

PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL DEL MEDIO MARINO

INFORME TÉCNICO

PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DEL TERMINAL PUERTO COQUIMBO S.A. REGIÓN DE COQUIMBO

**MONITOREO N°9
(MONITOREO N°2 - FASE OPERACIÓN)**



PREPARADO POR



- JULIO 2024 -

**INFORME TÉCNICO DEL
PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL
MONITOREO N°9 (MONITOREO N°2 FASE DE OPERACIÓN)
PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DEL PUERTO DE COQUIMBO
DEL TERMINAL PUERTO COQUIMBO S.A.
REGIÓN DE COQUIMBO**

SOLICITADO POR:



AVENIDA COSTANERA S/N,
COQUIMBO - CHILE
TELÉFONO: +56 51 2339700

PREPARADO POR:



LIMACHE 3405, OF 31
EDIF. REITZ, EL SALTO, VIÑA DEL MAR
TELÉFONO: +56 32 2189200
info@ecotecnos.cl

ECOTECNOS S.A.

Calle Limache 3405, Oficina 31-33
Edificio Reitz de las Empresas,
El Salto, Viña del Mar, Chile

Este documento ha sido elaborado por Ecotecnos S.A. ha requerimiento de la empresa Terminal Puerto Coquimbo S.A., por lo que solamente puede ser utilizado y difundido para los propósitos para el cual fue desarrollado y de acuerdo con los Términos de Referencia establecidos en el respectivo contrato. La utilización y difusión no autorizada de este documento por sus propietarios, en cualquiera de las formas, está expresamente prohibido, ya que su contenido y formato se encuentran protegido, entre otras normas legales, por la Ley N° 17.336 sobre Propiedad Intelectual, publicada en el Diario Oficial N° 27.761, de 2 de octubre de 1970.

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0		1
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

CONTENIDO

1	RESUMEN	3
2	INTRODUCCIÓN	7
2.1	COMPONENTES AMBIENTALES	8
2.2	VARIABLES Y PARÁMETROS AMBIENTALES.....	8
2.3	PERÍODO DE MONITOREO.....	9
2.4	RESOLUCIÓN DE CALIFICACIÓN AMBIENTAL.....	9
2.5	IDENTIFICACIÓN DE LAS INSTITUCIONES Y/O EQUIPOS DE TRABAJO...	10
3	OBJETIVOS	11
4	MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
4.1	ÁREA DE ESTUDIO	12
4.2	CALENDARIO DE ACTIVIDADES DE TERRENO.....	15
4.3	METODOLOGÍA	15
5	RESULTADOS	28
5.1	COLUMNA DE AGUA	28
5.2	SEDIMENTOS SUBMAREALES.....	41
5.3	COMUNIDAD SUBMAREAL DE SUSTRATO BLANDO	46
5.4	MAMÍFEROS MARINOS	61
6	DISCUSIÓN	65
6.1	COLUMNA DE AGUA	65
6.2	SEDIMENTO SUBMAREAL.....	84
6.3	COMUNIDAD SUBMAREAL DE SUSTRATO BLANDO	98
6.4	MAMÍFEROS MARINOS	106
7	CONCLUSIONES	114
7.1	COLUMNA DE AGUA	114
7.2	SEDIMENTO SUBMAREAL.....	116
7.3	COMUNIDAD SUBMAREAL DE SUSTRATO BLANDO	117
7.4	MAMÍFEROS MARINOS	118
8	BIBLIOGRAFÍA CITADA Y CONSULTADA.....	119
8.1	COLUMNA DE AGUA	119
8.2	SEDIMENTOS SUBMAREALES.....	119
8.3	COMUNIDAD SUBMAREAL DE SUSTRATO BLANDO	121
8.4	MAMÍFEROS MARINOS	123
9	ANEXO	129
9.1	AUTORIZACIÓN SHOA	129
9.2	CERTIFICADOS DE LABORATORIO.....	133

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0		2
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

9.3	CERTIFICADOS CALIBRACIÓN DE CTD	134
9.4	REGISTROS DE TERRENO.....	139
9.5	DATOS CTD	143
9.6	RESOLUCIÓN DE AUTORIZACIÓN COMO ENTIDAD TÉCNICA DE FISCALIZACIÓN AMBIENTAL	148
9.7	PROFESIONALES RESPONSABLES.....	153

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		3
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

1 RESUMEN

Por intermedio del presente Informe Técnico, se exponen los resultados obtenidos durante el Monitoreo Semestral N° 02 del Medio Marino de la Fase de Operación del “Proyecto de Modernización del Puerto de Coquimbo” de la empresa Terminal Puerto Coquimbo S.A. (9 ° monitoreo total del Proyecto), cumpliendo con lo comprometido en la Resolución Exenta N°71, de fecha 25 de mayo de 2020, de la Comisión de Evaluación Ambiental de la Región de Coquimbo. A continuación, y a modo de resumen, se presentan los principales resultados obtenidos del referido monitoreo:

La evaluación de las variables físico-químicas de la **Columna de Agua** del sector portuario de bahía Coquimbo, indicó condiciones típicas de ecosistemas costeros del norte de Chile y de la época invernal, sin registrarse perturbaciones en los parámetros evaluados. La transparencia de la columna de agua fue variable tanto en el área de influencia del proyecto como en aquellas estaciones definidas como control, presentando visibilidades que se encontraron entre bajas y altas, siendo esperable para los periodos de invierno donde se encuentran una gran cantidad de sustancias y partículas suspendidas en la columna de agua. Por otra parte, la temperatura superficial del mar (TSM) fue estable en el área examinada, sin embargo, se obtuvo un promedio más bajo al ser comparado con el registro histórico del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA), esto debido a la ocurrencia de un evento de escala global que generó disminución de la temperatura de aguas subsuperficiales del Pacífico entre marzo y julio de 2024. Durante esta campaña invernal se observaron leves diferencias entre aguas superficiales y de fondo, sin registrarse el desarrollo de termoclinas en ninguna de las estaciones evaluadas. En cuanto a la salinidad, este parámetro fue estable entre estaciones, manteniéndose dentro de los rangos informados para la franja costera de Coquimbo. El oxígeno disuelto también fue estable, alcanzando mayores concentraciones en superficie las que disminuyeron en función de la profundidad, observándose aguas bien ventiladas y mezcladas, sin detectarse estratificación en ninguno de los sitios de muestreo. Con relación al pH, es importante indicar que este parámetro fue estable entre estaciones, sin embargo, presentó magnitudes un tanto elevadas, mayores a las descritas para ecosistemas marinos.

Durante este Programa de Vigilancia Ambiental, se analizaron en las aguas marinas ocho elementos metálicos y metaloides; arsénico, cadmio, cinc, cobre, mercurio, níquel, plomo y vanadio, donde sólo el mercurio se mantuvo bajo el límite de detección analítico, tanto en su fase disuelta como total. Elementos como el arsénico, cobre, níquel y vanadio fueron cuantificados en toda el área de estudio, en tanto, el cadmio, cinc y plomo, presentaron una ocurrencia esporádica en bahía Coquimbo. Es importante mencionar que se observaron elevadas proporciones de elementos en su fase disuelta, a excepción del cinc, elemento metálico que presentó mayores concentraciones en su fracción particulada. Por otro lado, el registro histórico reveló que la mayoría de los elementos evaluados se encontraron dentro de los rangos obtenidos, excepto el arsénico, el cobre y el vanadio que alcanzaron las concentraciones más elevadas desde el estudio de línea base en 2016, lo que pudo deberse a un evento de escala local, encontrándose también evidencia de aumentos de arsénico y ligeramente de vanadio en la matriz sedimentaria,

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		4
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

de acuerdo con anterior se sugiere evaluar cuidadosamente el comportamiento de estos elementos en las próximas campañas.

Tanto los hidrocarburos totales (HT) como los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) presentaron valores bajo el límite de detección de sus respectivas técnicas analíticas en todas las estaciones examinadas en esta campaña de invierno, indicando que el sector portuario de bahía Coquimbo no presentó alteraciones por la ocurrencia de estos compuestos orgánicos en el agua de mar. Por otra parte, los sólidos suspendidos totales (SST) fueron cuantificados en todas las estaciones, incluyendo a aquellas definidas como control, registrando mayores concentraciones en aguas de fondo. En cuanto a sus distribuciones, estas fueron altamente variable entre los sitios de muestreo. En las estaciones control se observaron rangos similares a los del área de influencia del proyecto. Finalmente, el registro histórico indicó que los resultados obtenidos en esta campaña se mantuvieron dentro de la variabilidad temporal de este parámetro.

En cuanto al análisis de los **Sedimentos Submareales** en la zona de influencia del proyecto, estuvo marcada por el predominio de limo/arcilla, mostrando una alta correspondencia entre las fracciones dominantes y medias en la mayoría de las estaciones, tanto de interés como control. La desviación estándar inclusiva indicó distribuciones mayormente mal clasificadas, mientras que la asimetría presentó variaciones desde excesos de gruesos a alto exceso de finos, con curtosis que variaba desde platicúrticas hasta muy leptocúrticas. Estos resultados sugieren un ambiente costero protegido, caracterizado por la deposición de material fino y baja energía de transporte, con una tendencia hacia la reducción en el tamaño de las partículas en esta campaña invernal, en contraste con campañas anteriores donde predominaron arenas finas a gruesas.

Los análisis químicos en los sedimentos submareales mostraron concentraciones cuantificables de todos los metales y metaloides, excepto el mercurio, el cual se mantuvo bajo el límite de detección analítico. En general, las distribuciones de estos elementos presentaron coeficientes de variaciones que oscilaron ampliamente, desde valores muy estables hasta altamente variables, sin mostrar una tendencia clara en el sector portuario de la bahía Coquimbo. Por su parte, dos de las estaciones control mostraron las concentraciones más bajas entre todos los sitios evaluados, mientras que solo una de ellas mantuvo niveles similares a los de los sitios de interés. Además, se destacó que, en general, los mayores enriquecimientos de estos elementos se observaron en los sitios CQ-1 y CQ-5. Lo que concierne al análisis histórico, la mayoría de los parámetros se mantuvieron dentro de los rangos previamente documentados. Sin embargo, el arsénico destacó con un incremento, alcanzando su máxima concentración desde el inicio del PVA, seguido de un leve aumento del vanadio en una estación específica, marcando un nuevo máximo histórico.

Lo que respecta a las mediciones *in situ* efectuadas en época invernal, revelaron un ambiente bien oxigenado en el área de estudio, con un pH estable y acorde a rangos normales para sedimentos marinos de acuerdo con la literatura, y, un predominio de condiciones oxidativas en la mayoría de las estaciones. Estos resultados sugieren un ambiente sedimentario saludable y estable en la zona portuaria de Coquimbo.

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		5
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

Los niveles de aceites y grasas en los sedimentos submareales estuvieron mayormente por debajo del límite de detección analítico, con la excepción de dos estaciones donde se detectaron valores, ninguno de los cuales superó los 24 mg/kg. Por su parte, los hidrocarburos aromáticos policíclicos se mantuvieron en su totalidad bajo el límite de detección. Estos resultados sugieren que no existiría alteración por estos compuestos en los sedimentos submareales de bahía Coquimbo, siendo coherente con el registro histórico de estos parámetros durante la implementación de este Programa de Vigilancia Ambiental (PVA). Por otro lado, el carbono orgánico total presentó una distribución variable pero dentro de rangos históricos. Los resultados de esta campaña invernal son consistentes con los datos previos del PVA.

En cuanto a la **Comunidad Submareal de Sustrato Blando**, esta estuvo compuesta por 35 taxa, mayoritariamente de especies o categorías supraespecíficas de poliquetos. Sin embargo, a nivel específico, la almeja *Nucula pismus* y el crustáceo *Pinnixa valdiviensis* fueron los organismos más abundantes en el área prospectada, destacando, sobre todo, la agregación de esta última especie en la estación CQ-12 (referencial). En cuanto a los índices ecológicos, la riqueza específica por estación de muestreo anotó un promedio de 13 taxa, tanto en el área de influencia del Terminal Puerto de Coquimbo y los sitios referenciales, lo que representa un aumento del 30 % de lo documentado en verano de este mismo año. Esta baja variación entre estaciones también se observó para la equidad, dominancia y diversidad específica, con valores altos para la primera (concordante con los bajos valores de dominancia determinados), lo que muestra un bajo impacto de las agregaciones de *N. pismus*, lo que impactó en la determinación de diversidades moderadas en el área, índice que exhibió un leve aumento respecto del anterior monitoreo (11 %). Mientras que estos valores estuvieron asociados a bajos niveles de perturbación ambiental, la mayor presencia de especies habituadas a vivir en ambientes eutróficos en la estación CQ-12 sugiere que este sector se encontraría, a lo menos, moderadamente desbalanceado. Por su parte, los análisis multivariados mostraron que las estaciones en el área de influencia fueron significativamente diferentes a las estaciones referenciales, destacando que tal como en la anterior campaña, CQ-10 fue significativamente distinta a todas (independiente de la ubicación) en términos de su estructura comunitaria; además, y tal como lo que se ha observado previamente en el marco del Programa de Vigilancia Ambiental, la presente campaña invernal fue substancialmente distinta a la mayoría de las campañas anteriores, ajustándose a un patrón temporal de invierno/verano, típico para la región de Coquimbo.

Finalmente, en relación con los **Mamíferos Marinos** observados durante el presente monitoreo semestral, en esta oportunidad se logró registrar la presencia de solo una especie de mamífero marino, correspondiente al pinnípedo *Otaria byronia* (lobo marino común).

El avistamiento terrestre, mostró ausencia de registros de cetáceos, mustélidos y pinnípedos en las estaciones de estudio, tanto vivos, como muertos, así como la ausencia de vestigios (e.g. fecas, huellas, restos óseos) en el sector de interés. En tanto, durante el transecto de navegación, se contabilizaron 14 ejemplares en total de *O. byronia*, equivalente a una abundancia relativa de 8,8 ind/Eth y una densidad total de 3,83 ind/km². Los ejemplares del lobo marino común pudieron ser avistados principalmente en la zona del Puerto de Coquimbo en actividad de reposo (9 ejemplares

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		6
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

en total), mientras que, 1 ejemplar de *O. byronia* fue identificado en el sector del islote Punta Tortuga (reposo), en tanto, los restantes 11 ejemplares se avistaron nadando, mayoritariamente en las inmediaciones del Puerto de Coquimbo.

La composición etaria (adultos) y de sexo (machos principalmente) del lobo marino común en el área, esta reveló que los roqueríos del sector (en torno al Puerto de Coquimbo, así como en el islote Punta Tortuga y sus alrededores) estarían siendo utilizados como paradero en la presente temporada. Aunque no fueron reportados cetáceos ni mustélidos –*Lontra felina* en específico– en el presente monitoreo, no se descarta que estos animales recorran el sector en busca de alimento y/o descanso.

El análisis temporal del avistamiento por mar ha revelado una marcada disminución de *O. byronia* en los tres últimos monitoreos (invierno 2023, verano 2024 e invierno 2024) en el área, principalmente en el sector de islote Punta Tortuga. Al respecto, las disminuciones durante los monitoreos 7 y 8 podrían relacionarse con la fiebre aviar ocurrida en las costas chilenas durante el año 2023, además de sobreponerse al Niño presente entre junio 2023 y abril 2024 afectando el último periodo reproductivo (verano 2024) y por consiguiente su presencia en el actual monitoreo (invierno 2024).

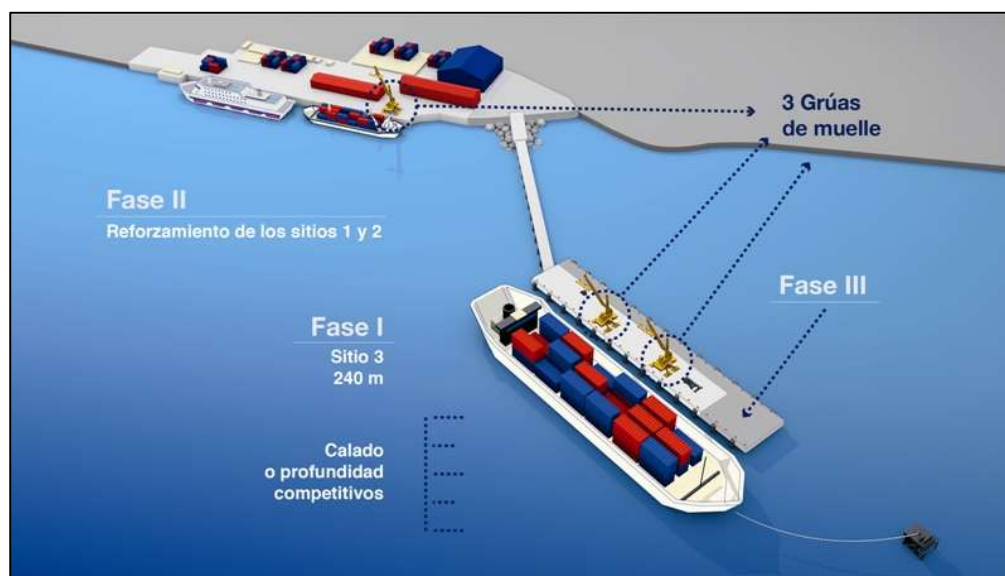
	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	7
		Fecha de emisión: 02-09-2024	

Elaborado por:
Ecotecnos S.A.

2 INTRODUCCIÓN

El presente informe técnico corresponde al Monitoreo N° 2 de la Fase de Operación del Programa de Vigilancia Ambiental (PVA) (9 ° monitoreo total del Proyecto) del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) “Proyecto Modernización Puerto de Coquimbo” de la empresa Terminal Puerto de Coquimbo S.A. (en adelante, simplemente, “TPC” o “TPC S.A.”), de conformidad con lo comprometido en la Resolución Exenta N°71, de fecha 25 de mayo de 2020, de la Comisión de Evaluación Ambiental de la Región de Coquimbo que lo calificó ambientalmente favorable.

El referido Proyecto, cuyo titular es TPC S.A., permitirá construir un nuevo muelle multipropósito, al norte del Sitio de Atraque N° 2, que considera habilitar los nuevos Sitios de Atraque N° 3 y N° 4, considerando un puente de acceso desde/hacia el nuevo muelle multipropósito y postes de amarre (dos por cada sitio de atraque). A su vez, se contempla la habilitación de pavimentos en la zona norte, que corresponden al mejoramiento de terreno y obras de pavimentación (adocreto) necesarios para la circulación de vehículos propios de la actividad portuaria (Tabla 2.1).



Fuente: Terminal Puerto de Coquimbo S.A.

Tabla 2.1. Imagen referencial del “Proyecto Modernización Puerto de Coquimbo”. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

En este sentido, el presente monitoreo N° 2 de la fase de operación del Proyecto, ha contemplado la caracterización, desde un punto de vista físico y químico, de las condiciones ambientales de la columna de agua, como así también, las condiciones granulométricas y de la calidad química de los sedimentos submareales, conjuntamente, con el estudio de las comunidades macrobentónicas submareales de sustrato blando o arenoso (infauna) y el avistamiento de mamíferos marinos.

 ecotecnos CONSULTORES AMBIENTALES	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		8
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

El presente informe fue elaborado siguiendo las directrices señaladas en la Resolución Exenta N° 223 de la Superintendencia del Medio Ambiente (Ministerio del Medio Ambiente), emitida el 26 de marzo de 2015 y publicada en el Diario Oficial el 15 de abril del mismo año, que *“Dicta las instrucciones generales sobre la elaboración del plan de seguimiento de variables ambientales, los informes de seguimiento ambiental y la remisión de información al sistema electrónico de seguimiento ambiental”*.

2.1 COMPONENTES AMBIENTALES

En virtud de lo expuesto anteriormente, el presente Programa de Vigilancia Ambiental contempló la evaluación de la columna de agua, sedimentos submareales, comunidades macrobentónicas submareales de sustrato o fondo blando y mamíferos marinos (estas dos últimas, conforman la componente Biodiversidad).

2.2 VARIABLES Y PARÁMETROS AMBIENTALES

Las variables ambientales evaluadas, de acuerdo con los objetivos establecidos en el Programa de Vigilancia Ambiental comprometido en el EIA “Proyecto Modernización Puerto de Coquimbo”, son las siguientes:

Componente ambiental	AGUA
Subcomponente ambiental	AGUAS MARINAS
Variable ambiental	CALIDAD DE AGUA
Parámetros	TEMPERATURA SALINIDAD OXÍGENO DISUELTO PH TRANSPARENCIA (SECCHI) SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES HIDROCARBUROS AROMÁTICO POLICÍCLICO (HAP) HIDROCARBUROS TOTALES ARSÉNICO DISUELTO ARSÉNICO TOTAL CADMIO DISUELTO CADMIO TOTAL CINC DISUELTO CINC TOTAL COBRE DISUELTO COBRE TOTAL PLOMO DISUELTO PLOMO TOTAL MERCURIO DISUELTO MERCURIO TOTAL NÍQUEL DISUELTO NÍQUEL TOTAL VANADIO DISUELTO VANADIO TOTAL

Fuente: Ecotecnos

 ecotecnos. CONSULTORES AMBIENTALES	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		9
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

Componente ambiental	AGUA
Subcomponente ambiental	AGUAS MARINAS
Variable ambiental	CALIDAD DEL SEDIMENTO MARINO SUBMAREAL
Parámetros	GRANULOMETRÍA CARBONO ORGÁNICO TOTAL HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS ACEITES Y GRASAS PH POTENCIAL REDOX ARSÉNICO CADMIO CINC COBRE PLOMO MERCURIO NÍQUEL VANADIO
Componente ambiental	BIODIVERSIDAD
Subcomponente ambiental	FAUNA ACUÁTICA
Variable ambiental	COMUNIDAD SUBMAREAL DE SUSTRATO BLANDO
Parámetros	ABUNDANCIA BIOMASA DIVERSIDAD ESPECÍFICA EQUIDAD/UNIFORMIDAD RIQUEZA ESPECÍFICA DOMINANCIA
Componente ambiental	BIODIVERSIDAD
Subcomponente ambiental	FAUNA ACUÁTICA
Variable ambiental	MAMÍFEROS MARINOS
Parámetros	DIVERSIDAD (RIQUEZA) ABUNDANCIA

Fuente: Ecotecnos

2.3 PERÍODO DE MONITOREO

El presente informe corresponde al monitoreo N° 2 de la fase operación del Programa de Vigilancia Ambiental del Proyecto Modernización Puerto de Coquimbo, realizado el segundo semestre del año 2024, y cuya frecuencia se encuentra establecida como semestral.

2.4 RESOLUCIÓN DE CALIFICACIÓN AMBIENTAL

El presente Programa de Vigilancia Ambiental para el Proyecto “Modernización Puerto de Coquimbo” de TPC S.A., cumple con lo dispuesto en la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) promulgada por la Resolución Exenta N°71, de fecha 25 de mayo de 2020, de la Comisión de Evaluación Ambiental de la Región de Coquimbo (en adelante, “RCA N° 71”).

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		10
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

El presente monitoreo ambiental marino fue efectuado, según los lineamientos establecidos en el Anexo N° 9.1 del EIA; numeral 1 del capítulo VI, Anexos 18 y 19 ambos de la Adenda del EIA, Adenda Complementaria del EIA “Proyecto Modernización Puerto de Coquimbo” de TPC S.A. y de conformidad a lo dispuesto en la RCA del ya individualizado proyecto, promulgada por la Resolución Exenta N°71, de fecha 25 de mayo de 2020, de la Comisión de Evaluación Ambiental de la Región de Coquimbo (RCA N°71).

