Decision Support System for Pollutant Discharges into Surface Waters, Tech. Rep., DeFrees Hydraulics Laboratory, Cornell University.

Kannan, N.; T. Reusch; D. Schulz-Bull; G. Petrik & J. Duinker. 1995. Chlorobiphenyls: Model compound for metabolism in food chain organisms and their potential use as ecotoxicological stress indicators by application of the metabolic slope concept. *Environmental Science & Technology*. 29(7):1851-1859.

Klinck, J. M. 1989. Geostrophic adjustment over submarine canyons. *J. Geophys. Res. Oceans.*, 94(5): 6133-6144.

Klinck, J. M., 1988. The influence of a narrow transverse canyon on initially geostrophic flow, *J. Geophys. Res.*, 93, 509-515, 198.

Landaeta, M. & L. Castro. 2006. Spawning and larval survival of the Chilean hake *Merluccius gayi* under later summer conditions in the Gulf of Arauco, central Chile. *Fisheries Research* 77(1), 115-121. doi: 10.1016/j.fishres.2005.08.006

Landaeta M., G. Herrera, M. Pedraza, C. Bustos & L. Castro. 2006. Reproductive tactics and larval development of bigeye flounder, *Hippoglossina macrops* off central Chile. *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom*.

Laws, E. 1993. Aquatic pollution. An introductory text. 2nd. ed. An Interscience Publication. John Wiley & Sons, Inc. 611 pp.

Leth, O. & Shaffer, G. 2001. A numerical study of the seasonal variability in the circulation off central Chile. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 106(C10):22229-22248.

Leonardi, M. y Tarifeño, E. 1996. Efecto de la descarga de aguas servidas por un emisario submarino en lenguados, *Paralichthys microps* (Gunter, 1881) *Paralichthys adspersus* (Steindachner 1867) en bahía Concepción, Chile: evidencias experimentales. *Revista de Biología Marina*, 31(1):23-44.

Lopez, I., O. Aracena, A. Carmona, A. Espinoza, L. Fuentes, J. Sanchez & A. Cerda. 1997. Caracterización bioeconómica de las pesquerías de huepo (*Ensis macha*) y navajuela (*Tagelus dombeii*) en la VIII Región. Informe Final. Proyecto FIP 95-20 A. 87 pp + anexos.

Liubartseva, S., Coppini, G., Lecci, R., & Creti, S. 2016. Regional approach to modeling the transport of floating plastic debris in the Adriatic Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 103(1):115-127.

Mangion M., Borg J.A., Sanchez-Jerez P. 2017. Differences in magnitude and spatial extent of impact of tuna farming on benthic macroinvertebrate assemblages. *Regional Studies in Marine Science*.

Mangion, M., Borg, J.A., Thompson, R., Schembri, P.J., 2014. Influence of tuna penning activities on soft bottom macrobenthic assemblages. *Marine Pollution Bulletin*. 79: 164-174.

Matano, R.P., & Palma, E.D., 2010. The upstream spreading of bottom-trapped plumes. *Journal of Physical Oceanography* 40, 1631–1650.

McDonald CR, Sprague JB .1988. Cd in marine invertebrates and arctic cod in the Canadian Arctic. *Mar Ecol Prog Ser* 47:17-30.

McLachlan, M. 1996. Bioaccumulation of hydrophobic chemicals in agricultural food chains. *Envir. Sci. Technol.* 30(1):252-259.

Melo T., C. Hurtado, D. Queirolo, J. Lamilla, C. Bernal & A. Aranís. 2005. Diagnóstico de la operación de las pesquerías artesanales de peces en las áreas costeras, bahías y aguas interiores de la VIII Región. Informe Final Proyecto FIP: 2004-19. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ciencias del Mar. Valparaíso – Chile. 250 pag + Anexos.

Mellor, G. 1998. Users guide for a three dimensional, primitive equation, numerical ocean model. Program in Atmospheric and Oceanic Sciences, Princeton University Princeton, NJ 08544-0710.

Mesías , J., Matano , R., y Strub , T. 2001. A numerical study of the upwelling circulation off central Chile. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 106(C9).

Mesías , J., Matano , R., y Strub , T. 2003. Dynamical analysis of the upwelling circulation off central Chile. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 108(C3), 2003.