2.5 IDENTIFICACIÓN DE LAS INSTITUCIONES Y/O EQUIPOS DE TRABAJO

La recolección de las muestras y datos para el monitoreo fue realizada los días 09 y 10 de julio del 2024, frente al área del Puerto de Coquimbo, como en los sectores norte y sur de la bahía de Coquimbo. Todas las observaciones *in situ* (mamíferos marinos) y la recolección de muestras marinas (aguas, sedimentos y biota) fueron efectuadas por personal técnico de ECOTECNOS S.A., empresa consultora ubicada en Limache 3405, Oficina 31, Viña del Mar, y autorizada como ETFA (código ETFA 045-01) por la Resolución Exenta N° 1248 de la Superintendencia de Medio Ambiente, del 09 de junio de 2021. Los alcances de la ETFA son los señalados en la mencionada resolución (adjunto en Anexo 9.6).

Las muestras recolectadas para el análisis de parámetros químicos fueron despachadas a los laboratorios de SGS Santiago Chile, siendo externalizados algunos análisis al laboratorio AGQ Chile, los que cuentan con sus respectivas acreditaciones NCh-ISO 17.025/2001, de acuerdo con los alcances que estas se encuentran acreditadas ante la SMA (los que se acompañan en un Anexo digital).

El inspector ambiental que certifica el presente monitoreo es Alejandra Castro Monsalve (código IA 10.951.675-9), quien ha certificado y ha dado fe de la ejecución del monitoreo aquí descrito y discutido.

Para efectos de la ejecución material del presente monitoreo, se contó con la autorización para efectuar actividades de investigación marítima y tecnológica en aguas sometidas a la jurisdicción nacional, mediante la Resolución SHOA Ordinario N°13.270/24/1267/Vrs, de fecha 04 de agosto del 2023 (adjunto en Anexo 9.1).

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		11
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

3 OBJETIVOS

El presente monitoreo tiene como principal objetivo efectuar un seguimiento de las variables ambientales marinas comprometidas en el marco del Estudio de Impacto Ambiental del “Proyecto Modernización Puerto de Coquimbo” de la empresa Terminal Puerto Coquimbo S.A.

Conforme al descrito propósito, se establecieron los siguientes objetivos específicos:

- Caracterizar las propiedades físicas de la columna de agua marina del área de monitoreo.
- Caracterizar la condición granulométrica y química de los sedimentos submareales del área de monitoreo.
- Caracterizar las condiciones biológicas del área del proyecto, en términos de la comunidad macrobentónica submareal de sustrato blando y de los mamíferos marinos que habitan en sus alrededores.
- Contrastar los resultados de las variables químicas de la columna de agua, de los sedimentos y de las comunidades biológicas, con los registros obtenidos en la línea de base ambiental efectuada en el año 2016.

4 MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDIO

Las coordenadas geográficas de las estaciones de monitoreo contempladas durante la presente etapa previa a la fase de operación se detallan en la Tabla 4.1 (asociadas respectivamente a cada una de las matrices ambientales evaluadas).

La ubicación de las estaciones y transectas de muestreo, se efectuó mediante el empleo de receptores satelitales (GARMIN®), asistidos por el Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Las coordenadas de cada estación fueron georreferenciadas al Datum Geodésico WGS-84, Huso 19 (Figura 4.1, Figura 4.2).

La ubicación de las estaciones para cada una de las matrices correspondió a las establecidas en la RCA N° 71, del 25 de mayo de 2020, de la Comisión de Evaluación Ambiental de la Región de Coquimbo, que aprobó ambientalmente el EIA “Proyecto Modernización Puerto de Coquimbo”.

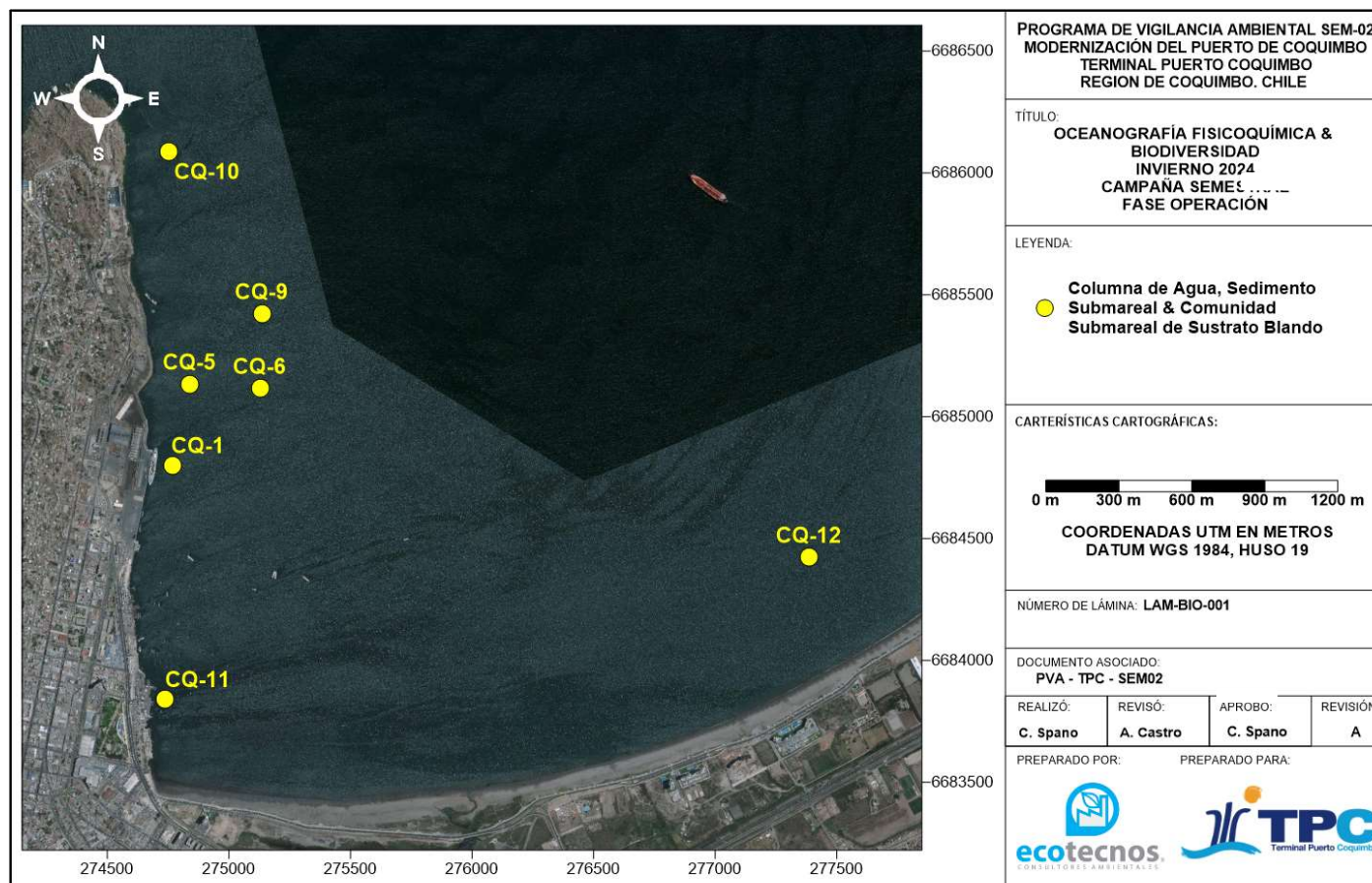
Tabla 4.1. Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

Variable ambiental	Estación	Coordenadas UTM (m)	
		Este	Norte
Columna de Agua, Sedimento Submareal y Comunidad Submareal de Sustrato Blando	CQ-1	274.769	6.684.799
	CQ-5	274.839	6.685.133
	CQ-6	275.128	6.685.116
	CQ-9	275.136	6.685.422
	CQ-10 ^C	274.752	6.686.088
	CQ-11 ^C	274.738	6.683.840
Mamíferos Marinos (por tierra)	CQ-12 ^C	277.386	6.684.423
	CQ-1	274.646	6.684.661
	CQ-3	274.651	6.684.998
Mamíferos Marinos (por mar)	CQ-5	274.660	6.685.394
	Inicio -Término	274.682	6.683.936

Fuente: Ecotecnos

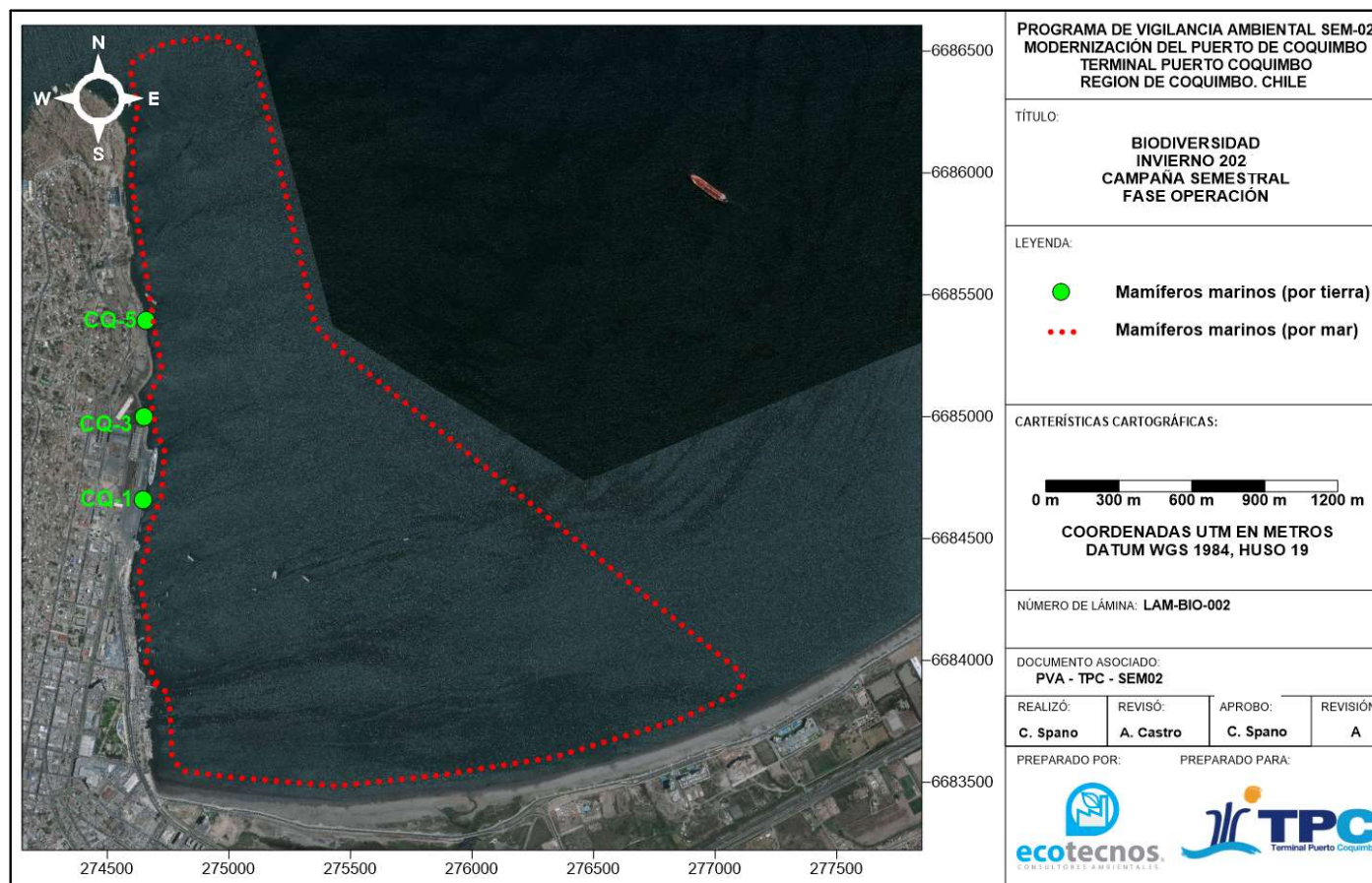
WGS-84, Huso 19K

^C: Estación de referencia (control)



Fuente: Ecotecnos
Datum WGS-84, Zona 19K

Figura 4.1. Área de estudio y ubicación de las estaciones de muestreo utilizadas en la caracterización de la columna de agua, mediciones *in situ*, sedimentos y comunidad submareal de sustrato blando. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.



Fuente: Ecotecnos
Datum WGS-84, Zona 19K

Figura 4.2. Área de estudio y ubicación de los puntos de avistamiento utilizados para la caracterización de los mamíferos marinos. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

4.2 CALENDARIO DE ACTIVIDADES DE TERRENO

Las actividades de muestreo y mediciones *in situ* del Monitoreo Semestral N°02 de la Fase de Operación, fueron realizadas los días 09 y 10 de julio de 2024.

Tabla 4.2. Detalle de las actividades de terreno. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

Fecha	Actividad
08/07/2024	Traslado de profesionales y técnicos al área de monitoreo.
09/07/2024	Presentación ante la Autoridad Marítima local para solicitar permiso de zarpe y preparación de material.
	Avistamiento de mamíferos marinos por mar (transecto marítimo).
10/07/2024	Presentación ante la Autoridad Marítima local para solicitar permiso de zarpe y avistamiento de mamíferos marinos por tierra, recolección de muestras de agua, sedimentos submareales, macrofauna submareal y mediciones directas de CTDO en la red de estaciones de monitoreo.
	Término de actividades y despacho de las muestras a los respectivos laboratorios.

Fuente: Ecotecnos

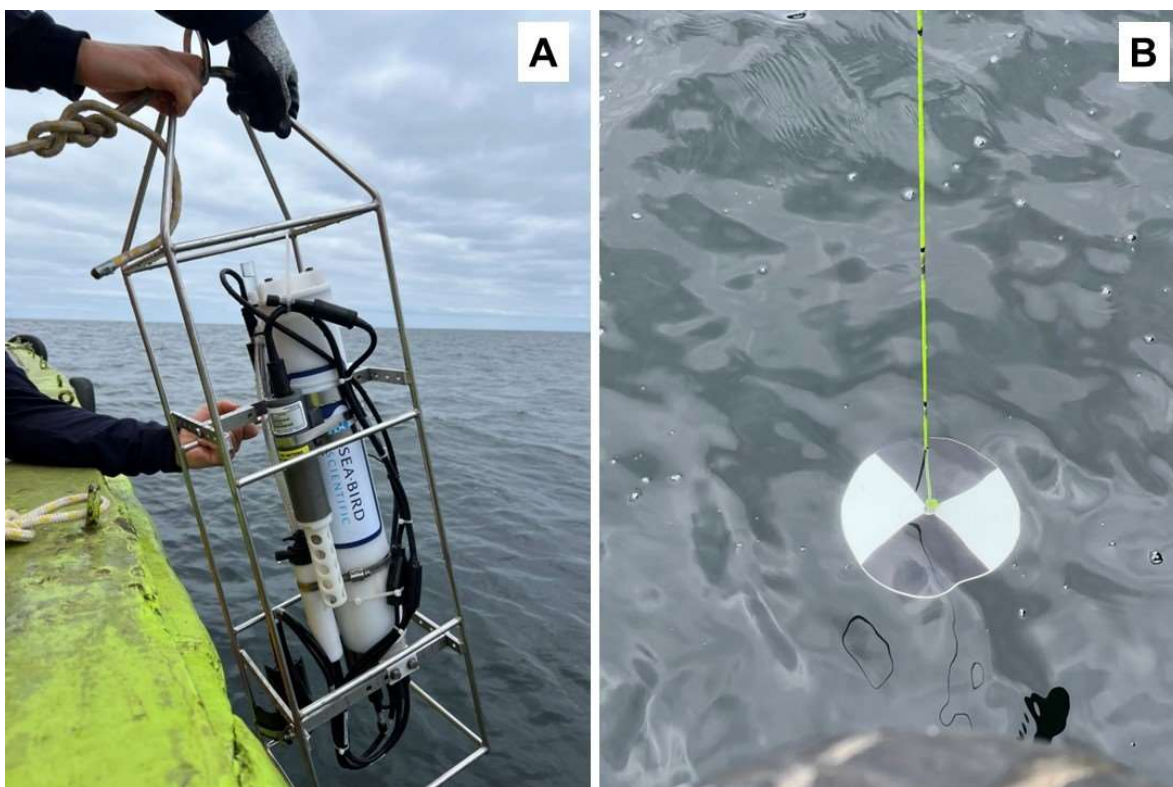
4.3 METODOLOGÍA

4.3.1 COLUMNA DE AGUA

4.3.1.1 Mediciones *in situ* y caracterización de la columna de agua

Los parámetros de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en la columna de agua fueron medidos *in situ* en las siete estaciones consideradas en el presente estudio. Las mediciones de temperatura, oxígeno disuelto y salinidad se realizaron con un equipo perfilador marca SEA-BIRD SCIENTIFIC modelo 19plus V2 SEACAT, el cual mide la conductividad, temperatura, presión y, además, se encuentra equipado con sensores auxiliares para la medición de oxígeno disuelto (OD), turbidez, fluorescencia y pH (Fotografía 4.1 A). En cada estación de monitoreo, el equipo perfilador fue estabilizado con la temperatura del agua, sumergiéndolo superficialmente por el lapso de un minuto. Posteriormente, se procedió a sumergirlo a una rapidez aproximada de 1 m/s, hasta el fondo marino, a continuación, fue izado hasta la superficie y retirado del agua. Los registros de cada uno de los parámetros fueron almacenados en la memoria del equipo y más tarde transferidos a un computador portátil. Los resultados de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto se presentan como perfiles verticales para cada estación.

La transparencia de la columna de agua fue estimada mediante un disco Secchi (Fotografía 4.1.B). La profundidad de penetración de la luz solar correspondió a la profundidad máxima de observación visual de este instrumento desde la embarcación.



Fuente: Ecotecnos

Fotografía 4.1. Imagen referencial de (A) Equipo CTD utilizado en las mediciones oceanográficas; (B) Medición de la transparencia utilizando disco Secchi. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

La información obtenida mediante el CTD fue filtrada mediante interpolación lineal de cada una de las variables obtenidas. El listado de los resultados de CTD se detalla en el Anexo 9.5. Los resultados obtenidos *in situ* y de laboratorio, fueron presentados en tablas y gráficos para describir patrones o tendencias en su distribución espacial.

La recolección de muestras para el análisis de parámetros químicos se realizó en las mismas siete estaciones, mediante una botella de muestreo oceanográfico, marca General Oceanics®, modelo Niskin, de 5 L de capacidad (Fotografía 4.2). Los estratos de muestreo fueron: superficial (0,5 m) y fondo (a 1 m del fondo marino).

La estrategia de muestreo de la columna de agua requiere que, previo a la toma de muestras, el equipo sea acondicionado (ambientado) durante 1 minuto a la profundidad de muestreo. Posteriormente, cada muestra fue trasvasiada a sus respectivos envases (e.g., vidrio transparente, vidrio ámbar y/o polietileno de alta densidad), siguiendo los procedimientos recomendados por la *United Nations Environment Programme* (UNEP 1984), NCh. 411/2 Of. 96 “Calidad del agua – Muestreo – Parte 2: Guía sobre técnicas de muestreo” y NCh. 411/9 Of. 97 “Calidad del agua – Muestreo – Parte 9: Guía para el muestreo de aguas marinas”.

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		17
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

La recolección, preservación, tratamiento y análisis de las muestras de agua se realizó con acuerdo a las especificaciones recomendadas por el Servicio de Preservación del Medio Ambiente Acuático de la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante. Las muestras obtenidas para análisis fueron rotuladas y enviadas al laboratorio SGS ubicado en Santiago, Chile.



Fuente: Ecotecnos

Fotografía 4.2. Imagen referencial de la obtención de muestras de la columna de agua a través de una botella modelo Niskin. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

4.3.1.2 Análisis de Laboratorio

La metodología de análisis de los parámetros químicos y mediciones *in situ* en la columna de agua, se presentan en la Tabla 4.3; mientras que, los Certificados de Laboratorio son presentados en el Anexo 9.2, documento digital adjunto al presente informe técnico.

Tabla 4.3. Metodología y/o técnica analítica, junto a límites de detección de los parámetros analizados para la caracterización de la columna de agua. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

Parámetro	LD	Método y/o técnica analítica	Laboratorio
Oxígeno disuelto	0,0001 mg/L	Galvanometría, CTD	Ecotecnos
pH	0,0001	Potenciometría, CTD	Ecotecnos
Conductividad	0,0001 mS/cm	Conductimetría, CTD	Ecotecnos
Salinidad	0,0001 p.s.u	TEOS-10 (2009) [1]. CTD	Ecotecnos
Temperatura	0,0001 °C	Termometría, CTD	Ecotecnos
Transparencia	0,25 m	Disco Secchi	Ecotecnos
Arsénico Disuelto	0,0003 mg/L	SM 3030 B, EPA 200.8, EPA 6020B, ISO 17294-2, SM 3125 B. ICP-MS	SGS
Arsénico Total	0,0003 mg/L	EPA 200.8, EPA 6020B, ISO 17294-2, SM 3125 B. ICP-MS	SGS
Cadmio Disuelto	0,0001 mg/L	SM 3030 B, EPA 200.8, EPA 6020B, ISO 17294-2, SM 3125 B. ICP-MS	SGS
Cadmio Total	0,0001 mg/L	EPA 200.8, EPA 6020B, ISO 17294-2, SM 3125 B. ICP-MS	SGS
Cinc Disuelto	0,0005 mg/L	SM 3030 B, EPA 200.8, EPA 6020B, ISO 17294-2, SM 3125 B. ICP-MS	SGS
Cinc Total	0,0005 mg/L	EPA 200.8, EPA 6020B, ISO 17294-2, SM 3125 B. ICP-MS	SGS
Cobre Disuelto	0,0002 mg/L	SM 3030 B, EPA 200.8, EPA 6020B, ISO 17294-2, SM 3125 B. ICP-MS	SGS
Cobre Total	0,0002 mg/L	EPA 200.8, EPA 6020B, ISO 17294-2, SM 3125 B. ICP-MS	SGS
Mercurio Disuelto	0,0004 mg/L	SM 3112B	SGS
Mercurio Total	0,0004 mg/L	SM 3030 B, SM 3112 B	SGS
Níquel Disuelto	0,0005 mg/L	SM 3030 B, EPA 200.8, EPA 6020B, ISO 17294-2, SM 3125 B. ICP-MS	SGS
Níquel Total	0,0005 mg/L	EPA 200.8, EPA 6020B, ISO 17294-2, SM 3125 B. ICP-MS	SGS
Plomo Disuelto	0,0002 mg/L	SM 3030 B, EPA 200.8, EPA 6020B, ISO 17294-2, SM 3125 B. ICP-MS	SGS
Plomo Total	0,0002 mg/L	EPA 200.8, EPA 6020B, ISO 17294-2, SM 3125 B. ICP-MS	SGS
Vanadio Disuelto	0,0002 mg/L	SM 3030 B, EPA 200.8, EPA 6020B, ISO 17294-2, SM 3125 B. ICP-MS	SGS
Vanadio Total	0,0002 mg/L	EPA 200.8, EPA 6020B, ISO 17294-2, SM 3125 B. ICP-MS	SGS
HT	2 mg/L	SM 5520 F, NCh 2313-7 (Cálculo)	SGS
HAP	0,05 µg/L	Banjoo D.R. & P.K. Nelson, 2005. GC-MS	SGS
SST	1 mg/L	SM 2540 D	SGS

Fuente: Ecotecnos

LD: Límite de detección

HT: Hidrocarburos totales; HAP: Hidrocarburos aromáticos policíclicos; SST: Sólidos suspendidos totales. SM: *Standard Methods* 23 Ed, 2017; EPA: *Environmental Protection Agency*; ICP-MS: Espectrometría de masas por plasma acoplado inductivamente; NCh: Norma Chilena; ISO: *International Organization for Standardization*; GC-MS: Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masa

¹ Calculada a partir de la conductividad, la temperatura y la presión de acuerdo con la Comisión Intergubernamental de Oceanografía; TEOS-10 (2009)

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		19
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

Para todos los parámetros evaluados durante este Programa de Vigilancia Ambiental se contrastó la información científica y oceanográfica disponible con los resultados obtenidos en esta campaña.

4.3.2 SEDIMENTOS SUBMAREALES

4.3.2.1 Recolección de Muestras

Los sedimentos submareales fueron obtenidos en siete estaciones de muestreo, las mismas consideradas en el estudio de columna de agua. Las muestras de sedimentos submareales fueron recolectadas mediante una draga Van Veen de 0,1 m² de cobertura (Fotografía 4.3). Una vez a bordo de la embarcación, cada muestra fue envasada y rotulada con un código de identificación y se midió el pH y potencial de óxido reducción mediante un equipo WTW-3110 (SN:23450225) equipado con un electrodo Sentix ORP especializado en la medición de potencial electroquímico en suelos y lodos. Posteriormente, fueron mantenidas en refrigeración constante dentro de contenedores termoaislantes. Las muestras fueron enviadas a los laboratorios de SGS Chile para sus análisis. Las metodologías de análisis de los parámetros químicos en sedimentos marinos son presentadas en la Tabla 4.5. Los Certificados de Laboratorio, se encuentran detallados en un Anexo 9.2, documento digital adjunto al presente informe técnico.



Fuente: Ecotecnos

Fotografía 4.3. Imagen referencial de muestreo de sedimentos submareales, a través de una draga van Veen. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

4.3.2.2 Análisis Granulométrico

El análisis granulométrico de los sedimentos se efectuó, mediante el tamizaje de 100 g de sedimento en un agitador mecánico durante 15 minutos, previo secado de la muestra a 100 y 105 °C por 8 horas y la extracción de la macrofauna presente. Las fracciones retenidas en los diferentes tamices geológicos fueron pesadas por separado en una balanza analítica de precisión 0,01 gramos.

Tabla 4.4. Parámetros estadísticos, fórmulas y límites utilizados para caracterizar la granulometría de los sedimentos submareales. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

Parámetros y fórmulas	Clasificación y límites (en µm)	
Desviación estándar gráfica inclusiva		
$\sigma_G = \exp\left(\frac{\ln P_{16} - \ln P_{84}}{4} + \frac{\ln P_5 - \ln P_{95}}{6,6}\right)$	Muy bien clasificada	$\sigma_1 < 1,27$
	Bien clasificada	1,27 – 1,41
	Moderadamente bien clasificada	1,41-1,64
	Moderadamente clasificada	1,64 – 2,00
	Poco clasificada	2,00 – 4,00
	Mal clasificada	4,00 – 16,00
	Muy mal clasificada	$\sigma_1 > 16,00$
Promedio gráfico		
$M_G = \exp\frac{\ln P_{16} + \ln P_{50} + \ln P_{84}}{3}$	Grava	> 2.000
	Arena muy gruesa	2.00 – 1.00
	Arena gruesa	1.000 – 500
	Arena mediana	500 – 250
	Arena fina	250 – 125
	Arena muy fina	125 – 63
	Limo/arcilla	< 63
Asimetría gráfica inclusiva (adimensional)		
$Sk_G = \frac{\ln P_{16} + \ln P_{84} - 2(\ln P_{50})}{2(\ln P_{84} - \ln P_{16})} + \frac{\ln P_5 + \ln P_{95} - 2(\ln P_{50})}{2(\ln P_{95} - \ln P_5)}$	Alto exceso de gruesos	+1,00 – +0,30
	Exceso de gruesos	+0,30 – +0,10
	Simétrica	-0,10 – +0,10
	Exceso de finos	-0,10 – -0,30
	Alto exceso de finos	-0,30 – -1,00
Curtosis (adimensional)		
$K_g = \frac{\ln P_5 - \ln P_{95}}{2,44(\ln P_{25} - \ln P_{75})}$	Muy platicúrtica	<0,67
	Platicúrtica	0,67 – 0,90
	Mesocúrtica	0,90 – 1,11
	Leptocúrtica	1,11 – 1,50
	Muy leptocúrtica	1,50 – 3,00
	Extremadamente leptocúrtica	>3,00

Fuente: Folk y Ward (1957)

Pn, corresponde al percentil n (donde n = 5, 16, 25, 50, 75, 84 o 95).

Los tipos sedimentarios fueron clasificados de acuerdo con la escala de Wentworth (1922) y los estadígrafos fueron calculados de acuerdo con Folk & Ward (1957), haciendo uso del programa GRADISTAT® (Blott & Pye 2001). La metodología de Folk & Ward (1957), considera cuatro índices: promedio gráfico (M_G), sesgo o desviación

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		21
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

estándar gráfica inclusiva (σ_G), grado de simetría (SK_G) y curtosis (K_g) (Tabla 4.4). Como descriptor del valor central se utilizó la media gráfica (M_G), de acuerdo con la definición de Folk (1974), ya que entrega una mejor descripción de la fracción sedimentaria media. Por otro lado, la fracción sedimentaria dominante se estimó directamente de los resultados del análisis de tamices con escala de estándar.

Los resultados obtenidos, tanto del análisis granulométrico como de hidrocarburos totales y elementos metálicos y metaloides, fueron presentados en tablas y gráficos para describir patrones o tendencias en su distribución espacial.

4.3.2.3 Análisis Químico

Las metodologías y/o técnicas analíticas para la evaluación de los parámetros químicos analizados en los sedimentos submareales se indica en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5. Metodología y/o técnica analítica y límite de detección para los parámetros físicos y químicos medidos en los sedimentos submareales. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

Parámetro	Unidad	LD	Método y/o técnica analítica	Laboratorio
OPR	mV	0,1	Potenciometría	Ecotecnos (<i>in situ</i>)
pH	--	0,001	Potenciometría	Ecotecnos (<i>in situ</i>)
Granulometría	%	---	Res. Ex. N° 3612/2009. SUBPESCA. Numeral 25.	SGS
Arsénico	mg/kg	---	ICP-MS	AGQ
Cadmio	mg/kg	0,088	EPA 3051, EPA 6020 B, ISO 17294-2. ICP-MS	SGS
Cinc	mg/kg	1,134	EPA 3051, EPA 6020 B, ISO 17294-2. ICP-MS	SGS
Cobre	mg/kg	0,306	EPA 3051, EPA 6020 B, ISO 17294-2. ICP-MS	SGS
Mercurio	mg/kg	0,01	EPA 7471 A y B	SGS
Níquel	mg/kg	0,07	EPA 3051, EPA 6020 B, ISO 17294-2. ICP-MS	SGS
Plomo	mg/kg	---	ICP-MS	AGQ
Vanadio	mg/kg	0,142	EPA 3051, EPA 6020 B, ISO 17294-2. ICP-MS	SGS
COT	%	0,01	EPA 9060 A	SGS
HAPs	mg/kg	0,025	Banjoo, D.R & Nelson P.K, 2005 GC-MS	SGS
Aceites & Grasas	mg/kg	20	EPA 3540 C, NCh 2313/6	SGS

Fuente: Ecotecnos.

LD: Límite de detección; ORP: Potencial de óxido reducción; COT: Carbono orgánico total; HAPs: Hidrocarburos aromáticos policíclicos. ICP-MS: Espectrometría de masas por plasma acoplado inductivamente; GC-MS: cromatografía de gases con detección por espectroscopía de masas; EPA: United States Environmental Protection Agency

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		22
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

4.3.3 COMUNIDAD SUBMAREAL DE SUSTRATO BLANDO

4.3.3.1 Toma de muestras

Para la caracterización de la comunidad submareal de sustrato blando (en adelante, “macrofauna submareal”) se utilizaron las mismas siete estaciones que fueron contempladas anteriormente para el muestreo de los sedimentos submareales y columna de agua (ver Tabla 4.1; Figura 4.1). En cada una de ellas, se recolectaron dos muestras (*i.e.* una muestra y una réplica) de sedimento, mediante la misma draga Van Veen de 0,1 m² de mordida utilizada en el muestreo de sedimentos submareales (ver Fotografía 4.3). El contenido de las muestras, fueron trasvasados a bolsas de polietileno y fijados con formalina diluida al 4 % en agua de mar, etiquetados y almacenados dentro de contenedores resistentes para su posterior transporte.

Posteriormente, el material recolectado fue cernido bajo un chorro continuo de agua potable utilizando un tamiz de 0,5 mm de abertura de malla. Todo el material retenido fue transferido posteriormente a envases codificados y preservado en alcohol a un 96 %. Los organismos fueron separados del detrito, identificado y contados usando un apoyo instrumental óptico de baja magnificación. Finalmente, cada individuo fue pesado de forma directa usando una balanza analítica con un límite de detección de 0,0001 gramos.

4.3.3.2 Análisis de datos

Con los datos obtenidos por réplica se estimó el promedio de la abundancia de cada especie, expresada en individuos por metro cuadrado (ind/m²), así como su biomasa, expresada en gramos por metro cuadrado (g/m²). Además de la riqueza de especies, a cada estación se le calcularon los índices ecológicos de diversidad específica de Shannon (modificado por Lloyd *et al.* 1968), equidad de Pielou (1966) y dominancia de Simpson (1949). Complementariamente se estimó la diversidad específica máxima, correspondiente al valor de diversidad en caso de que todos los taxa encontrados fueran igualmente abundantes (Khan 2006).

- Medidas de evaluación ambiental

El grado de perturbación en la comunidad submareal fue inferido a través de dos aproximaciones independientes entre sí: el método gráfico de curvas ABC (Warwick 1986), y el índice AMBI de Borja *et al.* (2000). El primer método se basa en la medida de entrecruzamiento entre las curvas de abundancia numérica y biomasa. Mientras que esta última se suele hallar sobre el perfil de abundancia, en aquellos ensamblajes altamente perturbados, estas curvas tienden a invertirse de posición debido a la proliferación de especies oportunistas de menor tamaño (las cuales, pese a su cantidad, no suelen dominar en términos de biomasa; Clarke *et al.* 2014). El grado de entrecruzamiento entre las curvas fue cuantitativamente ponderado mediante el estadístico *W* propuesto por Clarke (1990). Según este estimador, cuando *W* tiende a 1, la curva de biomasa se sobrepone a la de abundancia, mientras que cuando *W* tiende a -1, la curva de abundancia numérica es la que yace sobre la de biomasa; lo cual, de acuerdo con Clarke *et al.* (2014), refleja en última instancia una condición de estrés ambiental.

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		23
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

El índice AMBI, por otro lado, estima la condición ambiental en función de la composición taxonómica de la macrofauna submareal. Las especies que conforman la comunidad fueron clasificadas en cinco grupos ecológicos de acuerdo con los criterios resumidos por Grall & Glémarec (1997). Al primer grupo suelen pertenecer los taxa que habitualmente priman en sectores no perturbados, mientras que en el grupo cinco se incluyen especies oportunistas de primer orden, típicamente poliquetos que dominan en sedimentos reducidos. La proporción de cada grupo fue comparada por estación de muestreo y confrontada con las medidas de biomasa de las curvas ABC. En este contexto, cabe agregar que el equipo de Medio Ambiente de la empresa Ecotecnos S.A. ha participado activamente en la implementación de este método de evaluación ambiental, en concreto, colaborando con la actualización de la lista de especies para ir incorporando los taxa más frecuentemente hallados en el submareal de sustrato blando del centro-norte a Chile.

- **Análisis multivariados**

La similitud entre estaciones de muestreo se determinó mediante un análisis de clasificación jerárquica, manteniendo un nivel de significancia del 5 % para evaluar grupos similares entre sí (prueba SIMPROF). Adicionalmente, la estructura comunitaria fue caracterizada a través de un análisis de Porcentajes de Similitud (SIMPER), y posteriormente comparada mediante un Análisis Multivariado de Escalamiento Multidimensional no Métrico (*n*MDS; Warwick & Clarke 1991). Todo esto se llevó a cabo sobre una matriz de similitud construida en base al índice de Bray-Curtis (1957), a partir de los datos de abundancia por especie transformados previamente a la raíz cuarta. Tanto los análisis univariados como multivariados fueron realizados usando el paquete estadístico PRIMER® versión 7.0.23.

4.3.3.3 Representación de los datos históricos

La fluctuación temporal de la macrofauna submareal con respecto al Estudio de Línea Base (ELB) fue evaluada a través de una comparación descriptiva de la riqueza, abundancia, biomasa y diversidad específica. Dependiendo del nivel de compatibilidad entre los registros previos con los del presente estudio (concretamente en términos del grado de identificación taxonómica alcanzada entre temporadas), las distintas campañas fueron contrastadas estadísticamente a través de un análisis de escalamiento multidimensional no métrico (*n*MDS; Warwick & Clarke 1991), un análisis de similitud (ANOSIM; Clarke *et al.* 2014) y un análisis permutacional de la varianza (PERMANOVA; Clarke & Gorley 2015); esta última específicamente destinada a evaluar, con un nivel de significancia de 5 %, si la macrofauna submareal ha experimentado cambios significativos en su composición comunitaria con respecto a lo reportado en el último tiempo.

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		24
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

4.3.4 MAMÍFEROS MARINOS

4.3.4.1 Avistamiento por Tierra

El levantamiento de mamíferos marinos por tierra en el sector costero de Puerto Coquimbo fue realizado el día 10 de julio de 2024 en horario AM.

Durante el avistamiento por tierra se utilizó el método de monitoreo de recuento por puntos con radio fijo de 150 m. En este sector fueron distribuidas tres estaciones puntuales de observación (Tabla 4.1; Figura 4.2) donde se contabilizaron e identificaron todos los mamíferos marinos que se presenten dentro del área determinada en cada estación. La ubicación de las estaciones de avistamiento se efectuó mediante el empleo de receptores satelitales (GARMIN®), asistidos por el Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Las coordenadas de cada estación fueron georreferenciadas al Datum Geodésico WGS84, Huso 19.

En el caso de encontrar mamíferos marinos (cetáceos, pinnípedos y mustélidos) vivos y/o muertos en el borde costero del sector de interés, se registrarán datos básicos, como fecha (día/mes/año), especie y hora. Para la detección de mustélidos (Chungungo), se buscó signos de ellos a través de la presencia de fecas, secreciones, restos de presa, madrigueras, rasguños y/o huellas (Foster-Turley *et al.* 1990).

4.3.4.1 Avistamiento por Mar

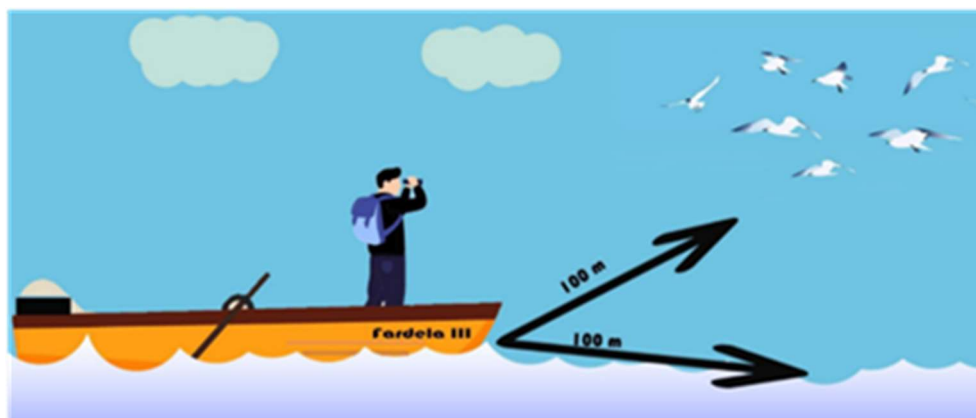
El avistamiento por mar, también, fue realizado el día 09 de julio de 2024, en horario AM. La ubicación del transecto de navegación se efectuó, mediante el empleo de receptores satelitales (GARMIN®), asistidos por el Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

En el presente estudio se consideró un día de avistamiento, con la finalidad de evaluar la presencia de especies de mamíferos en sectores rocosos y descansando en estructuras portuarias que no pudieron observarse por tierra, así como la presencia de estos alimentándose alejados de la costa. También, permite evaluar la presencia de mustélidos en roqueríos costeros más alejados de la costa, que no pueden observarse en detalle desde tierra. Además, el transecto de navegación permite registrar la presencia de cetáceos que suelen observarse nadando lejos de la costa.

Durante el transecto de navegación (Tabla 4.1; Figura 4.2) dos especialistas entrenados contabilizaron e identificaron todas las especies observadas de mamíferos marinos (cetáceos, pinnípedos y mustélidos) dentro del área determinada por el transecto de navegación. Para la identificación y cuantificación de estas especies se efectuó un conteo continuo, recorriendo 12,2 km² y un transecto por la costa de unos 6,5 km. Para ello se siguió la metodología propuesta por Tasker *et al.* (1984), definiéndose un transecto de 150 m por lado, a dos bandas, totalizando una franja de 300 m de ancho y 150 m desde la proa (Figura 4.3). Las observaciones se realizaron dentro de un radio de 90° por banda; considerando dos bandas de avistamiento (180°), lo que permitirá detectar mamíferos en áreas con baja densidad de individuos. Los mamíferos que sigan persistentemente la embarcación serán registrados sólo la primera vez, al ser detectadas.

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		25
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

Estando en el mar, se registró el estado del mar según la escala Beaufort y escala Douglas. Al momento de encontrar individuos en el mar, se registraron el número de individuos por especie, ubicación, comportamiento y clase etaria cuando fuese posible. En el caso de encontrar mamíferos marinos vivos y/o muertas, se registrarán datos básicos, como fecha, especie y hora. Para la detección de *Lontra felina*, se buscó actividad en el mar y en los roqueríos de acuerdo con las recomendaciones de Foster-Turley *et al.* (1990).



Fuente: Modificado de Tasker *et al.* (1984)

Figura 4.3. Esquema de la metodología de conteo de transecto continuo. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

4.3.4.2 Identificación de especies y presentación de datos

Todas las observaciones se realizaron a ojo desnudo, con apoyo de binoculares marca Nikon®, modelo Action Extreme 10x50 y una cámara digital marca Nikon®, modelo Powershot G3X, con aumento óptico de 25X15, con la cual fueron fotografiadas todos los ejemplares posibles.

Siguiendo a Buckland *et al.* (2001), los resultados obtenidos se expresaron en términos de abundancia relativa, para ello, se contabilizó el tiempo de observación registrando la hora de inicio y término del recorrido de avistamiento, con la finalidad de estimar la abundancia relativa según las horas de esfuerzo de observación (Ecuación 4.1).

Ecuación 4.1.

$$Ar \frac{N}{Eth} = \frac{\text{organismos}}{\text{horas}}$$

De donde:

Ar = Abundancia relativa

N = Número de organismos/individuos

Eth = Esfuerzo total en horas

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		26
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

Los resultados serán presentados según su riqueza, número de individuos, abundancia relativa (ind/Eth) y densidad (ind/km²).

Con la finalidad de realizar una comparación temporal de los avistamientos realizados, la información recopilada en el presente monitoreo será comparada con los resultados obtenidos en ELB de 2016 (campana de verano e invierno) y monitoreos realizados hasta la actualidad (verano 2024), con la finalidad de comparar la riqueza y número de individuos (abundancia). Para la identificación de las especies y revisión de su distribución se utilizaron las publicaciones de Sielfeld (1983), Larivière (1998), Jefferson *et al.* (1993), Torres *et al.* (2000), Bastidas & Rodríguez (2003), Iriarte (2008), Capella & Gibbons (2008), Boyd (2008), Muñoz & Yáñez (2009). Para los nombres científicos y vernaculares de las especies de mamíferos marinos registrados se utilizó IUCN *Red List of Threatened Species*².

Finalmente, es necesario destacar que todas las actividades desarrolladas en este estudio siguieron las disposiciones señaladas en la Ley 20.293 de 25 de octubre de 2008 del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, que protege a los cetáceos e introduce modificaciones a la Ley N° 18.892, General de Pesca y Acuicultura, sobre las observaciones de mamíferos, reptiles y aves hidrobiológicas mediante acercamiento voluntario en transporte marítimo.

4.3.4.3 Estado de Conservación

Respecto al estado de conservación de mamíferos marinos, a la fecha el Ministerio del Medio Ambiente ha promulgado el Decimonoveno Proceso de Clasificación de Especies, tanto para la flora como para la fauna chilena, a través de Decretos Supremos y publicados en el Diario Oficial.

En la Tabla 4.6 se resumen los estados de conservación de acuerdo con los Procesos de Clasificación (RCE) del Ministerio del Medio Ambiente y de IUCN (*International Union for Conservation of Nature*), como criterio extranjero.

² <https://www.iucn.org/resources/conservation-tools/iucn-red-list-threatened-species>. Visitado el 29 de agosto de 2024.

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		27
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

Tabla 4.6. Categorías de conservación de Reglamento de Clasificación de Especies (RCE) y de Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN). PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

Categoría	Descripción
Reglamento de Clasificación de Especies	
Extinta (EX)	Una especie se considera "Extinta" cuando no queda ninguna duda razonable de que el último individuo existente de dicha especie ha muerto. Las prospecciones deben ser en el área de distribución histórica de la especie (específicamente en sus hábitats conocidos y/o esperados) y en oportunidades apropiadas.
Extinta en Estado Silvestre (EW)	Cuando una especie sobrevive solo en cultivo, en cautividad o como población (o poblaciones) naturalizadas completamente fuera de su distribución original. Las prospecciones deben ser en el área de distribución histórica de la especie (específicamente en sus hábitats conocidos y/o esperados) y en oportunidades apropiadas.
En Peligro Crítico (CR)	Una especie se considera "En Peligro Crítico" cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple con alguno de los criterios establecidos por la IUCN para tal categoría, y por consiguiente, se considera que está enfrentando un riesgo extremadamente alto de extinción en estado silvestre.
En Peligro (EN)	Una especie se considera "En Peligro" cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple con alguno de los criterios establecidos por la IUCN para tal categoría, y por consiguiente, se considera que está enfrentando un riesgo muy alto de extinción en estado silvestre.
Vulnerable (VU)	Una especie se considera "Vulnerable" cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple con alguno de los criterios establecidos por la IUCN para tal categoría, y por consiguiente, se considera que está enfrentando un riesgo alto de extinción en estado silvestre.
Casi Amenazada (NT)	Una especie se considera "Casi Amenazada" cuando ha sido evaluada y no satisface, actualmente, los criterios para las categorías En Peligro Crítico, En Peligro o Vulnerable, pero está próximo a satisfacer los criterios de estos últimos, o posiblemente los satisfaga, en el futuro cercano.
Preocupación Menor (LC)	Una especie se considerará "Preocupación Menor" cuando, habiendo sido evaluada, no cumple ninguno de los criterios que definen las categorías de En Peligro Crítico, En Peligro, Vulnerable o Casi Amenazada. Se incluyen en esta categoría especies abundantes y de amplia distribución, y que por lo tanto pueden ser identificadas como de preocupación menor.
Datos Insuficientes (DD)	Una especie se considerará en la categoría de "Datos Insuficientes" cuando no hay información adecuada para hacer una evaluación directa o indirecta, de su riesgo de extinción basándose en la distribución y/o condición de la población.
En Peligro de Extinción (P)	Especies de la fauna silvestre expuestas a la amenaza de desaparecer, a corto o mediano plazo, del patrimonio faunístico nacional.
Vulnerable (V)	Especies de la fauna silvestre que, por ser objeto de una caza o captura intensiva, por tener una existencia asociada a determinados hábitats naturales que están siendo objeto de un progresivo proceso de destrucción alteración, o debido a la contaminación de su medio vital, u otras causas, están experimentando constante retroceso numérico que puede conducirlos al peligro de extinción.
Rara (R)	Especies de la fauna silvestre cuyas poblaciones, ya sea tener una distribución geográfica muy restringida, o por encontrarse en los últimos estados de su proceso de extinción natural, son y han sido escasas de tiempos inmemoriales.
Inadecuadamente Conocida (I)	Especies de la fauna silvestre respecto de las cuales sólo se dispone de conocimientos científicos rudimentarios e incompletos para determinar su correcto estado de conservación.
Fuera de Peligro (F)	Una especie se considera "Fuera de Peligro" cuando, habiendo estado en alguna de las categorías anteriores (de riesgo), en la actualidad se considera relativamente segura por la adopción de medidas efectivas de conservación o en consideración a que sus amenazas han cesado.