Mohan, C.V., Menon, N.R & Grupta. T.R.C. 1984. Acute toxicity of cadmium to six intertidal invertebrates. *Fish. Technol.*, 21:1-15.

Montero, P., D. Daneri, L.A., Cuevas., H. González., B. Jacob., L. Lizárraga & E. Menschel. 2007. Productivity cycles in the coastal upwelling area off Concepción: The importance of diatoms and bacterioplankton in the organic carbon flux. *Progress in Oceanography* 75: 518-530.

Morales, C. E., H. E. González, S. Hormazábal, G. Yuras, J. Letelier, y L. Castro. 2007. The distribution of chlorophyll-a and dominant planktonic components in the coastal transition zone off Concepción, central Chile, during different oceanographic conditions. *Progress in Oceanography*.

Neff, J. M. 2002. Bioaccumulation in Marine Organisms. Effect of contaminants from oil well produced water. Duxbury, Massachusetts, USA, Elsevier.

Nriagu, J. & M. Simmons. 1990. Food contamination from environmental sources. A Wiley-Interscience Publication. John Wiley & Sons, Inc. N.Y. p. 145-195.

Núñez H, Maldonado, V & R Pérez .1997. Reunión de trabajo con especialistas de herpetología para categorización de especies según estados de conservación. *Noticiario Mensual del Museo Nacional de Historia Natural (Chile)* 329: 12-19.

Quiñones, R.A., & R. Montes 2001. Relationship between freshwater input to the coastal zone and the historical landings of the benthic/demersal fish *Eleginops maclovinus* in central-south Chile *Fisheries Oceanography* 10(4) 311-328.

Pantoja, S., Gutiérrez, M., Ampuero, P., Tejos, E., 2011. Degradation capability of the coastal environment adjacent to the Itata River in central Chile (36.5°S). *Biogeosciences* 8, 2063–2074.

Palma S. 1994. Distribución y abundancia de larvas de langostino colorado *Pleuroncodes monodon* frente a la costa de Concepción, Chile. *Investigaciones Marinas* 22: 13-29.

Parada C., M. Sobarzo, D. Figueroa & L. Castro. 2001. Circulación del Golfo de Arauco en un período de transición estacional: un nuevo enfoque. *Investigaciones Marinas* 29: 11-23.

Park, R. A., Clough, J. S., & Wellman, M.C. 2008. AQUATOX: Modeling environmental fate and ecological effects in aquatic ecosystems. *Ecological Modelling*, 213(1):1-15.

Pearson T.H, Rosenberg R. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and Marine Biology. An Annual Review*. 16: 229-311.

Pedrotti, M. L. and Fenaux, L. 1992. Dispersal of equinoderm larvae in a geographical area marked by upwelling (Ligurian Sea, NW Mediterranean). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 86, 217–227.

Pérez, C.A., DeGrandpre, M.D., Lagos, N.A., Saldías, G.S., Cascales, E.-K., Vargas, C.A., 2015. Influence of climate and land use in carbon biogeochemistry in lower reaches of rivers in central southern Chile: implications for the carbonate system in river-influenced rocky shore environments. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences* 120, 673–692.

Periáñez, R. 2012. Modelling the environmental behaviour of pollutants in Algeciras Bay (south Spain). *Marine Pollution Bulletin*, 64(2):221-232.

Periáñez, R. 2011. Models for pollutant behavior in Spanish-Moroccan waters. *Ocean Engineering*, 38(17):2077-2088.

Phillips, D.J.H. 1995. Bioaccumulation. In: *Handbook of Ecotoxicology*. (Ed. by P. Calow). Editorial Advisory Board. p. 378-396.

Piola, A. R., Matano, R. P., Palma, E. D., Möller, O. O., & Campos, E. J. D. 2005. The influence of the Plata River discharge on the western South Atlantic shelf. *Geophysical Research Letters*, 32, L01603.

Pozo, K., Urrutia, R., Mariottini, M., Rudolph, A., Banguera, J., Pozo, K., Parra, O., & Focardi, S. 2014. Levels of persistent organic pollutants (POPs) in sediments from Lengua estuary, central Chile. *Marine Pollution Bulletin*, 79(1):338-341.