D.S. 29/2011. Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres según Estado de Conservación.

5 RESULTADOS

5.1 COLUMNA DE AGUA

5.1.1 PARÁMETROS DE LA COLUMNA DE AGUA MEDIDOS *IN SITU*

En la Tabla 5.1 y la Tabla 5.2 se presentan los resultados de las mediciones efectuadas en las aguas marinas durante esta campaña invernal en los estratos superficial y de fondo, en el orden dado. En tanto, en la Figura 5.1 se exponen gráficamente los resultados de la transparencia medida a través del disco Secchi, mientras que desde la Figura 5.2 hasta la Figura 5.8 se presentan los perfiles de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y pH, obtenidos mediante lances de CTD-O en cada una de las estaciones consideradas en este Programa de Vigilancia Ambiental.

Tabla 5.1. Resultados de las mediciones *in situ* en aguas superficiales. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

Parámetro	Unidad	CQ-1	CQ-5	CQ-6	CQ-9	CQ-10	CQ-11	CQ-12
Transparencia	m	4,75	7,0	6,75	6,5	6,25	2,75	5,5
Temperatura	°C	12,594	12,396	12,817	12,549	12,721	12,681	12,975
Salinidad	p.s.u	34,249	34,577	34,417	34,669	34,254	34,587	34,447
OD	mg/L	7,153	7,815	8,000	7,817	9,193	8,484	6,053
pH	---	8,394	8,287	8,513	8,447	7,990	8,493	8,534

Fuente: Ecotecnos
OD: Oxígeno disuelto

Tabla 5.2. Resultados de las mediciones *in situ* en aguas de fondo. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

Parámetro	Unidad	CQ-1	CQ-5	CQ-6	CQ-9	CQ-10	CQ-11	CQ-12
Profundidad	m	12,5	15	17,5	20	25,5	4,5	8
Temperatura	°C	12,816	12,751	12,764	12,734	12,560	12,848	12,639
Salinidad	p.s.u	34,485	34,463	34,492	34,487	34,510	34,394	34,461
OD	mg/L	4,953	4,921	5,064	4,465	3,647	4,547	6,167
pH	---	8,485	8,339	8,483	8,444	8,021	8,537	8,557

Fuente: Ecotecnos
OD: Oxígeno disuelto

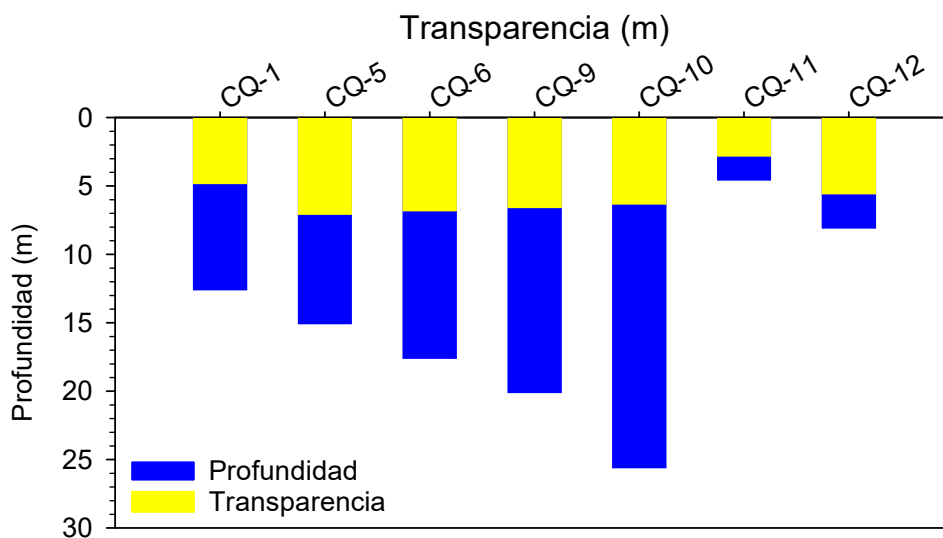
En la Tabla 5.3 se presentan los resultados de los estadígrafos obtenidos en base a las mediciones de campo efectuadas durante esta campaña de julio de 2024, en este contexto es importante mencionar que estos fueron calculados sin considerar a las tres estaciones definidas como sitios control, siendo estas CQ-10, CQ-11 y CQ-12.

Tabla 5.3. Estadígrafos de los parámetros medidos *in situ* en la columna de agua. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

Parámetro	Unidad	Superficie			Fondo		
		Prom.	DE	CV (%)	Prom.	DE	CV (%)
Transparencia	m	6,3	1,0	16,3	---	---	---
Temperatura	°C	12,59	0,17	1,4	12,77	0,04	0,3
Salinidad	p.s.u.	34,48	0,18	0,5	34,48	0,01	0,0
OD	mg/L	7,70	0,37	4,8	4,85	0,26	5,4
pH	---	8,41	0,10	1,1	8,44	0,07	0,8

Fuente: Ecotecnos

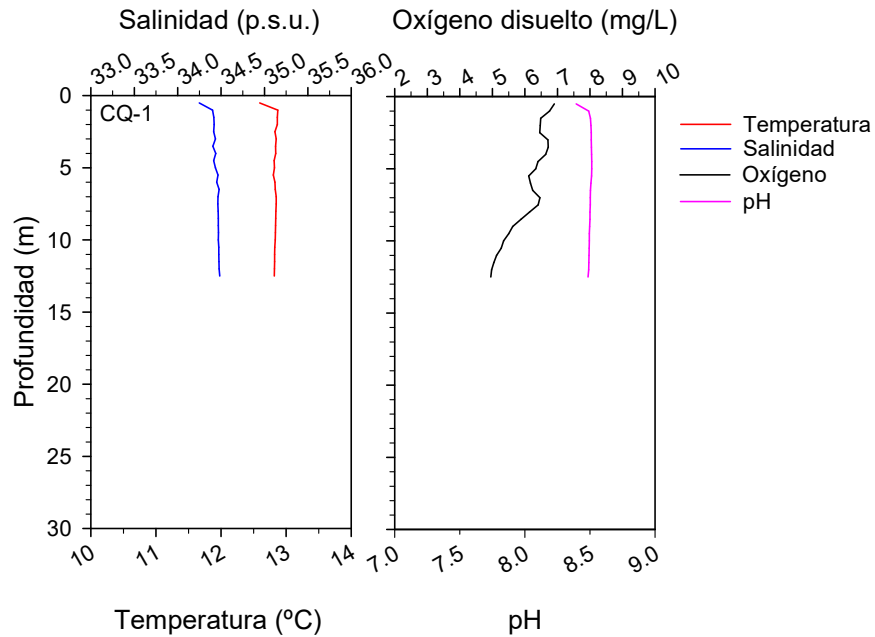
Prom: Promedio; DE: Desviación estándar muestral; CV: Coeficiente de variación; OD: Oxígeno disuelto



Fuente: Ecotecnos

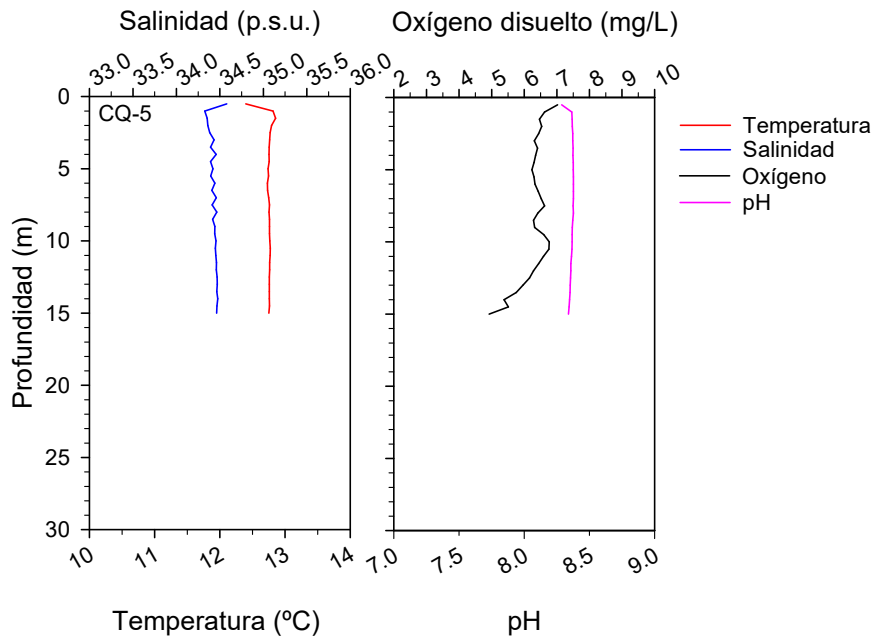
Las barras amarillas indican la penetración de la luz en la columna de agua
 Las barras azules señalan la profundidad de las estaciones muestreadas

Figura 5.1. Transparencia de la columna de agua. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.



Fuente: Ecotecnos

Figura 5.2. Perfiles de CTD en la estación CQ-1. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.



Fuente: Ecotecnos

Figura 5.3. Perfiles de CTD en la estación CQ-5. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

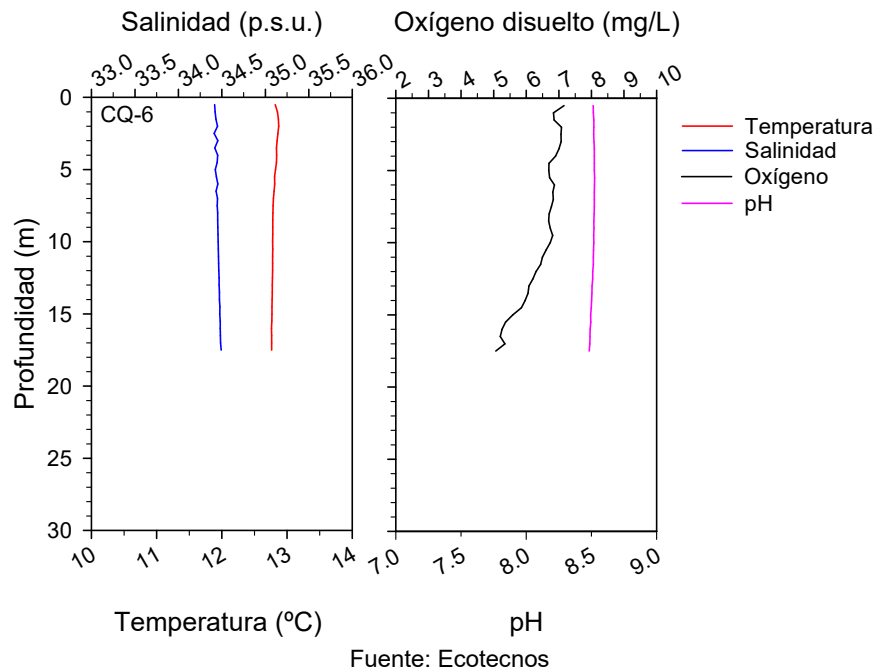


Figura 5.4. Perfiles de CTD en la estación CQ-6. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

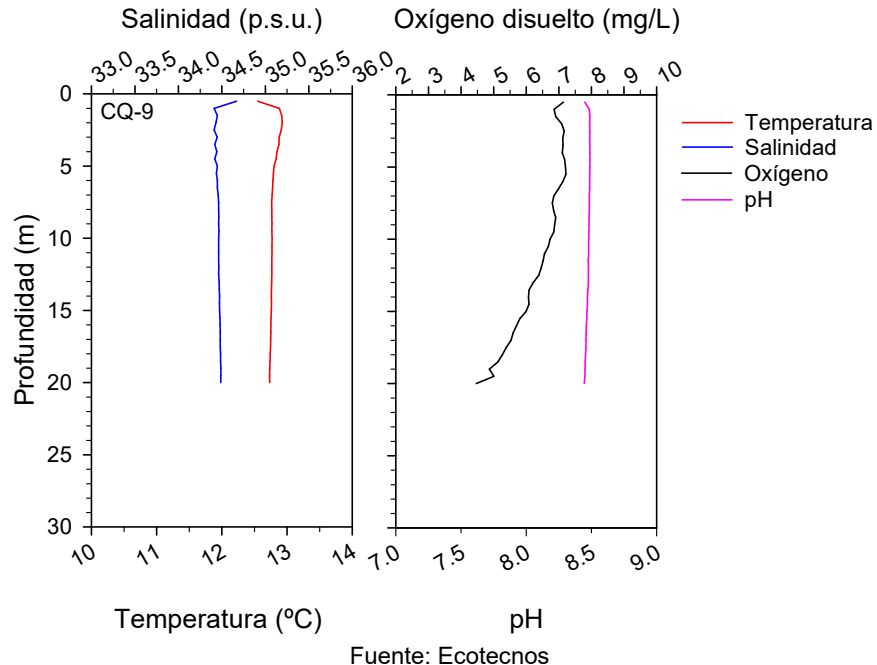
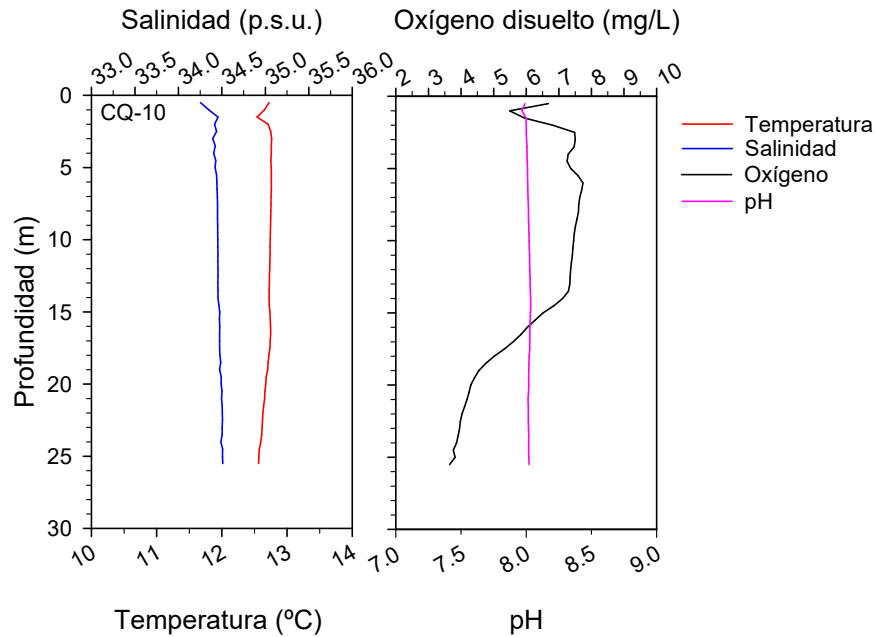
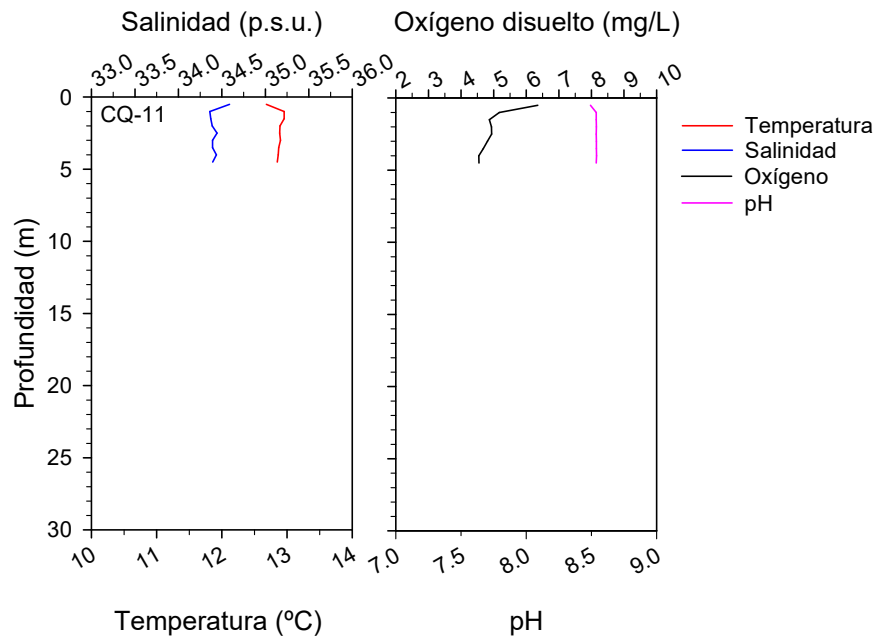


Figura 5.5. Perfiles de CTD en la estación CQ-9. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.



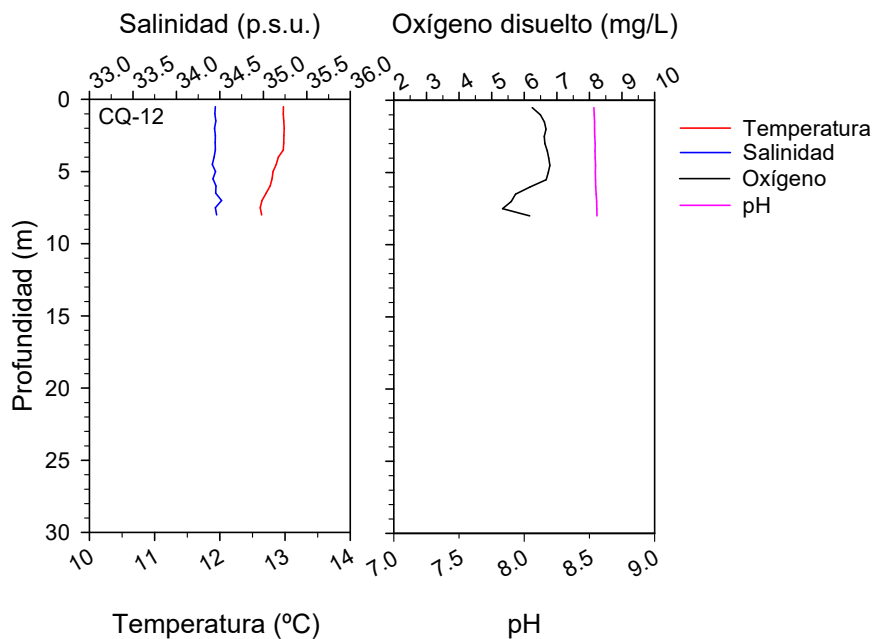
Fuente: Ecotecnos

Figura 5.6. Perfiles de CTDO en la estación CQ-10. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.



Fuente: Ecotecnos

Figura 5.7. Perfiles de CTDO en la estación CQ-11. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.



Fuente: Ecotecnos

Figura 5.8. Perfiles de CTDO en la estación CQ-12. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

5.1.2 PARÁMETROS QUÍMICOS EN COLUMNA DE AGUA

En la Tabla 5.4 se presentan los resultados de los análisis químicos realizados en las muestras colectadas en el estrato superficial de la columna de agua, mientras que en la Tabla 5.5 se presentan los resultados para aguas profundas. En tanto, en la Tabla 5.6 se muestran los estadígrafos calculados de los parámetros que fueron cuantificados durante esta campaña invernal (*i.e.* sobre el límite de detección). Para el cálculo de los estadígrafos no se consideraron las tres estaciones control (CQ-10, CQ-11 y CQ-12).

Los “Certificados de Laboratorio”, correspondientes a los análisis químicos efectuados en las aguas marinas en el sector portuario de Coquimbo se encuentran, se encuentran adjuntados en el Anexo 9.2, documento digital adjunto al presente informe técnico.

Tabla 5.4. Valores de concentración de los parámetros medidos en el estrato superficial de la columna de agua. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

Parámetro	Unidad	CQ-1	CQ-5	CQ-6	CQ-9	CQ-10	CQ-11	CQ-12
Metales y metaloides disueltos								
Arsénico	mg/L	0,0132	0,0128	0,0124	0,0133	0,0137	0,0148	0,0145
Cadmio	mg/L	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Cinc	mg/L	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0042	<0,0005
Cobre	mg/L	0,0060	0,0256	0,0289	0,0251	0,0241	0,0287	0,032
Mercurio	mg/L	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Níquel	mg/L	0,0010	0,0009	0,0009	0,0009	0,0008	0,0008	0,0009
Plomo	mg/L	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0002	0,0009	0,0008	0,0014
Vanadio	mg/L	0,0547	0,0418	0,0384	0,0439	0,0489	0,0506	0,0481
Metales y metaloides totales								
Arsénico	mg/L	0,0146	0,0139	0,0145	0,0138	0,0149	0,015	0,0156
Cadmio	mg/L	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0001	0,0001
Cinc	mg/L	0,0114	0,0098	0,0073	0,0084	0,0066	0,0148	0,0161
Cobre	mg/L	0,0215	0,0418	0,0338	0,0343	0,0343	0,0358	0,0339
Mercurio	mg/L	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Níquel	mg/L	0,0018	0,0011	0,0019	0,0013	0,0013	0,0014	0,0013
Plomo	mg/L	0,0015	0,0012	0,0009	0,0017	0,0012	0,0014	0,0014
Vanadio	mg/L	0,0636	0,0541	0,053	0,0522	0,0509	0,0531	0,0533
Sólidos								
SST	mg/L	10	8	22	10	10	15	12
Hidrocarburos								
HT	mg/L	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
HAPs	µg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

Fuente: Ecotecnos

SST: sólidos suspendidos totales; HT: Hidrocarburos totales; HAPs: Hidrocarburos aromáticos policíclicos

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN				EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		35
					Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

Tabla 5.5. Valores de concentración de los parámetros medidos en el estrato profundo de la columna de agua. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

Parámetro	Unidad	CQ-1	CQ-5	CQ-6	CQ-9	CQ-10	CQ-11	CQ-12
Metales y metaloides disueltos								
Arsénico	mg/L	0,0143	0,0147	0,0138	0,0151	0,0154	0,0143	0,0147
Cadmio	mg/L	<0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Cinc	mg/L	<0,0005	0,0011	<0,0005	0,0045	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Cobre	mg/L	0,0202	0,0386	0,0289	0,0338	0,0271	0,0322	0,0359
Mercurio	mg/L	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Níquel	mg/L	0,0008	0,0012	0,0009	0,0009	0,0010	0,0009	0,0008
Plomo	mg/L	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0013	<0,0002
Vanadio	mg/L	0,0335	0,041	0,0428	0,0476	0,0504	0,0500	0,0481
Metales y metaloides totales								
Arsénico	mg/L	0,0095	0,0144	0,0132	0,0145	0,0142	0,0136	0,0144
Cadmio	mg/L	<0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Cinc	mg/L	0,0081	0,0208	0,0109	0,0181	0,0109	0,0119	0,0169
Cobre	mg/L	0,0455	0,0462	0,0341	0,0361	0,0359	0,0357	0,0408
Mercurio	mg/L	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Níquel	mg/L	0,0014	0,0013	0,0016	0,0018	0,0017	0,0017	0,0014
Plomo	mg/L	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0013	<0,0002
Vanadio	mg/L	0,0588	0,0537	0,0517	0,0523	0,0532	0,0522	0,0543
Sólidos								
SST	mg/L	92	66	20	41	23	28	41
Hidrocarburos								
HT	mg/L	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
HAPs	µg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

Fuente: Ecotecnos

SST: sólidos suspendidos totales; HT: Hidrocarburos totales; HAPs: Hidrocarburos aromáticos policíclicos

Tabla 5.6. Estadígrafos para los parámetros cuantificados en la columna de agua. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

Metales y metaloides disueltos							
Parámetro	Unidad	Superficie			Fondo		
		Prom.	DE	CV (%)	Prom.	DE	CV (%)
Arsénico	mg/L	0,0129	0,0004	3,2	0,0129	0,0023	18,2
Cadmio	mg/L	---	---	---	0,0001	0,0001	43,3
Cinc	mg/L	---	---	---	0,0028	0,0024	85,9
Cobre	mg/L	0,0214	0,0104	48,6	0,0304	0,0079	25,9
Níquel	mg/L	0,0009	0,0001	5,4	0,0010	0,0002	18,2
Plomo	mg/L	0,0002*	---	---	---	---	---
Vanadio	mg/L	0,0447	0,0070	15,8	0,0412	0,0059	14,2
Metales y metaloides totales							
Arsénico	mg/L	0,0142	0,0004	2,9	0,0145	0,0006	3,8
Cadmio	mg/L	---	---	---	0,0001	0,0001	43,3
Cinc	mg/L	0,0092	0,0018	19,2	0,0145	0,0060	41,2
Cobre	mg/L	0,0329	0,0084	25,6	0,0405	0,0063	15,5
Níquel	mg/L	0,0015	0,0004	25,3	0,0015	0,0002	14,5
Plomo	mg/L	0,0013	0,0004	26,4	0,0021	0,0010	49,3
Vanadio	mg/L	0,0557	0,0053	9,5	0,0541	0,0032	6,0
Sólidos							
SST	mg/L	12,5	6,4	51,2	54,8	31,1	56,9

Fuente: Ecotecnos

*Un valor cuantificado por estrato

Prom.: Promedio; DE: Desviación estándar muestral; CV: Coeficiente de variación; SST: Sólidos suspendidos totales

Desde la Figura 5.9 hasta la Figura 5.16 se presentan las representaciones gráficas de las concentraciones obtenidas a través de los análisis químicos realizados a las muestras de agua de mar colectadas en el sector portuario de Coquimbo.