Raymont, J. 1983. Plankton and productivity in the oceans. *Zooplankton*. Pergamon Press, Oxford, 824 pp

Reifel, K. M., Johnson, S. C., DiGiacomo, P. M., Mengel, M. J., Nezlin, N. P., Warrick, J. A., et al. 2009. Impacts of stormwater runoff in the Southern California Bight: Relationships among plume constituents. *Continental Shelf Research*, 29, 1821–1835.

Retamal M. 1970. Jaibas (Crusta. Decap. Brachyura) comerciales de la zona de Concepción. *Boletín de la Sociedad Biológica de Concepción* 42: 191-229.

Roa R., F. Tapia, L. Cid, R. Quiñones, B. Ernst, D. Figueroa, H. Arancibia, R. Galleguillos & M. Retamal. 1997. Evaluación directa del stock de langostino colorado en la zona Centro-Sur. FIP-IT 96-23.

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

Rudolph, A., Franco, C., Becerra, J., Barros, A., & Ahumada, R. 2002b. Evaluación de materia orgánica e hidrocarburos aromáticos policíclicos en sedimentos Superficiales, bahía Concepción-Chile. *Boletín de la Sociedad Chilena de Química*, 47(4):403-410.

Saavedra, N. 1980. La presión y dirección del viento en Concepción. *Tralka*, 1(2): 153-162.

Salamanca M., C. Chandía, A. Hernández, F. Vargas, 2019. First long-term record of halogenated organic compounds (AOX, EOX, and PCDD/F) and trace elements (Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Pb, Ni, and Zn) in marine biota of the coastal zone of southcentral Chile. Volumen 146 , septiembre de 2019 , páginas 442-453, *Marine pollution bulletin*.

Saldías, G., Largier, J., Mendes, R., Pérez-santos, I., Vargas, C & Sobarzo, M. 2016. Satellite-measured interannual variability of turbid river plumes off central-southern Chile: Spatial patterns and the influence of climate variability. *Progress in oceanography*, 146: 212-222.

Saldías, G., Sobarzo, M., Largier, J., Moffat, C & Letelier, R. 2012. Seasonal variability of turbid river plumes off central Chile based on high-resolution MODIS imagery. *Remote Sensing Environment*, 123:220-223.

Sánchez J., A. Hernández, M. Agüero, E. Gonzáles, L. Miranda, C. Vásquez & A. Ibáñez. 2003. Ordenamiento de la pesquería de huego y navajuela. Centro de Investigación, Desarrollo y Capacitación en Ciencias del Mar, Mares Chile LTDA. Informe final Proyecto FIP 2002-26 .193 Pág.

Shchepetkin, A. & McWilliams, J. 2005. The regional oceanic modeling system (ROMS): a split-explicit, free-surface, topography-following-coordinate oceanic model. *Ocean Modelling*, 9(4):34-404.

Shaffer G., S Hormazábal, O. Pizarro y S. Salinas. 1999. Seasonal and interannual variability of currents and temperature off central Chile. *Journal of Geophysical Research* 104: 29,951-29,961.

Shi, W., & Wang, M. 2009. Satellite observations of flood-driven Mississippi River plume in the spring of 2008. *Geophysical Research Letters*, 36, L07607

Silva N. 1983. Masas de agua y circulación de la región norte de Chile. Latitudes 18°S-32°S. (Operación Oceanográfica MARCHILE XI - ERFEN II). *Ciencia y Tecnología del Mar* 7: 47-84.

Sobarzo, M., Saldías, G., Tapia, F., Bravo, L., Moffat, C & Largier, J .2016. On subsurface cooling associated with the Biobio River Canyon (Chile), *J. Geophys. Res. Oceans*, 121, 4568–4584.

Sobarzo, M., Bravo, L., Moffat, C., Tapia, F., Reiman, D., Mediavilla, D., Largier, J. 2015. Enfriamientos costeros subsuperficiales independientes del viento local: más antecedentes sobre el cañón submarino del Biobío. XXXV Congreso de Ciencias del Mar. Coquimbo.

Sobarzo M., Bravo L. 2013. Análisis de eventos de surgencia y de hundimiento costero en la cabecera del golfo de Arauco. Informe Adenda proyecto MAPA, Sea. 28 pp.