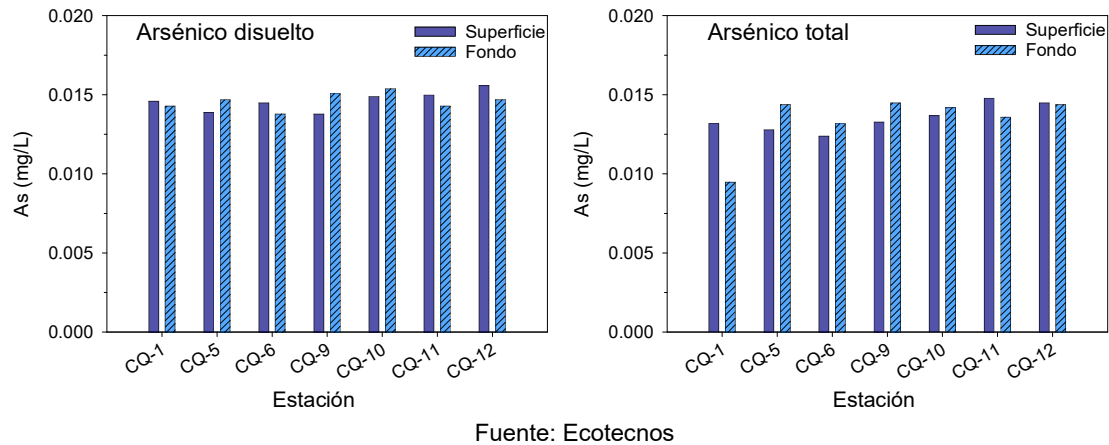


Figura 5.9. Distribución espacial de la concentración de arsénico disuelto (izquierda) y arsénico total (derecha) en superficie y fondo de la columna de agua. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

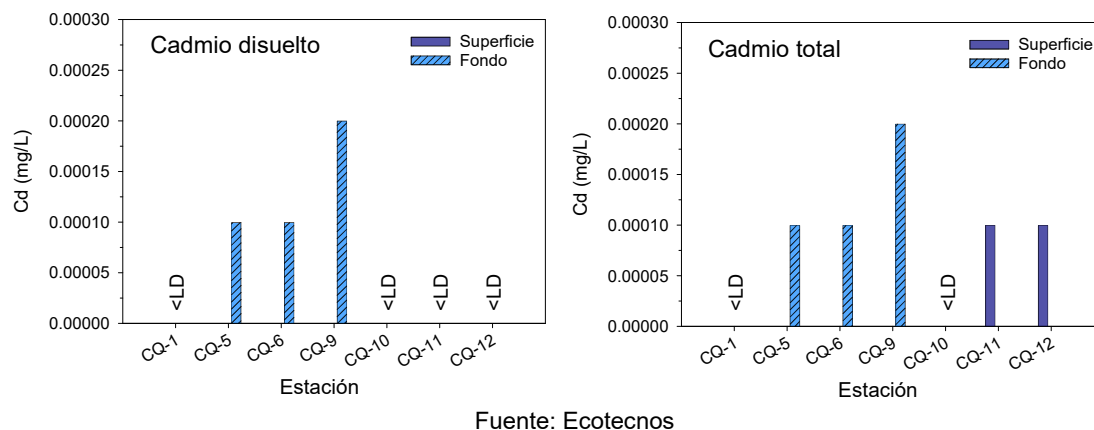
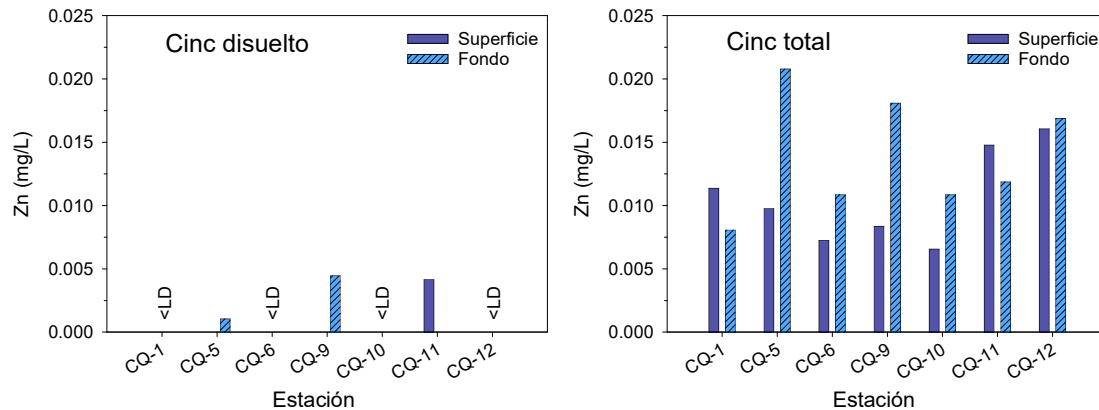
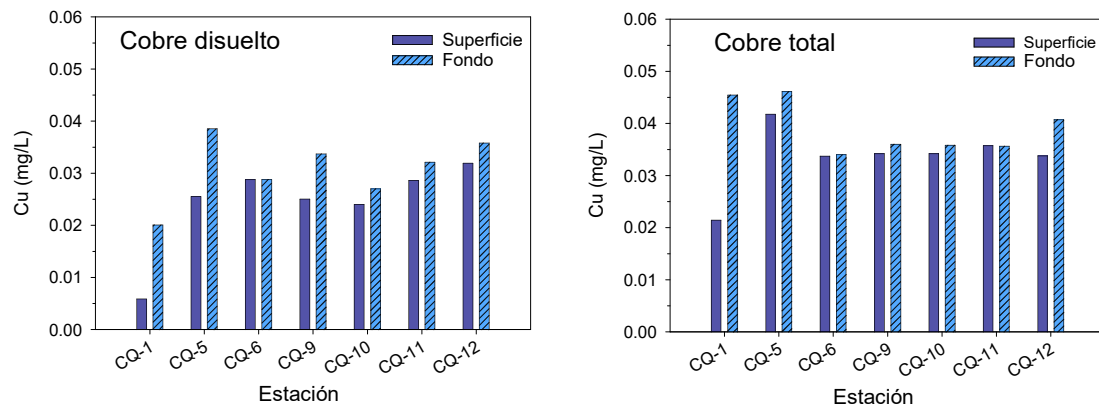


Figura 5.10. Distribución espacial de la concentración de cadmio disuelto (izquierda) y cadmio total (derecha) en superficie y fondo de la columna de agua. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.



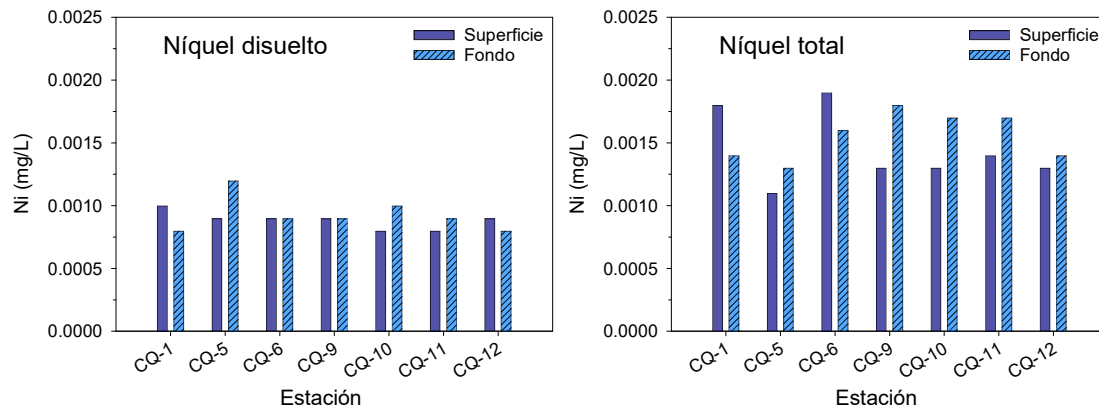
Fuente: Ecotecnos
<LD: Bajo el límite de detección

Figura 5.11. Distribución espacial de la concentración de cinc disuelto (izquierda) y cinc total (derecha) en superficie y fondo de la columna de agua. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.



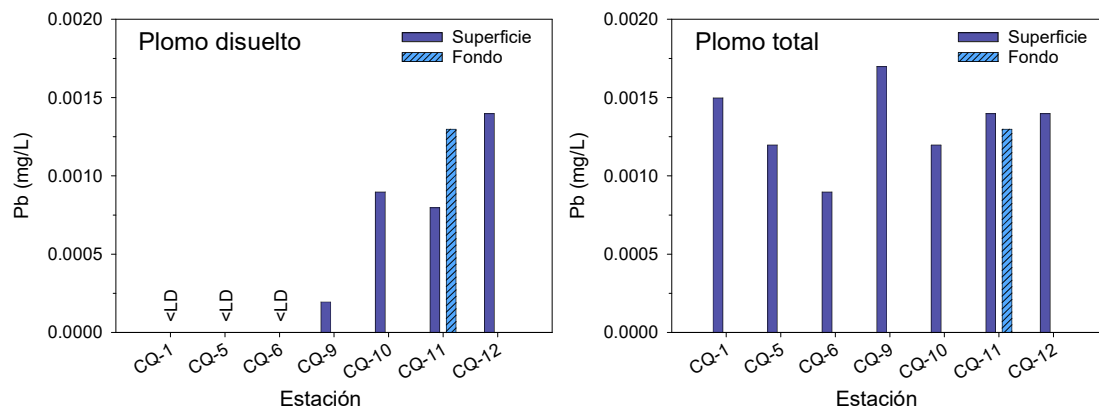
Fuente: Ecotecnos

Figura 5.12. Distribución espacial de la concentración de cobre disuelto (izquierda) y cobre total (derecha) en superficie y fondo de la columna de agua. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.



Fuente: Ecotecnos

Figura 5.13. Distribución espacial de la concentración de níquel disuelto (izquierda) y níquel total (derecha) en superficie y fondo de la columna de agua. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.



Fuente: Ecotecnos
<LD: Bajo el límite de detección

Figura 5.14. Distribución espacial de la concentración de plomo disuelto (izquierda) y plomo total (derecha) en superficie y fondo de la columna de agua. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

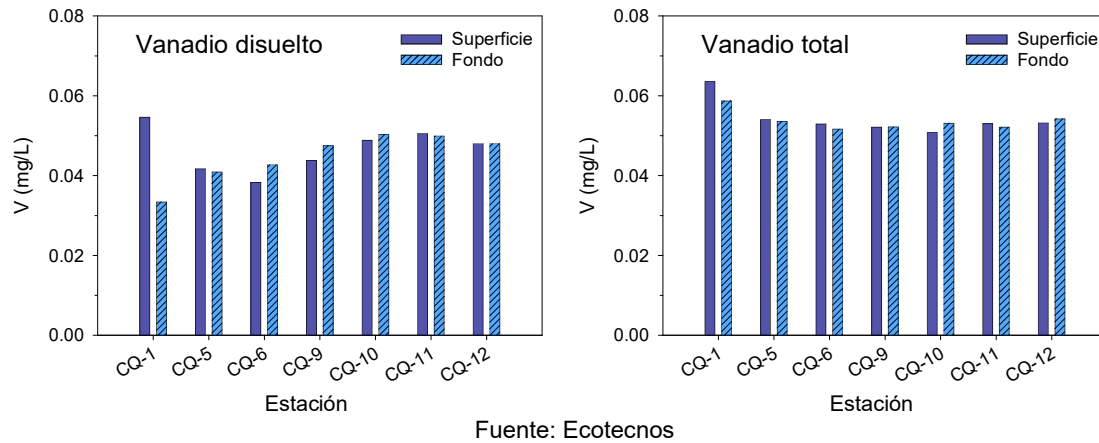


Figura 5.15. Distribución espacial de la concentración de vanadio disuelto (izquierda) y vanadio total (derecha) en superficie y fondo de la columna de agua. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

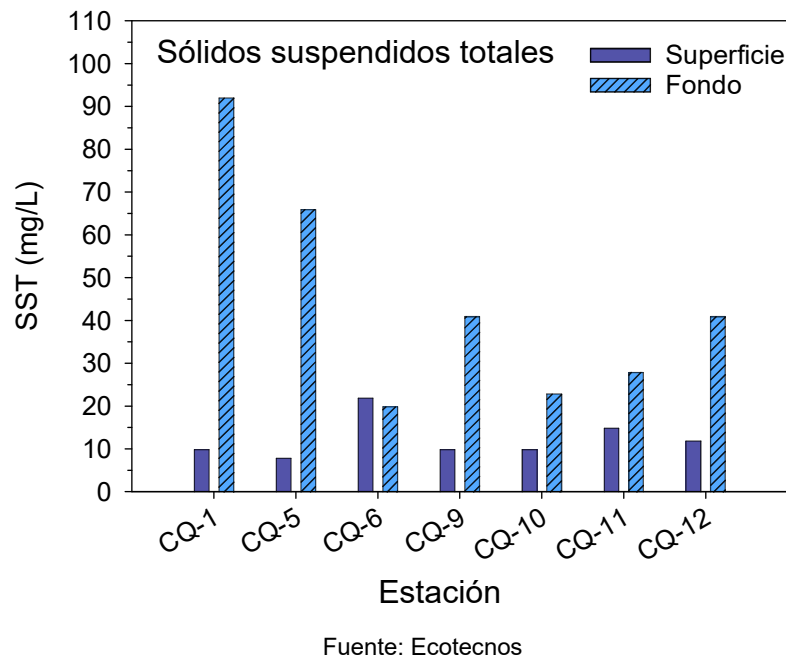


Figura 5.16. Distribución espacial de la concentración de sólidos suspendidos totales en superficie y fondo de la columna de agua. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

5.2 SEDIMENTOS SUBMAREALES

5.2.1 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Los resultados de los análisis granulométricos por estación se presentan en la Tabla 5.7, en tanto, la Tabla 5.8 exhibe la comparación entre la media gráfica y la fracción dominante en los sedimentos muestreados, a su vez, la Tabla 5.9 expone los estadígrafos determinados para cada estación, basados en los resultados obtenidos en el análisis granulométrico.

Tabla 5.7. Resultados de los análisis granulométricos efectuados en las muestras de sedimentos submareales. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

Tipo sedimentario	CQ-1	CQ-5	CQ-6	CQ-9	CQ-10	CQ-11	CQ-12
Grava	6,73	1,24	1,14	0,30	1,38	0,34	0,00
Arena muy gruesa	2,62	1,93	0,85	0,38	1,16	0,61	0,06
Arena gruesa	1,79	0,31	0,51	0,31	1,00	1,53	0,13
Arena media	2,92	0,44	0,94	0,28	0,65	5,57	0,50
Arena fina	17,30	3,16	19,20	0,90	0,93	49,73	3,46
Arena muy fina	18,31	11,67	20,21	5,45	4,28	32,34	57,46
Limo/arcilla	50,32	81,25	57,16	92,38	90,59	9,88	38,38

Fuente: Ecotecnos
Los números en negrita indican la fracción dominante

Tabla 5.8. Comparación de la media gráfica y la fracción dominante en las muestras de sedimentos submareales. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

Estación	Media gráfica (Mz)	Fracción media	Fracción dominante
CQ-1	51,62	L/A	L/A
CQ-5	22,32	L/A	L/A
CQ-6	39,44	L/A	L/A
CQ-9	17,79	L/A	L/A
CQ-10	18,32	L/A	L/A
CQ-11	130,8	AF	AF
CQ-12	46,28	L/A	AMF

Fuente: Ecotecnos
L/A: Limo/Arcilla; AF: Arena fina; AMF: Arena muy fina

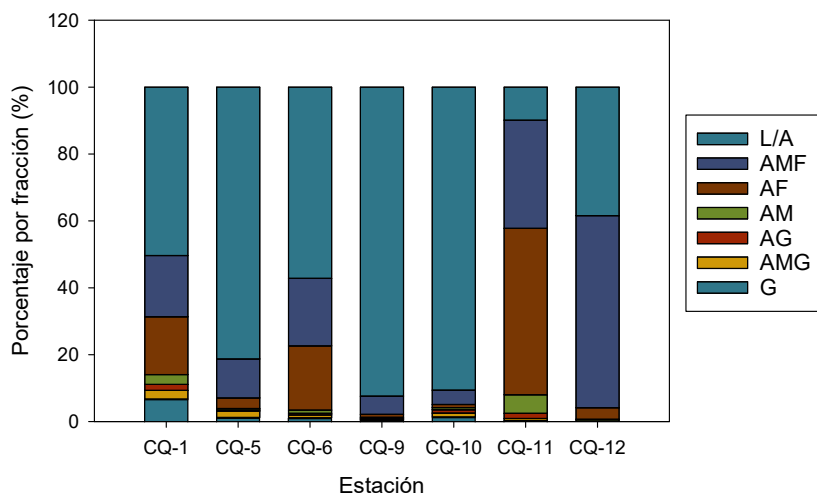
Tabla 5.9. Estadígrafos de las mediciones granulométricas efectuadas en las muestras de sedimentos submareales. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

Estación	D.E.I. (σ_1)		Asimetría (S_{kg})		Curtosis (K_g)	
CQ-1	5,303	MMC	-0,013	S	1,015	M
CQ-5	3,186	MC	0,105	EG	0,901	M
CQ-6	3,702	MC	-0,129	EF	0,729	P
CQ-9	2,592	MC	0,043	S	0,807	P
CQ-10	2,799	MC	0,095	S	0,910	M
CQ-11	2,132	MC	-0,274	EF	1,556	ML
CQ-12	2,728	MC	-0,637	AEF	0,901	M

Fuente: Ecotecnos

D.E.I: Desviación estándar inclusiva; MMC: Muy mal clasificado; MC: Mal clasificado
S: Simétrica; EG: Exceso de gruesos; EF: Exceso de finos; AEF: Alto exceso de finos
M: Mesocúrtica; P: Platicúrtica; ML: Muy leptocúrtica

En la Figura 5.17 se presentan gráficamente los resultados de las fracciones sedimentarias mediante gráficos de barras apiladas que muestran la distribución porcentual de los sedimentos submareales recolectados en las estaciones, ubicadas en el área de influencia del proyecto, así como en las estaciones referenciales.



Fuente: Ecotecnos

G: Grava; AMG: Arena muy gruesa; AG: Arena gruesa; AM: Arena mediana; AF: Arena fina; AMF: Arena muy fina; L/A: Limo/Arcilla

Figura 5.17. Columnas apiladas del porcentaje de las fracciones granulométricas del sedimento submareales por cada estación de monitoreo. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

5.2.2 PARÁMETROS QUÍMICOS EN LOS SEDIMENTOS SUBMAREALES

En la Tabla 5.10 se presentan los resultados de los análisis químicos de los sedimentos submareales recolectados en el sector portuario de la bahía Coquimbo, mientras que los análisis estadísticos se detallan en la Tabla 5.11.

Tabla 5.10 Resultados de los análisis de laboratorio y mediciones in situ efectuados en las muestras de los sedimentos submareales. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

Analito	Unidad	Estación						
		CQ-1	CQ-5	CQ-6	CQ-9	CQ-10	CQ-11	CQ-12
Arsénico	mg/kg	95	93	< 0,1	< 0,1	4	4	39
Cadmio	mg/kg	0,578	0,633	0,718	0,864	0,721	0,171	0,090
Cinc	mg/kg	209,667	240,757	95,940	102,677	113,473	68,245	67,674
Cobre	mg/kg	577,167	949,533	194,873	160,018	257,080	99,975	63,815
Mercurio	mg/kg	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Níquel	mg/kg	12,06	15,40	8,85	10,48	11,29	7,54	8,05
Plomo	mg/kg	94	74	79	54	66	18	18
Vanadio	mg/kg	84,336	106,124	72,852	85,534	81,787	49,852	98,562
ORP	mV	113,9	-4,0	57,6	111,8	-8,40	114,5	133,9
pH	-	7,594	7,670	7,538	8,500	7,600	7,594	7,530
A&G	mg/kg	<20	<20	<20	24	21	<20	<20
COT	%	5	2	1	1	2	<1	<1
HAP	mg/kg	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025

Fuente: Ecotecnos.

ORP: Potencial de óxido reducción; A&G: Aceites y grasas; COT: Carbono orgánico total;

HAP: Hidrocarburos aromáticos policíclicos.