Sobarzo, M; Bravo, L & Moffat, C. 2010. Diurnal-period, wind-forced ocean variability on the inner shelf off Concepción, Chile. *Continental Shelf Research* 30 (20), 2043-2056.

Sobarzo, M., Bravo, L., Donoso, D., Gracés-Vargas, J & Schneider, W. 2007. Coastal upwelling and seasonal cycles that influence the water column over the continental shelf off central Chile. *Progress in Oceanography*, 75: 363-382.

Sobrazo, M., Djurfeldt, L. 2004. Coastal upwelling process on a continental shelf limited by submarine canyons, Concepción, central Chile. *Journal of geophysical research*, 109, C12012, doi:10.1029/2004JC002350.

Sobarzo, M., Figueroa, M., y Djurfeldt, L. 2001. Upwelling of subsurface water into the rim of the Biobío submarine canyon as a response to surface winds. *Continental Shelf Research*, 21(3):279-299.

Sobarzo, M. 1994. Oceanografía física entre Punta Nugurne (35°57' S- 72°47' W) y Punta Manuel (38°30' S-73° 31' W), Chile: una revisión histórica (1936- 1990). *Gayana Oceanología (Chile)* 2: 5-17.

Sobarzo M., Sansone E., Demaio A., Arcos D., Salamanca M., Henriquez J. 1993 Oceanografía física del Golfo de Arauco. Primera parte: Variabilidad espaciotemporal de la estructura hidrográfica de las aguas del Golfo de Arauco. Faranda y Parra editores. Centro EULA, Chile.

Strub, P.T., Mesías, J.M., Montecino, V., Rutllant, J. & Salinas, S. 1998. Coastal ocean circulation off western South America. In *The Sea*, A.R. Robinson & K.H. Brink (eds). New York: John Wiley and Sons, 273–314.

Suresh, K., Ahamed, M.S., Durairaj, G., Nair, K.V.K. 1995. Environmental physiology of the mole crab *Emerita asiatica*, at a power plant discharge area on the east coast of India. *Environ. Pollut.*, 88:133-136.

Tapia, F., L. Castro., Daneri, G., C. Fernández., H. González., P. Hidalgo., C. Morales & O. Pizarro. 2010. Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas en las VIII y IX regiones, año 2008. Informe Final. Proyecto FIP N° 2008-20. Centro de Investigación Oceanográfica del Pacífico Sur Oriental. Universidad de Concepción. 207pp.

Tanabe, S. 1994. Fate of persistent organochlorines in the marine environment. In: Contaminants in the Environment. A multidisciplinary assessment of risks to man and other organisms. CRC. Press, Inc. (Ed. by Renzoni, A.; N. Matter, L. Lan & M. Fossi). p. 19-28.

Tang, H. S. Paik, J. Sotiropoulos, F. and Khangaokar, T. 2008. Three-dimensional CFD modeling of thermal discharge from multiports. ASCE J. Hydr. Eng., 134, 1210-1224.

The Royal Society. 1979. Mechanisms of bioaccumulation. In: Some Research Needs. (Prepared by The Marine Pollution Subcommittee of the British National Committee on Oceanic Research). p. 14-18.

Thomas, A.C., & Weatherbee, R.A. 2006. Satellite-measured temporal variability of the Columbia River plume. Remote Sensing of Environment, 100, 167–178.

UCSC. 2017. Programa de Monitoreo Medio Marino y Estuarino, Proyecto MAPA. Estudios Ecotoxicológicos Biotas Marinas *Ensis macha*, *Cancer sp.* y *Emerita analoga*. Campaña invierno 2017.

Valdovinos, C. 2001. Biodiversidad en fondos blandos sublitorales: macroinvertebrados del Golfo de Arauco (Chile). En: Sustentabilidad de la Biodiversidad un Problema Actual. Bases Científico-Técnicas, Teorizaciones y Proyecciones. K. Alveal & T. Antezana (Eds). Universidad de Concepción-Chile 635-662.

Valente, A. S., & da Silva, J. C. B. 2009. On the observability of the fortnightly cycle of the Tagus estuary turbid plume using MODIS ocean colour images. Journal of Marine Systems, 75, 131–137.