Tabla 5.11. Valores promedio y estadígrafos básicos de los parámetros con mediciones sobre el límite de detección y mediciones in situ en los sedimentos submareales. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

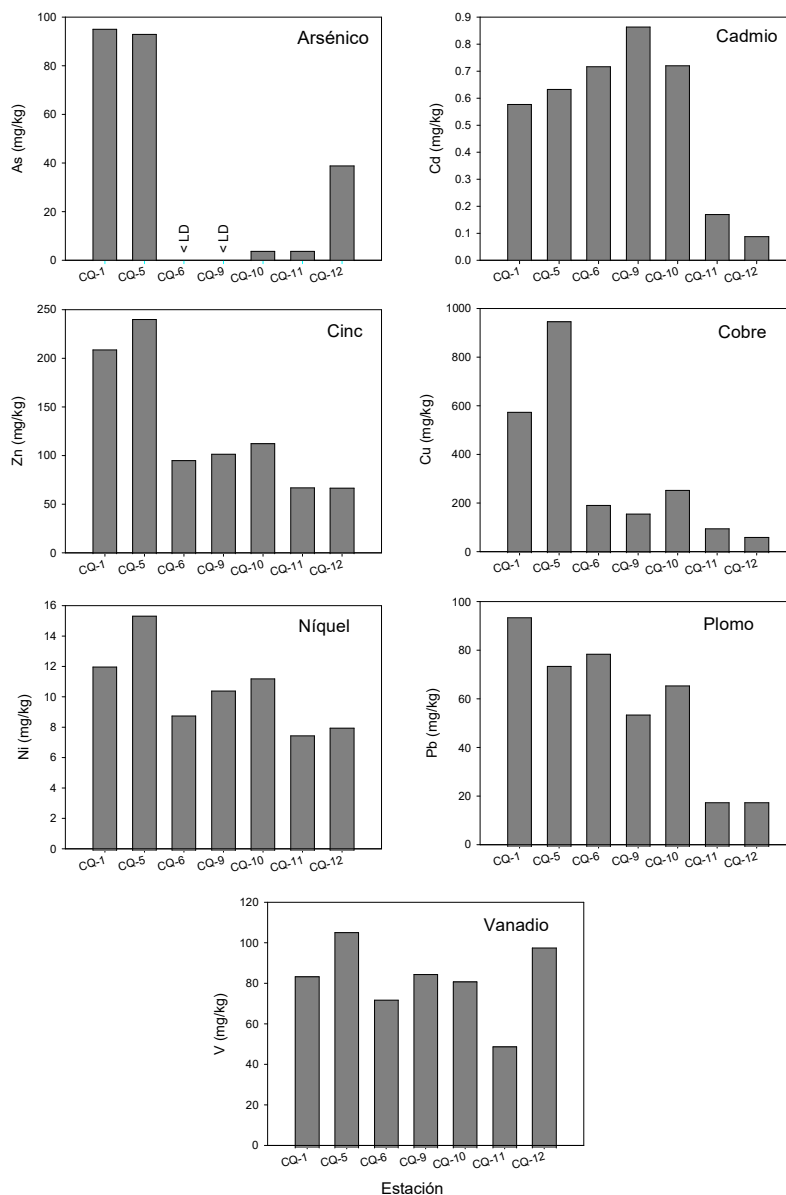
Analito	Unidad	Estadígrafos		
		Promedio	DE	CV (%)
Arsénico	mg/kg	94,0	1,41	1,50
Cadmio	mg/kg	0,70	0,12	17,8
Cinc	mg/kg	162	73,8	45,5
Cobre	mg/kg	470	371	78,9
Níquel	mg/kg	11,7	2,79	23,9
Plomo	mg/kg	75,3	16,5	22,0
Vanadio	mg/kg	87,2	13,8	15,9
ORP	mV	69,8	55,7	79,8
pH	-	7,83	0,45	5,79
A&G	mg/kg	24,0	---	---
COT	%	2,25	1,89	84,1

Fuente: Ecotecnos

DE: Desviación estándar; CV: Coeficiente de variación; ORP: Potencial de óxido;

COT: Carbono orgánico total.

La Figura 5.18 muestra la distribución espacial de los elementos metálicos y metaloides analizados en la matriz sedimentaria. Por su parte, la Figura 5.19 presenta la distribución de las concentraciones de carbono orgánico total, mientras que la Figura 5.20 expone los valores de las mediciones *in situ* del potencial de óxido-reducción y pH.



Fuente: Ecotecnos
<LD: Bajo el límite de detección

Figura 5.18. Distribución espacial de la concentración de los elementos metálicos y metaloides en los sedimentos submareales. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

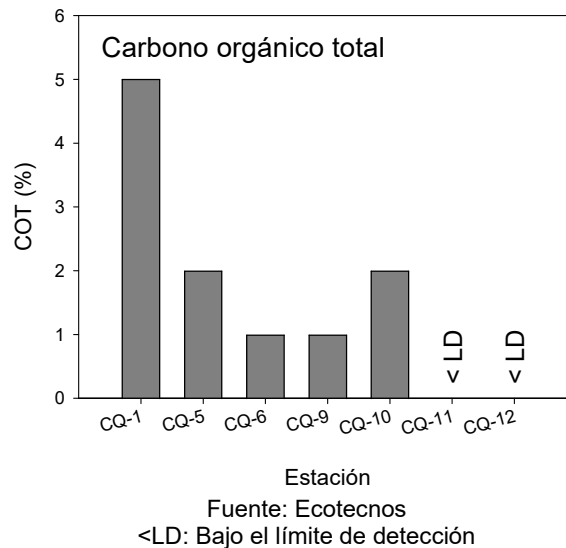


Figura 5.19. Distribución espacial de las concentraciones de carbono orgánico total en los sedimentos submareales. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

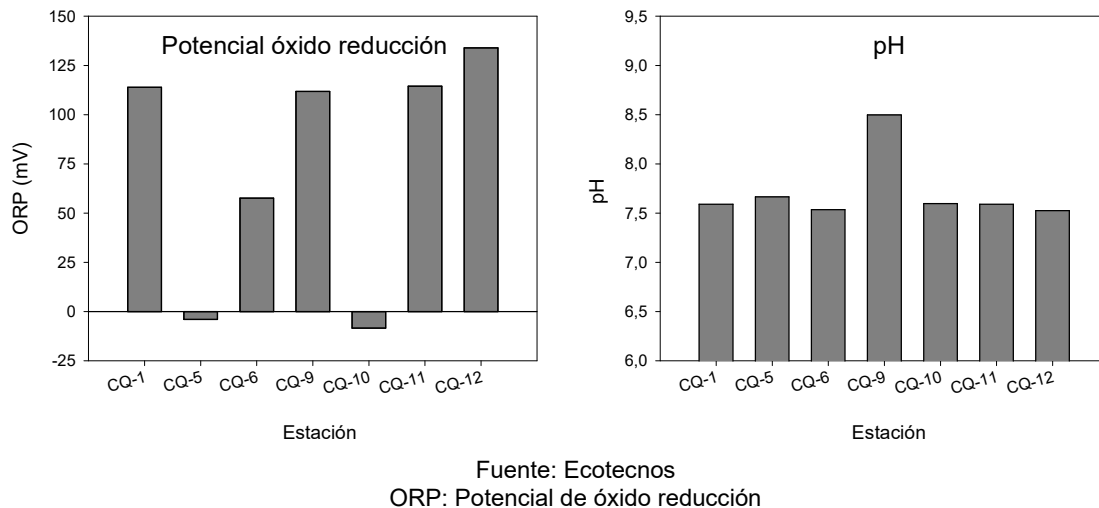


Figura 5.20. Distribución espacial de los valores del potencial óxido reducción (mV) y pH en los sedimentos submareales. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

5.3 COMUNIDAD SUBMAREAL DE SUSTRATO BLANDO

5.3.1 COMPOSICIÓN TAXONÓMICA

La lista de especies identificadas en el submareal de sustrato blando, con la respectiva frecuencia de ocurrencia durante el transcurso del presente monitoreo invernal, se presenta en la Tabla 5.12. La Figura 5.21, en tanto, expone gráficamente el aporte a la riqueza por grupo taxonómico en el área monitoreada.

Tabla 5.12. Datos de presencia/ausencia y frecuencia de ocurrencia de las especies registradas en el submareal de sustrato blando. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

Taxa	CQ-1	CQ-5	CQ-6	CQ-9	CQ-10	CQ-11	CQ-12	F.O. (%)
ANNELIDA								
Polychaeta								
<i>Acromegalomma pigmentum</i>	+	+	+	+	+			71,4
<i>Aglaophamus peruana</i>							+	14,3
<i>Apelochaeta longisetosa</i>				+	+	+		42,9
<i>Cirratulus cirratus</i>		+				+		28,6
<i>Diopatra chiliensis</i>	+	+	+	+	+		+	85,7
<i>Hemipodia simplex</i>	+	+						28,6
<i>Isolda viridis</i>					+		+	28,6
<i>Leitoscoloplos chilensis</i>							+	14,3
<i>Lumbrineris chilensis</i>	+		+	+			+	57,1
<i>Lumbrineris cingulata</i>			+					14,3
Maldanidae indet.			+		+			28,6
<i>Mediomastus</i> sp.		+				+	+	42,9
<i>Nephtys ferruginea</i>	+	+	+	+				57,1
<i>Paraprionospio pinnata</i>		+	+				+	42,9
Polynoidae indet.				+				14,3
Spionidae indet.					+		+	28,6
<i>Sthenelais helenae</i>						+	+	28,6
Terebellidae indet.					+			14,3
ARTHROPODA								
Crustacea								
<i>Ampelisca</i> sp.			+				+	28,6
<i>Aora maculata</i>						+		14,3
Cumacea indet.						+	+	28,6
<i>Eudevenopus gracilipes</i>						+		14,3
<i>Heterophoxus oculatus</i>	+		+	+		+	+	71,4
<i>Liljeborgia</i> sp.				+				14,3
<i>Neotrypaea pacifica</i>			+	+				28,6
<i>Pinnixa valdiviensis</i>		+	+	+	+	+	+	85,7
CNIDARIA								
Anthozoa								
Actiniaria indet.						+		14,3

Fuente: Ecotecnos

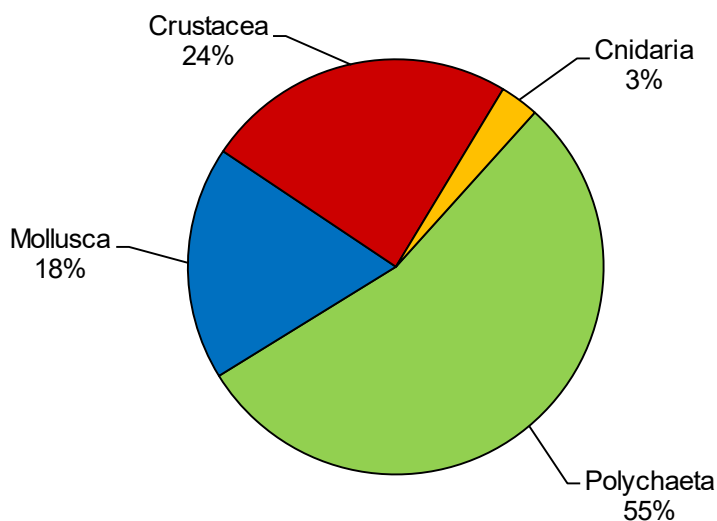
F.O.: frecuencia de ocurrencia (%); + Indica presencia del taxón en la transecta correspondiente

Tabla 5.13. Datos de presencia/ausencia y frecuencia de ocurrencia de las especies registradas en el submareal de sustrato blando (Continuación). PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

Taxa	CQ-1	CQ-5	CQ-6	CQ-9	CQ-10	CQ-11	CQ-12	F.O. (%)
ECHINODERMATA								
Ophiuroidea								
Ophiuroidea indet.		+	+		+		+	57,1
MOLLUSCA								
Bivalvia								
<i>Cumingia mutica</i>						+		14,3
<i>Malletia chilensis</i>	+	+	+	+				57,1
<i>Malvinasia molinae</i>		+				+	+	42,9
<i>Mulinia edulis</i>		+						14,3
<i>Nucula pisum</i>		+		+			+	42,9
<i>Tagelus dombeii</i>	+	+	+	+		+	+	85,7
NEMERTEA								
Nemertea indet.	+		+			+		42,9

Fuente: Ecotecnos

F.O.: frecuencia de ocurrencia (%); + Indica presencia del taxón en la transecta correspondiente



Fuente: Ecotecnos

Figura 5.21. Aportes porcentuales a la riqueza del sector de los grupos taxonómicos identificados en el submareal de sustrato blando. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

5.3.2 ABUNDANCIA/BIOMASA

La abundancia y biomasa de la macrofauna submareal, recolectada durante el presente monitoreo invernal, se detallan desde la Tabla 5.14 a la Tabla 5.20, información que se presenta de manera gráfica en la Figura 5.22.

Tabla 5.14. Abundancia (ind/m²) y biomasa (g/m²) promedio de las especies registradas en la estación CQ-1. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

Estación CQ-1						
TAXA	Abundancia			Biomasa		
	Promedio	D.E	C.V	Promedio	D.E	C.V
ANNELIDA						
Polychaeta						
<i>Acromegalomma pigmentum</i>	45	21	0,47	0,456	0,115	0,25
<i>Diopatra chilensis</i>	25	21	0,85	0,771	0,834	1,08
<i>Hemipodia simplex</i>	10	14	1,41	0,063	0,088	1,41
<i>Lumbrineris chilensis</i>	25	7	0,28	0,056	0,009	0,17
<i>Nephtys ferruginea</i>	10	14	1,41	0,032	0,045	1,41
ARTHROPODA						
Crustacea						
<i>Heterophoxus oculatus</i>	10	0	0,00	0,007	0,007	1,01
MOLLUSCA						
Bivalvia						
<i>Malletia chilensis</i>	5	7	1,41	0,011	0,016	1,41
<i>Tagelus dombeii</i>	10	14	1,41	6,937	9,810	1,41
NEMERTEA						
Nemertea indet.	10	0	0,00	0,067	0,079	1,18
Total	150			8,399		
Riqueza específica	9					

Fuente: Ecotecnos

D.E.: Desviación estándar; C.V.: Coeficiente de variación

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		49
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

Tabla 5.15. Abundancia (ind/m²) y biomasa (g/m²) promedio de las especies registradas en la estación CQ-5. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

Estación CQ-5						
TAXA	Abundancia			Biomasa		
	Promedio	D.E	C.V	Promedio	D.E	C.V
ANNELIDA						
Polychaeta						
<i>Acromegalomma pigmentum</i>	15	7	0,47	0,166	0,023	0,14
<i>Cirratulus cirratus</i>	15	21	1,41	0,048	0,067	1,41
<i>Diopatra chiliensis</i>	25	35	1,41	0,305	0,431	1,41
<i>Hemipodia simplex</i>	5	7	1,41	2,877	4,068	1,41
<i>Mediomastus</i> sp.	5	7	1,41	0,002	0,002	1,41
<i>Nephtys ferruginea</i>	15	21	1,41	0,067	0,095	1,41
<i>Paraprionospio pinnata</i>	10	14	1,41	0,017	0,023	1,41
ARTHROPODA						
Crustacea						
<i>Pinnixa valdiviensis</i>	95	35	0,37	0,426	0,042	0,10
ECHINODERMATA						
Ophiuroidea						
Ophiuroidea indet.	15	7	0,47	0,395	0,228	0,58
MOLLUSCA						
Bivalvia						
<i>Malletia chilensis</i>	20	0	0,00	3,536	1,177	0,33
<i>Malvinasia molinae</i>	5	7	1,41	0,014	0,020	1,41
<i>Mulinia edulis</i>	5	7	1,41	0,316	0,447	1,41
<i>Nucula pisum</i>	5	7	1,41	0,011	0,015	1,41
<i>Tagelus dombeii</i>	15	21	1,41	4,984	7,048	1,41
Total	250			13,161		
Riqueza específica	14					

Fuente: Ecotecnos

D.E.: Desviación estándar; C.V.: Coeficiente de variación

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		50
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

Tabla 5.16. Abundancia (ind/m²) y biomasa (g/m²) promedio de las especies registradas en la estación CQ-6. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

Estación CQ-6						
TAXA	Abundancia			Biomasa		
	Promedio	D.E	C.V	Promedio	D.E	C.V
ANNELIDA						
Polychaeta						
<i>Acromegalomma pigmentum</i>	15	7	0,47	0,097	0,093	0,96
<i>Diopatra chilensis</i>	5	7	1,41	0,006	0,008	1,41
<i>Lumbrineris chilensis</i>	10	0	0,00	0,034	0,014	0,42
<i>Lumbrineris cingulata</i>	10	14	1,41	0,839	1,187	1,41
Maldanidae indet.	5	7	1,41	0,026	0,036	1,41
<i>Nephtys ferruginea</i>	10	14	1,41	0,054	0,076	1,41
<i>Paraprionospio pinnata</i>	5	7	1,41	0,009	0,012	1,41
ARTHROPODA						
Crustacea						
<i>Ampelisca</i> sp.	5	7	1,41	0,004	0,006	1,41
<i>Heterophoxus oculatus</i>	20	28	1,41	0,013	0,018	1,41
<i>Neotrypaea pacifica</i>	5	7	1,41	0,345	0,487	1,41
<i>Pinnixa valdiviensis</i>	70	57	0,81	0,472	0,480	1,02
ECHINODERMATA						
Ophiuroidea						
Ophiuroidea indet.	5	7	1,41	0,068	0,095	1,41
MOLLUSCA						
Bivalvia						
<i>Malletia chilensis</i>	5	7	1,41	1,371	1,938	1,41
<i>Tagelus dombeii</i>	5	7	1,41	3,697	5,228	1,41
NEMERTEA						
Nemertea indet.	10	14	1,41	0,020	0,028	1,41
Total	185			7,050		
Riqueza específica	15					

Fuente: Ecotecnos

D.E.: Desviación estándar; C.V.: Coeficiente de variación

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		51
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

Tabla 5.17. Abundancia (ind/m²) y biomasa (g/m²) promedio de las especies registradas en la estación CQ-9. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

Estación CQ-9						
TAXA	Abundancia			Biomasa		
	Promedio	D.E	C.V	Promedio	D.E	C.V
ANNELIDA						
Polychaeta						
<i>Acromegalomma pigmentum</i>	5	7	1,41	0,042	0,059	1,41
<i>Aphelochaeta longisetosa</i>	15	21	1,41	0,018	0,025	1,41
<i>Diopatra chiliensis</i>	5	7	1,41	0,006	0,008	1,41
<i>Lumbrineris chilensis</i>	15	7	0,47	0,024	0,006	0,27
<i>Nephtys ferruginea</i>	10	14	1,41	0,066	0,093	1,41
Polynoidae indet.	5	7	1,41	0,012	0,016	1,41
ARTHROPODA						
Crustacea						
<i>Heterophoxus oculatus</i>	25	7	0,28	0,018	0,012	0,69
<i>Liljeborgia</i> sp.	5	7	1,41	0,002	0,002	1,41
<i>Neotrypaea pacifica</i>	5	7	1,41	0,032	0,045	1,41
<i>Pinnixa valdiviensis</i>	140	57	0,40	0,610	0,315	0,52
MOLLUSCA						
Bivalvia						
<i>Malletia chilensis</i>	5	7	1,41	0,534	0,754	1,41
<i>Nucula pisum</i>	10	0	0,00	0,083	0,057	0,68
<i>Tagelus dombeii</i>	15	7	0,47	3,104	3,121	1,01
Total	260			4,548		
Riqueza específica	13					

Fuente: Ecotecnos

D.E.: Desviación estándar; C.V.: Coeficiente de variación

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		52
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

Tabla 5.18. Abundancia (ind/m²) y biomasa (g/m²) promedio de las especies registradas en la estación control CQ-10. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

Estación CQ-10						
TAXA	Abundancia			Biomasa		
	Promedio	D.E	C.V	Promedio	D.E	C.V
ANNELIDA						
Polychaeta						
<i>Acromegalomma pigmentum</i>	10	14	1,41	0,060	0,084	1,41
<i>Aphelochaeta longisetosa</i>	15	21	1,41	0,022	0,030	1,41
<i>Diopatra chiliensis</i>	15	7	0,47	0,057	0,054	0,94
<i>Isolda viridis</i>	15	7	0,47	0,294	0,043	0,15
Maldanidae indet.	5	7	1,41	0,007	0,009	1,41
Spionidae indet.	5	7	1,41	0,005	0,007	1,41
Terebellidae indet.	5	7	1,41	0,006	0,008	1,41
ARTHROPODA						
Crustacea						
<i>Pinnixa valdiviensis</i>	5	7	1,41	0,008	0,011	1,41
ECHINODERMATA						
Ophiuroidea						
Ophiuroidea indet.	5	7	1,41	0,145	0,204	1,41
Total	80			0,601		
Riqueza específica	9					

Fuente: Ecotecnos

D.E.: Desviación estándar; C.V.: Coeficiente de variación

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		53
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

Tabla 5.19. Abundancia (ind/m²) y biomasa (g/m²) promedio de las especies registradas en la estación control CQ-11. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

Estación CQ-11						
TAXA	Abundancia			Biomasa		
	Promedio	D.E	C.V	Promedio	D.E	C.V
ANNELIDA						
Polychaeta						
<i>Aphelochaeta longisetosa</i>	5	7	1,41	0,016	0,022	1,41
<i>Cirratulus cirratus</i>	5	7	1,41	0,007	0,010	1,41
<i>Mediomastus</i> sp.	95	78	0,82	0,053	0,030	0,56
<i>Sthenelais helenae</i>	10	0	0,00	0,224	0,229	1,02
ARTHROPODA						
Crustacea						
<i>Aora maculata</i>	10	0	0,00	0,002	0,001	0,47
Cumacea indet.	5	7	1,41	0,001	0,001	1,41
<i>Eudevenopus gracilipes</i>	5	7	1,41	0,001	0,001	1,41
<i>Heterophoxus oculatus</i>	5	7	1,41	0,002	0,003	1,41
<i>Pinnixa valdiviensis</i>	5	7	1,41	0,006	0,008	1,41
CNIDARIA						
Anthozoa						
Actiniaria indet.	5	7	1,41	0,010	0,014	1,41
MOLLUSCA						
Bivalvia						
<i>Cumingia mutica</i>	15	21	1,41	2,996	4,236	1,41
<i>Malvinasia molinae</i>	10	0	0,00	0,028	0,004	0,13
<i>Tagelus dombeii</i>	10	14	1,41	0,065	0,091	1,41
NEMERTEA						
Nemertea indet.	15	21	1,41	0,013	0,018	1,41
Total	200			3,421		
Riqueza específica	14					

Fuente: Ecotecnos

D.E.: Desviación estándar; C.V.: Coeficiente de variación

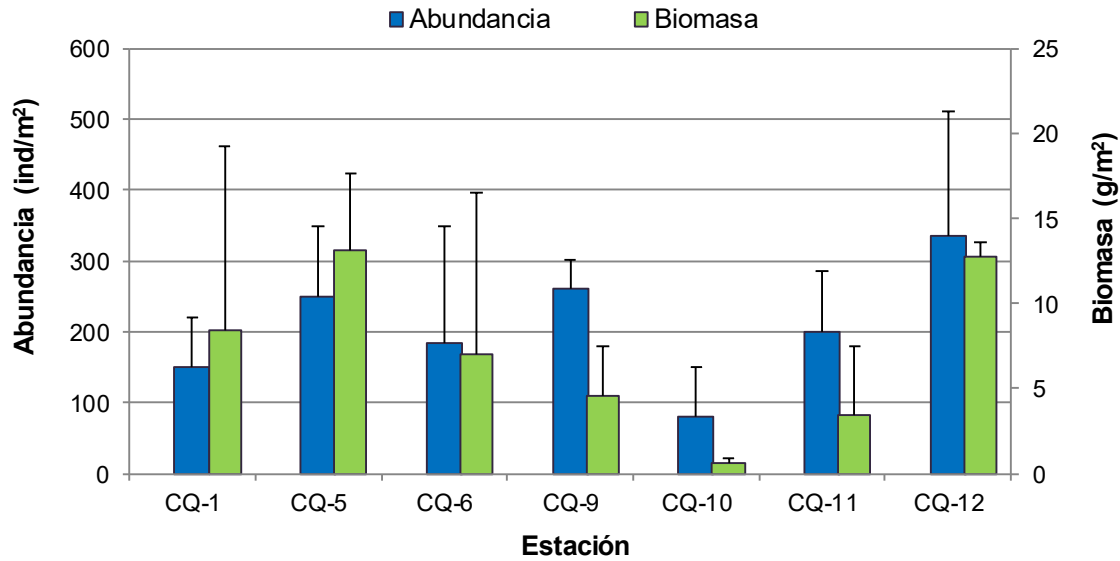
	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		54
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

Tabla 5.20. Abundancia (ind/m²) y biomasa (g/m²) promedio de las especies registradas en la estación control CQ-12. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

Estación CQ-12						
TAXA	Abundancia			Biomasa		
	Promedio	D.E	C.V	Promedio	D.E	C.V
ANNELIDA						
Polychaeta						
<i>Aglaophamus peruana</i>	5	7	1,41	0,019	0,026	1,41
<i>Diopatra chilensis</i>	10	14	1,41	0,072	0,102	1,41
<i>Isolda viridis</i>	5	7	1,41	0,013	0,018	1,41
<i>Leitoscoloplos chilensis</i>	15	7	0,47	0,054	0,006	0,12
<i>Lumbrineris chilensis</i>	5	7	1,41	0,011	0,015	1,41
<i>Mediomastus</i> sp.	5	7	1,41	0,003	0,004	1,41
<i>Paraprionospio pinnata</i>	5	7	1,41	0,016	0,022	1,41
Spionidae indet.	10	14	1,41	0,018	0,025	1,41
<i>Sthenelais helenae</i>	10	14	1,41	0,323	0,457	1,41
ARTHROPODA						
Crustacea						
<i>Ampelisca</i> sp.	15	7	0,47	0,015	0,004	0,28
Cumacea indet.	5	7	1,41	0,001	0,001	1,41
<i>Heterophoxus oculatus</i>	10	14	1,41	0,003	0,004	1,41
<i>Pinnixa valdiviensis</i>	10	14	1,41	0,076	0,107	1,41
ECHINODERMATA						
Ophiuroidea						
Ophiuroidea indet.	5	7	1,41	0,024	0,034	1,41
MOLLUSCA						
Bivalvia						
<i>Malvinasia molinae</i>	15	21	1,41	0,016	0,023	1,41
<i>Nucula pisum</i>	195	134	0,69	0,487	0,282	0,58
<i>Tagelus dombeii</i>	10	0	0,00	11,605	0,768	0,07
Total	335			12,753		
Riqueza específica	17					

Fuente: Ecotecnos

D.E.: Desviación estándar; C.V.: Coeficiente de variación



Fuente: Ecotecnos

Figura 5.22. Distribución de los valores de abundancia y biomasa registrados en el submareal de sustrato blando. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

5.3.3 ÍNDICES ECOLÓGICOS

Los índices ecológicos de la macrofauna submareal calculados por estación de muestreo, para el presente monitoreo invernal, están detallados en la Tabla 5.21. Su representación gráfica se muestra entre la Figura 5.23 y la Figura 5.26.

Tabla 5.21. Índices ecológicos de la macrofauna submareal calculados para cada estación de muestreo. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

Estación	S	J'	H'	D'
CQ-1	9	0,90	1,98	0,16
CQ-5	14	0,82	2,16	0,18
CQ-6	15	0,82	2,22	0,17
CQ-9	13	0,69	1,76	0,31
Promedio ± D.E.	13 ± 3	0,81 ± 0,09	2,03 ± 0,21	0,21 ± 0,07
CQ-10	9	0,94	2,07	0,13
CQ-11	14	0,75	1,99	0,25
CQ-12	17	0,64	1,80	0,35
Promedio ± D.E. (Control)	13 ± 4	0,78 ± 0,15	1,95 ± 0,14	0,24 ± 0,11

Fuente: Ecotecnos

D.E.: Desviación estándar;

S: Riqueza de especies; J': Equidad de Pielou; H': Diversidad de Shannon (nats/ind); D': Dominancia de Simpson

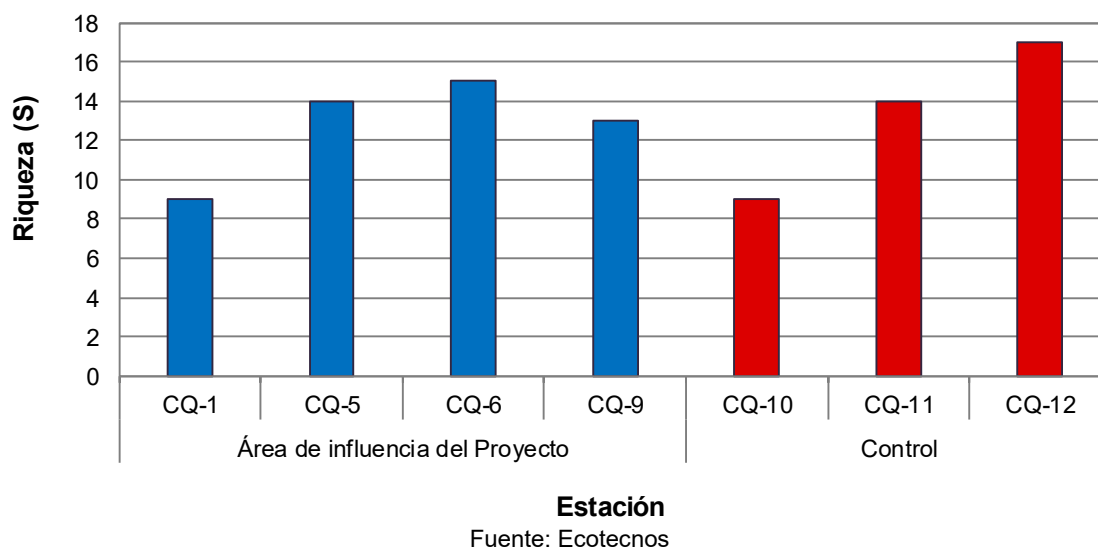


Figura 5.23. Riqueza de especies de la comunidad submareal de sustrato blando, por estación de muestreo. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

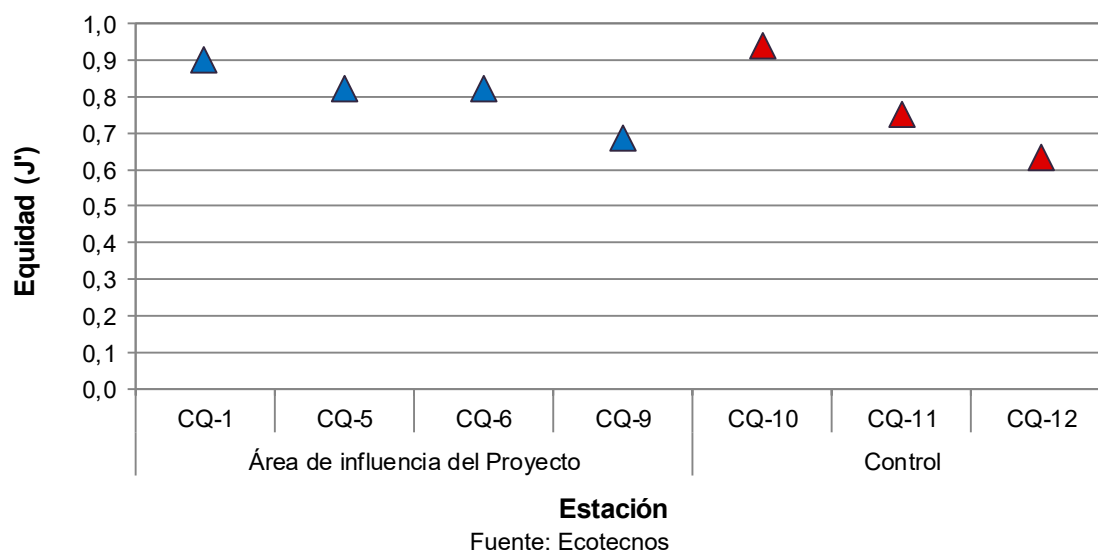


Figura 5.24. Índice de equidad de la comunidad submareal de sustrato blando, por estación de muestreo. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

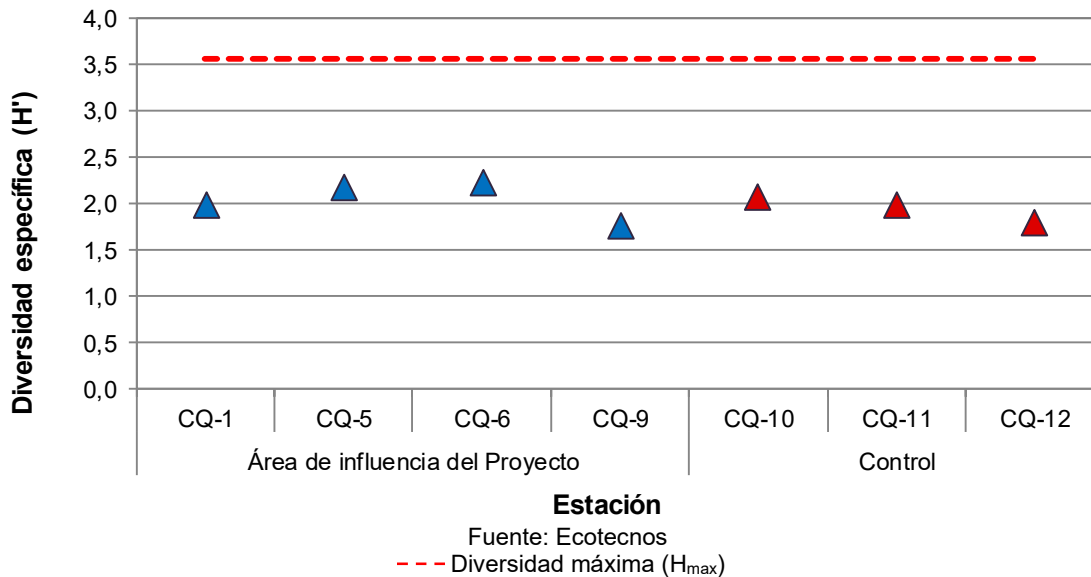


Figura 5.25. Diversidad específica de la comunidad submareal de sustrato blando por estación de muestreo. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

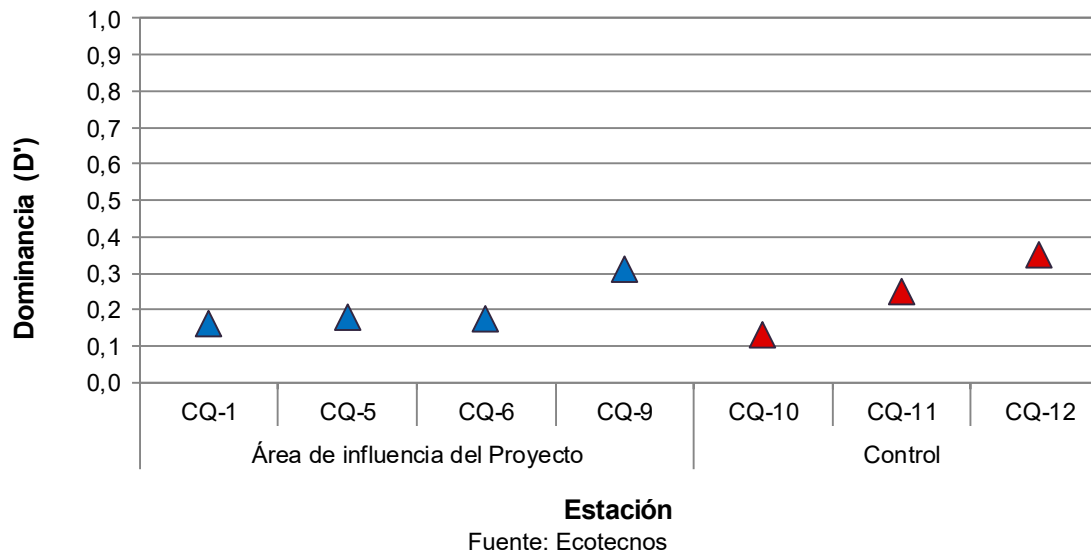


Figura 5.26. Índice de dominancia de la comunidad submareal de sustrato blando por estación de muestreo. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

5.3.4 MEDIDAS DE EVALUACIÓN AMBIENTAL

Las curvas ABC de las estaciones del área de estudio, que registraron un mínimo de 8 taxa por sitio (*sensu* Carrasco *et al.* 1996), se exponen en la Figura 5.27. En Figura 5.28, en tanto, se grafican los valores del índice AMBI a lo largo del sector prospectado.

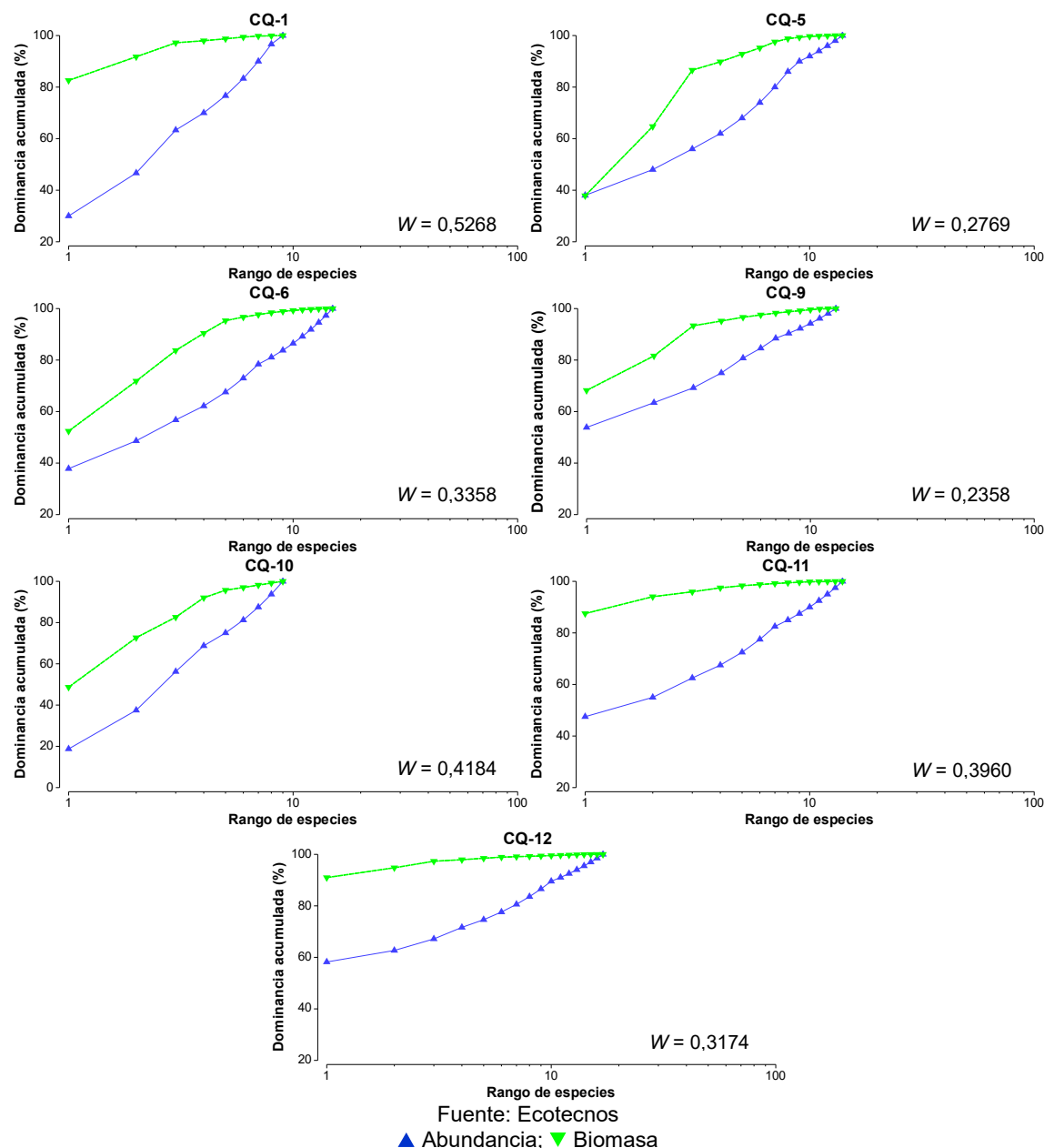


Figura 5.27. Curvas ABC. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

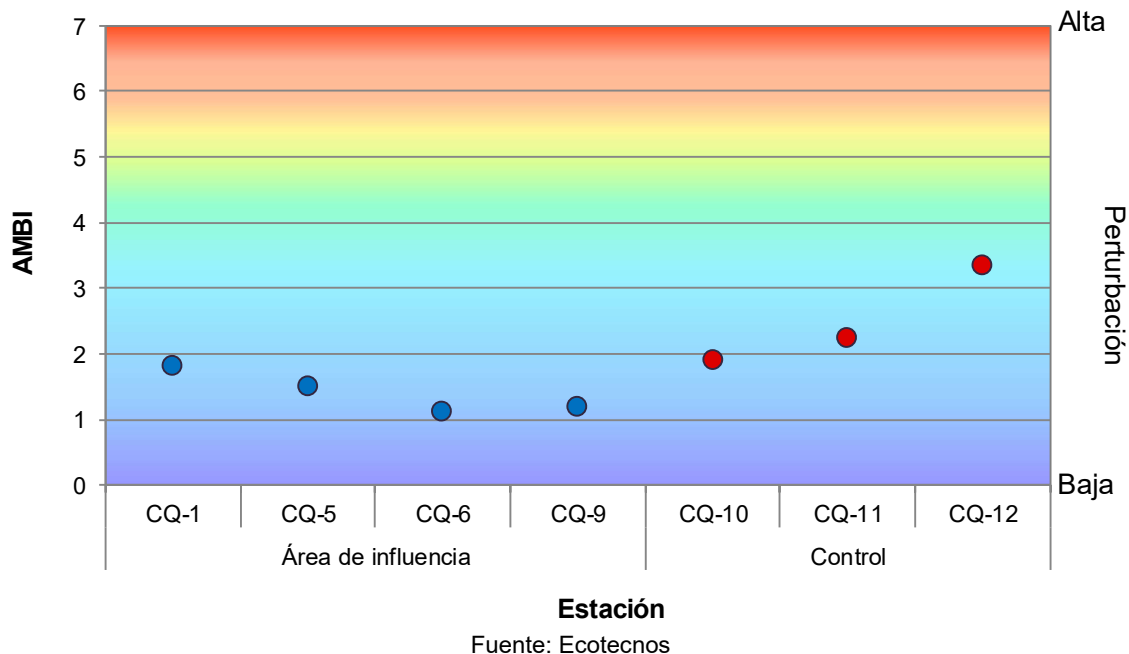
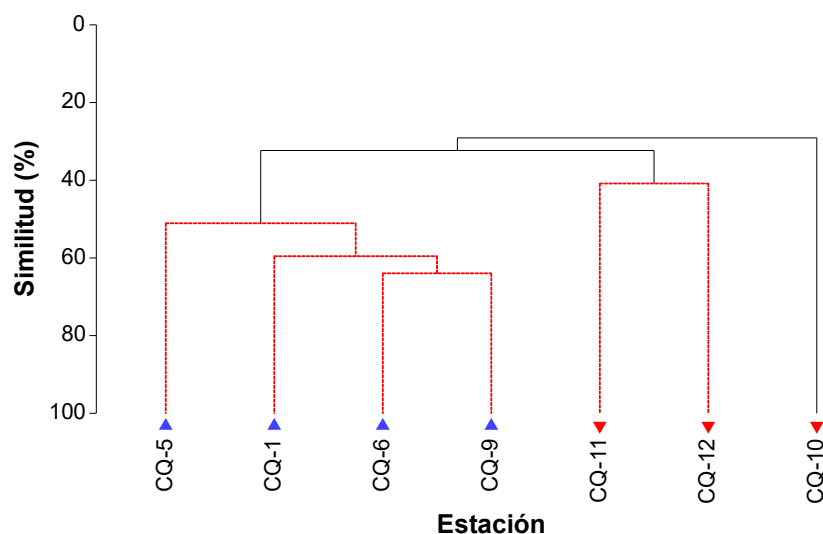


Figura 5.28. Índice biótico AMBI calculado por estación de muestreo. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

5.3.5 ANÁLISIS MULTIVARIADOS

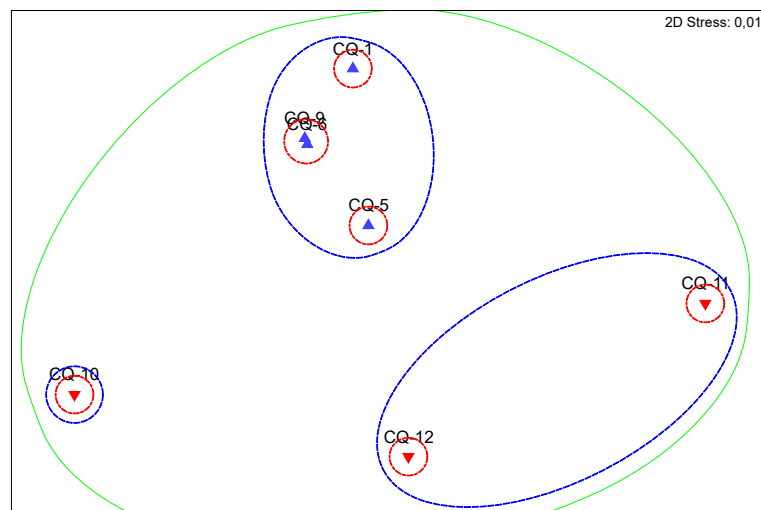
El análisis de clasificación, construido sobre la matriz de similitud de Bray-Curtis en base a las cifras de abundancia por especie (previa transformación de los datos a la raíz cuarta), se expone en la Figura 5.29. Subsecuentemente, la relación de similitud entre estaciones se despliega gráficamente en un plan ordinal a través de la Figura 5.30.



Fuente: Ecotecnos

En rojo agrupaciones sin diferencias significativas y en negro agrupaciones con diferencias significativas

Figura 5.29. Dendrograma clasificatorio de la macrofauna submareal por estación de muestreo. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.



Fuente: Ecotecnos

Las líneas indican porcentajes de similitud de acuerdo con el dendrograma:

— 20%; — 40%; - - - 60%

Figura 5.30. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico de la macrofauna submareal, por estación de muestreo. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		61
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

5.4 MAMÍFEROS MARINOS

5.4.1 AVISTAMIENTO POR TIERRA

Durante el desarrollo del presente monitoreo, en el área de estudio correspondiente a las estaciones CQ-1, CQ-3 y CQ-5 no hubo avistamientos de mamíferos marinos, particularmente, pinnípedos, cetáceos y mustélidos, así como, no fueron encontrados vestigios (e.g. pisadas, fecas) de la presencia de chungungo (*Lontra felina*) en el sector de estudio. Tampoco se observaron ejemplares muertos en las inmediaciones de los puntos de avistamiento terrestre. En la Fotografía 5.1 se presenta una vista general del área de estudio durante el recorrido por tierra.



Fuente: Ecotecnos

Fotografía 5.1. Vista general de las estaciones de avistamiento de mamíferos marinos por tierra. Estación CQ-1, Estación CQ-3 y Estación CQ-5. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

5.4.2 AVISTAMIENTO POR MAR

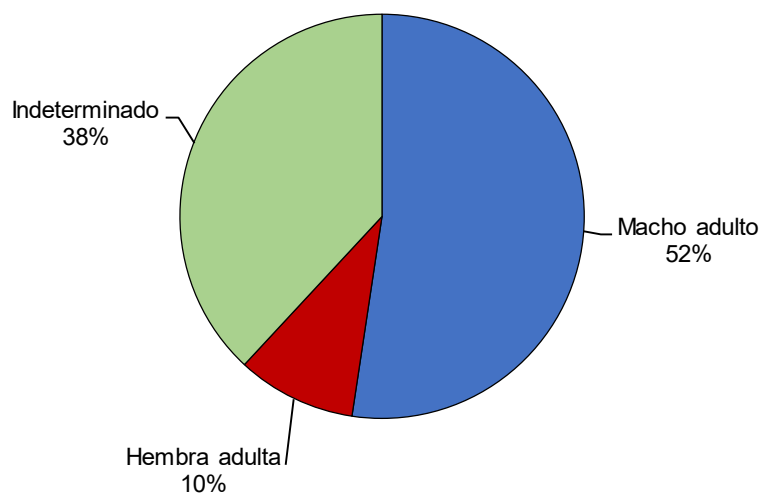
Durante el avistamiento efectuado mediante el transecto marítimo, se registró la presencia del pinnípedo *Otaria byronia* en tanto que, no hubo registros de cetáceos, así como del mustélido *Lontra felina* en el sector del Proyecto.

Se identificó un total de 21 individuos de *O. byronia*, correspondiendo a una abundancia relativa de 13,3 ind/Eth y una densidad de 5,74 ind/km² (Tabla 5.22). El aporte porcentual de cada clase etaria se muestra en la Figura 5.31 y Tabla 5.22. Mientras que la abundancia diaria, abundancia relativa (ind/Eth) de los ejemplares avistados se presentan en la Tabla 5.22 y Figura 5.32.