Valle-Levinson, A., Atkinson, L., Figueroa, D., y Castro, L. 2003. Flow induced by upwelling winds in an equatorward facing bay: Gulf of Arauco, Chile. Journal of Geophysical Research, 108 (C2):3054.

Vargas, C.A., Contreras, P.Y., Pérez, C.A., Sobarzo, M., Saldías, G.S., Salisbury, J., 2016. Influences of riverine and upwelling waters on the coastal carbonate system off Central Chile and their ocean acidification implications. Journal Geophysical Research: Biogeosciences, 121.

Vargas, C.A., Arriagada, N.L., Sobarzo, M., Contreras, P.Y., Saldías, G., 2013. Bacterial production across a river-to-ocean continuum in central Chile: implications for organic matter cycling. *Aquatic Microbial Ecology* 68, 195–213.

Vargas, C.R., Martínez, R.A., Cuevas, L.A. Pavez, M.A., Cartes, C. Gonzalez, H., Escribano, R. & G. Daneri 2007. The relative importance of microbial and classical food webs in a highly productive coastal upwelling area. *Limnology & Oceanography* 52, 1495-1510.

Yannicelli B., L. R. Castro, W. Schneider y M. Sobarzo. 2006a. Crustacean larvae distribution in the coastal upwelling zone off central Chile. *Marine Ecology Progress Series* 319: 175–189.

Yannicelli B, L.R. Castro, A. Valle-Levinson, L. Atkinson y D. Figueroa. 2006b. Vertical distribution of decapod larvae in the entrance of an equatorward facing bay of central Chile: implications for transport. *Journal of Plankton Research* 28(1): 19–37.

Yannicelli B. 2005. Distribución y transporte de larvas de crustáceos decápodos en la zona de surgencia costera de Chile Central: interacciones entre comportamiento y tolerancias fisiológicas y periodos de liberación. Tesis Doctoral. Universidad de Concepción. 618 pp.

Waldichuk, 1974. Some biological concerns in heavy metals pollution /« F J Vernberg and W B Vernberg (editors). *Pollution and physiology of marine organisms* p 157 Academic Press, N.Y.

Wang, J., Connor, J., & Parsons, R. 1975. *Mathematical Modeling of Near Coastal Circulation*. 13. Massachusetts Institute of Technology Cambridge.

Warrick, J. A., & Milliman, J. D. 2003. Hyperpycnal sediment discharge from semiarid southern California rivers: implications for coastal sediments budgets. *Geology*, 31, 781–784.

Warwick R.M. 1993. Environmental impact studies on marine communities: pragmatical considerations. *Australian Journal of Ecology*. 181: 63-80.

Warwick R.M. Platt H.M., Clarke K.R. Agard J., Gobin J. 1990. Analysis of macrobenthic and meiobenthic community structure in relation to pollution and disturbance in Hamilton Harbour, Bermuda. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 138: 119-142.

Wenner, A.M. 1988. Crustaceans and other invertebrates as indicators of beach pollution. Chap IX. In: Soule D.F and Kleppel G.S (eds). *Marine organisms as indicators*. Springer-Verlag, New York: 199-229.

Wetz, M.S., Hales, B., Chase, Z., Wheeler, P.A., Whitney, M.M., 2006. Riverine input of macronutrients, iron, and organic matter to the coastal ocean off Oregon, USA, during the winter. *Limnology and Oceanography* 51, 2221–2231.

Wing, S., Botsford, L., Ralston, S. V. Largier, J. 1998. Meroplanktonic distribution and circulation in a coastal retention zone of the northern California upwelling system. *Limnol. Oceanogr.*, 43, 1710–1721.

Zavialov, P.O., Kostianoy, A.G., Möller, O.O., 2003. SAFARI cruise: mapping river discharge effects on Southern Brazilian shelf. *Geophysical Research Letters* 30, 2126.

Zelenke, B., O'Connor, C., Barker, C., Beegle-Krause, C., & Eclipse, L. 2012. General NOAA Operational Modeling Environment (gnome) technical documentation. NOAA Technical Memorandum NOS OR&R, 40:105.

9 ANEXOS