Tabla 5.22. Clase etaria de *Otaria byronia*, con número de individuos, abundancia relativa (ind/Eth), densidad (individuos/km²) y aporte porcentual registrada durante el transecto de navegación. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

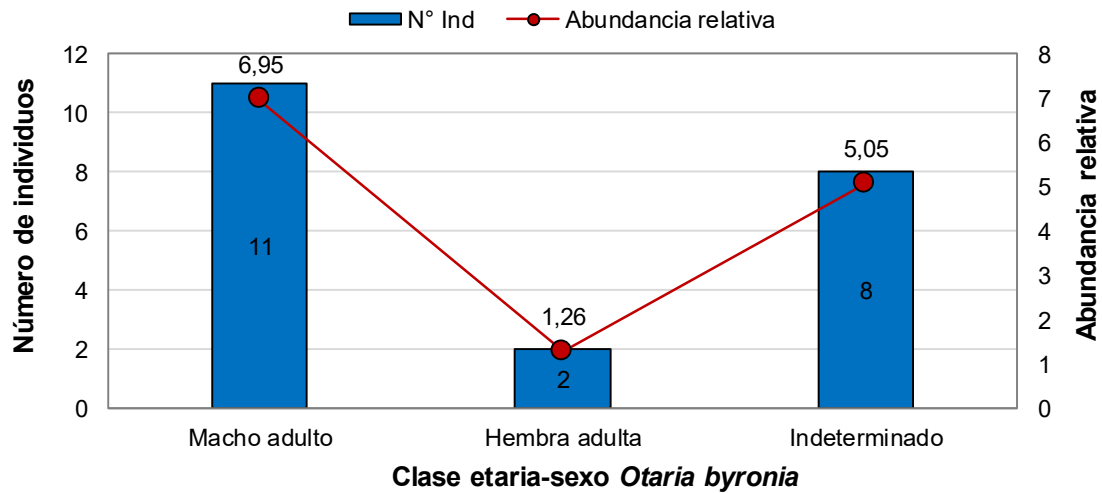
Clase etaria	Número de individuos	Abundancia relativa (ind/Eth)	Densidad (ind/km ²)	Aporte porcentual
Macho adulto	11	6,9	3,01	52
Hembra adulta	2	1,3	0,55	10
Indeterminado adulto	8	5,1	2,19	38
Total	21	13,3	5,74	100,0

Fuente: Ecotecnos



Fuente: Ecotecnos

Figura 5.31. Distribución porcentual de la clase etaria de *Otaria byronia* registrados durante el transecto de navegación. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.



Fuente: Ecotecnos

Figura 5.32. Número de individuos y abundancia relativa (ind/Eth) de *Otaria byronia* registrados durante el transecto de navegación, según la clase etaria y sexo de los ejemplares. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

En la Fotografía 5.2 se presenta una vista general el área de estudio, durante el transecto de navegación.

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN		EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	64
	Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.		



Fuente: Ecotecnos

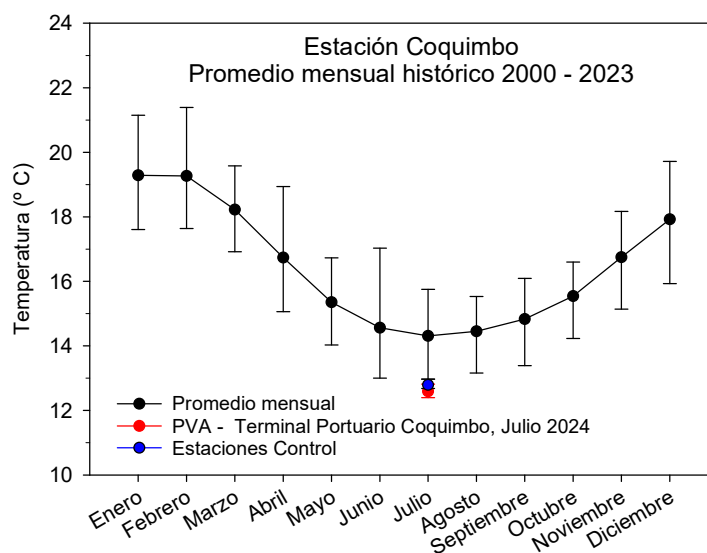
Fotografía 5.2. Imágenes captadas durante el transecto de navegación para el avistamiento de mamíferos marinos. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

6 DISCUSIÓN

6.1 COLUMNA DE AGUA

6.1.1 PARÁMETROS *IN SITU* EN LA COLUMNA DE AGUA.

Durante esta campaña invernal las profundidades de las estaciones ubicadas en el área de interés del proyecto variaron entre 12,5 y 20 m en las estaciones CQ-1 y CQ-9, respectivamente. En tanto, en los sitios de muestreo definidos como control, estas se encontraron entre 4,5 m en CQ-11 y 25,5 m en CQ-10 (Tabla 5.2). De acuerdo con caracterización físico-química de las aguas marinas del sector portuario de Coquimbo, la transparencia en las estaciones localizadas en el área de influencia fue, en general alta, manteniéndose entre 4,75 y 7,0 m de profundidad en CQ-1 y CQ-5, en el orden dado (Figura 5.1 y Tabla 5.1), alcanzando un promedio de 6,25 m esta zona de bahía Coquimbo y presentando un coeficiente de variación indicativo de una dispersión estable entre los sitios de muestreo siendo de 16,3 % (Tabla 5.3). Por otra parte, en las estaciones control, este parámetro fue heterogéneo presentando una baja visibilidad en CQ-11 (2,75 m), moderada en CQ-12 (5,5 m) y alta en CQ-10 (6,25 m). En este contexto, es importante señalar que, en los ecosistemas marinos, la transparencia describe las propiedades ópticas del agua del mar, indicando la presencia de organismos plánticos, materia orgánica y partículas suspendidas que actúan como interferentes para la penetración de la luz (Zhou *et al.* 2021).



Fuente: www.shoa.cl

Las barras de error muestran los valores máximos y mínimos para el periodo indicado
El punto rojo indica el valor promedio para el monitoreo actual, mientras que el punto azul indica el valor promedio de las estaciones control

Figura 6.1. TSM para la estación de Coquimbo, periodo 2009-2022. Se indica además el promedio y la dispersión para la presente campaña de monitoreo. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

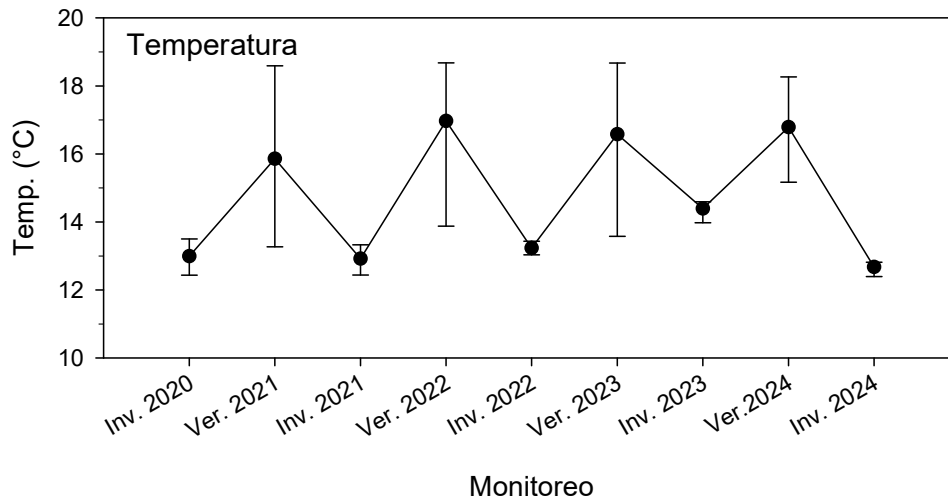
	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		66
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

En cuanto a la temperatura superficial del mar (TSM) medida en el área de influencia del sector portuario de Coquimbo, este parámetro fue estable entre estaciones variando entre 12,40 y 12,82 °C en los sitios de muestreo CQ-5 y CQ-6, respectivamente (Tabla 5.1), obteniéndose un promedio de 12,59 °C en la franja costera evaluada (Tabla 5.3). A su vez, en las estaciones referenciales CQ-10, CQ-11 y CQ-12, sus magnitudes fueron similares a las señaladas. De acuerdo con lo anterior, cabe mencionar que el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA) reportó que el promedio histórico para el mes de julio en la estación oceanográfica de bahía Coquimbo, considerando valores medidos desde el año 2000 hasta 2023, fue de 14,31 °C (Figura 6.1), valor que al ser comparado con la media obtenida en esta campaña invernal evidenció una variación térmica de 1,72 °C, diferencia relacionada con anomalías subsuperficiales detectadas en el océano Pacífico debido al desarrollo de una onda Kelvin fría, evento de escala global que afectó a toda la costa chilena entre marzo y julio de 2024³.

Por otro lado, la distribución vertical de la temperatura de la columna de agua (Figura 5.2 hasta Figura 5.8), indicó que el área de estudio presentó una estructura térmica similar en todos los sitios de muestreo, observándose valores ligeramente mayores en aguas profundas. Tal como se comentó en el párrafo anterior, en el estrato superior de la columna de agua se obtuvo un promedio de 12,59 °C (Tabla 5.3), mientras que en aguas de fondo la temperatura del agua de mar se mantuvo entre 12,73 y 12,82 °C en las estaciones CQ-9 y CQ-1, en el orden dado (Tabla 5.2), alcanzando un promedio de 12,77 °C en este nivel de la columna de agua (Tabla 5.3). En tanto, en los sitios control, la temperatura fue similar a la registrada en el área de influencia del proyecto. Durante esta campaña se observaron aguas bien mezcladas, sin detectarse estratificación en ninguna de las estaciones consideradas en este estudio.

En la Figura 6.2 se expone el registro histórico de la temperatura medida en la columna de agua en la franja costera evaluada de bahía Coquimbo, serie de tiempo elaborada desde la implementación de este Programa de Vigilancia Ambiental en 2020 hasta la actual campaña de invierno de 2024. Durante el periodo indicado se han observado fluctuaciones estacionales de temperatura, registrándose menores magnitudes en los monitoreos efectuados en invierno y mayores en los meses de verano. En la temporada estival, la temperatura se ha mantenido entre 13,27 y 18,68 °C, alcanzando un promedio de 16,54 °C, a su vez, en la época invernal, la temperatura del agua de mar ha fluctuado entre 12,39 y 14,59 °C, obteniéndose una media de 13,24 °C. Por último, cabe señalar que los resultados obtenidos en esta campaña de julio de 2024 se encontraron dentro de los más bajos registrados en esta serie temporal, debido a la onda Kelvin fría que afectó la costa chilena entre marzo y julio del presente año, sin relacionarse esta variación con las operaciones portuarias.

³ <https://ciifen.org/el-nino-la-nina-ciifen/> Visitada en agosto de 2024.



Fuente: Ecotecnos

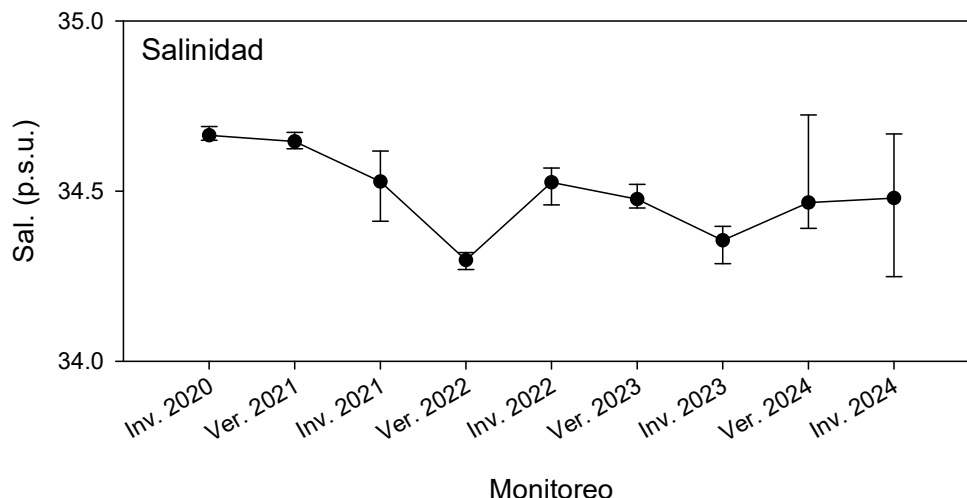
Se han excluido los resultados de las estaciones control (CQ-10, CQ-11 y CQ-12)
La esfera negra representa el promedio de la temperatura para cada monitoreo realizado. Las barras de error representan el valor máximo y mínimo para cada monitoreo

Figura 6.2. Fluctuación temporal de la temperatura (°C) del estrato superficial y profundo de la columna de agua. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

La salinidad del agua de mar durante esta campaña invernal fue altamente estable en el área de estudio (ver desde Figura 5.2 hasta Figura 5.8), alcanzando en aguas superficiales concentraciones que variaron entre 34,25 y 34,67 p.s.u. en las estaciones CQ-1 y CQ-9, respectivamente (Tabla 5.1), registrando una media de 34,48 p.s.u. en el área de influencia de las obras portuarias (Tabla 5.3), asimismo, en aguas de fondo sus magnitudes se encontraron entre 34,46 y 34,49 p.s.u. en los sitios de muestreo CQ-5 y CQ-6/CQ-9, en el orden dado (Tabla 5.2), obteniéndose un promedio de 34,48 p.s.u en este nivel de la columna de agua (Tabla 5.3). A su vez, en las estaciones definidas como control, se observaron salinidades que se mantuvieron dentro de los rangos descritos (Tabla 5.1), siendo esperable debido al comportamiento altamente conservativo de este parámetro en los ecosistemas marinos. Los resultados de las mediciones efectuadas en esta campaña fueron concordantes con lo reportado por la literatura donde Thiel *et al.* (2007) informaron que en la costa chilena comprendida entre los 18 y 35 °S, las concentraciones de salinidad en las aguas marinas varían entre 34 y 35 p.s.u.

El registro histórico de la salinidad en el área de estudio se presenta en la Figura 6.3, serie de tiempo que cuenta con mediciones obtenidas desde 2020 a julio de 2024. Durante la implementación del presente PVA la salinidad del agua de mar en el sector portuario de bahía Coquimbo se ha mantenido dentro de los rangos descritos para este parámetro (34 y 35 p.s.u.; Thiel *et al.* 2007), sin observarse variaciones relacionadas con la estacionalidad de los muestreos ni con las actividades que se desarrollan en esta zona costera. En las campañas de invierno, los promedios de salinidad se han mantenido entre 34,36 y 34,66 p.s.u., mientras que en verano han variado entre 34,30 y 34,64 p.s.u.

En cuanto a la presente campaña invernal, las mediciones se ajustaron a lo registrado en esta serie temporal.



Fuente: Ecotecnos

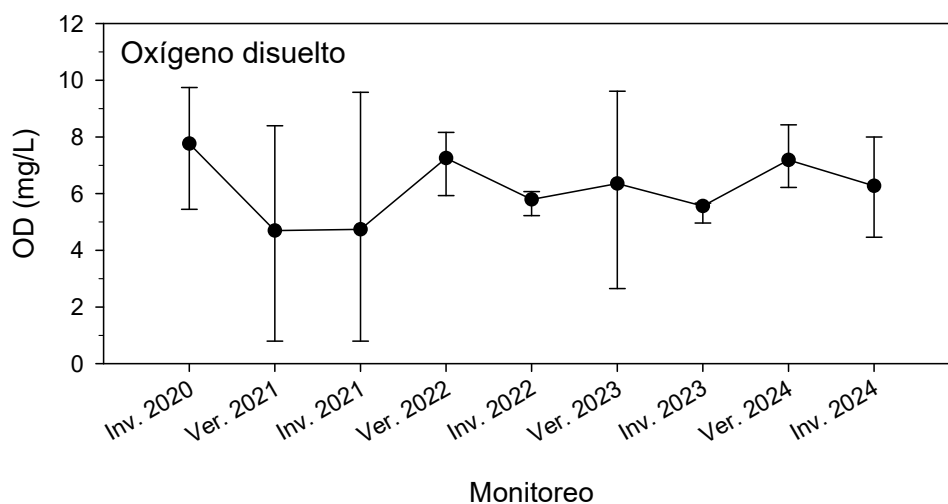
Se han excluido los resultados de las estaciones control (CQ-10, CQ-11 y CQ-12)
La esfera negra representa el promedio de la salinidad para cada monitoreo realizado. Las barras de error representan el valor máximo y mínimo para cada monitoreo

Figura 6.3. Fluctuación temporal de la salinidad (p.s.u.) del estrato superficial y profundo de la columna de agua. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

El oxígeno disuelto (OD) presentó mayores concentraciones en aguas superficiales mostrando una tendencia a disminuir en función de la profundidad de las estaciones (ver desde Figura 5.2 hasta la Figura 5.8), En la capa superior de la columna de agua, sus concentraciones fluctuaron entre 6,90 mg/L en la estación CQ-1 y 7,16 mg/L en CQ-6 (Tabla 5.1), obteniéndose un promedio de 7,05 mg/L en área de influencia y un coeficiente de variación de 1,7 % (Tabla 5.3), valor que indica una alta estabilidad en las distribuciones de OD entre los sitios de muestreo. En tanto, en aguas profundas, las magnitudes de este parámetro variaron entre 4,47 y 5,06 mg/L en las estaciones CQ-9 y CQ-6, respectivamente (Tabla 5.2), alcanzando una media de 4,85 mg/L, estrato donde también se registró un comportamiento estable del oxígeno evidenciado por un coeficiente de variación de 5,4 % (Tabla 5.3). Por otra parte, en las estaciones control las concentraciones de oxígeno disuelto fueron similares a las señaladas en ambos estratos evaluados. En cuanto a las distribuciones verticales, es importante mencionar que no se registró estratificación en ninguna de las estaciones monitoreadas, observándose aguas ventiladas en todo el sector portuario de bahía Coquimbo, sin detectarse la intrusión de aguas anóxicas (< 0,286 mg/L; Tribovillard *et al.* 2006).

En la Figura 6.4 se expone la variabilidad temporal de las concentraciones de oxígeno disuelto que han sido medidas en las aguas marinas del área de estudio desde 2020 hasta julio de 2024. En el periodo indicado, las distribuciones de OD han sido ampliamente variables entre campañas y entre estaciones, sin observarse un patrón

relacionado con la estacionalidad de los muestreos. Durante las campañas efectuadas en invierno, las concentraciones de oxígeno disuelto se mantuvieron en promedio entre 4,74 y 7,76 mg/L en 2021 y 2020, respectivamente, por otro lado, en verano las medias fluctuaron entre 4,70 mg/L en 2021 y 7,25 mg/L en 2022. De acuerdo con lo anterior, es preciso mencionar que durante la implementación de este PVA no se ha registrado la ocurrencia de aguas anóxicas en el área de estudio ($< 0,286$ mg/L; Tribovillard *et al.* 2006). Por último, en lo que respecta a la presente campaña de julio de 2024, los resultados de las mediciones se mantuvieron dentro del registro histórico.



Fuente: Ecotecnos

Se han excluido los resultados de las estaciones control (CQ-10, CQ-11 y CQ-12)

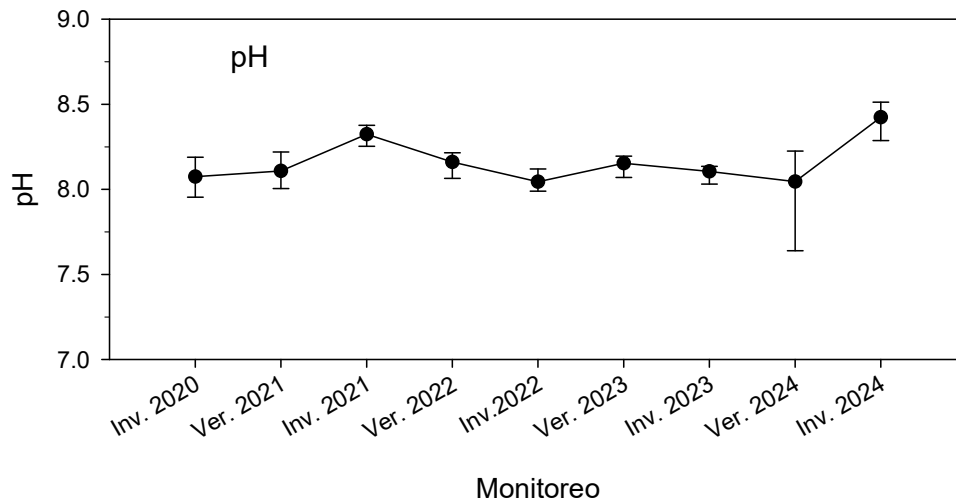
La esfera negra representa el promedio de la concentración para cada monitoreo realizado. Las barras de error representan la concentración máxima y mínima para cada monitoreo

Figura 6.4. Fluctuación temporal del oxígeno disuelto (mg/L) en el estrato superficial y profundo de la columna de agua. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

En cuanto al pH, este parámetro fue homogéneo en el sector portuario de bahía Coquimbo (ver desde Figura 5.2 hasta la Figura 5.8), variando entre 8,29 y 8,51 en las estaciones CQ-5 y CQ-6, en el orden dado (Tabla 5.1), obteniéndose un promedio de 8,41 (Tabla 5.3), mientras que, en aguas de fondo, sus magnitudes se encontraron entre 8,34 y 8,49 en los sitios de muestreo CQ-5 y CQ-1, respectivamente (Tabla 5.2), obteniéndose una media de 8,44 (Tabla 5.3). En ambos estratos, las distribuciones de pH fueron altamente estables registrando coeficientes de variación menores a 1,5 % (Tabla 5.3). A su vez, las estaciones referenciales CQ-10, CQ-11 y CQ-12, presentaron valores de pH similares a los mencionados a excepción de lo que se observó en aguas superficiales de la estación CQ-10 alcanzando una magnitud de 7,99 en este nivel de la columna de agua. En este contexto, cabe señalar que, en el agua de mar, el pH presenta valores estables de alrededor de 7,6 a 8,2, registrando ciertas variaciones en algunas zonas costeras producto de la acumulación de CO_2 en la columna de agua (Libes 2009), por tanto, en términos generales, los valores obtenidos en este monitoreo fueron ligeramente superiores a los informados por la literatura.

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		70
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

El registro temporal de las variaciones de pH en las aguas marinas del área de estudio se expone en la Figura 6.5, serie histórica elaborada desde la campaña realizada en invierno de 2020 hasta el actual monitoreo de invierno de 2024. Durante la implementación de este PVA los valores de pH se han mantenido relativamente estables en el área de estudio, con promedios que en las campañas de invierno variaron entre 8,05 y 8,42 en 2022 y 2024, respectivamente, en tanto, en verano los promedios se encontraron entre 8,05 y 8,16 durante los monitoreos efectuados en 2024 y 2021, correspondientemente. Los resultados de esta campaña invernal fueron los más elevados de esta serie temporal.



Fuente: Ecotecnos

Se han excluido los resultados de las estaciones control (CQ-10, CQ-11 y CQ-12)

La esfera negra representa el promedio de pH para cada monitoreo realizado. Las barras de error representan el valor máximo y mínimo para cada monitoreo

Figura 6.5. Fluctuación temporal del pH en el estrato superficial y profundo de la columna de agua. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		71
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

6.1.2 PARÁMETROS QUÍMICOS EN LA COLUMNA DE AGUA

6.1.2.1 Elementos Metálicos y Metaloides

Los elementos metálicos y metaloides examinados en las aguas marinas de la zona portuaria de bahía Coquimbo fueron arsénico, cadmio, cinc, cobre, mercurio, níquel, plomo y vanadio, siendo analizados todos ellos en sus fases disueltas y totales, tanto en aguas superficiales como de fondo. De ellos, únicamente el mercurio se mantuvo bajo el límite de detección analítico en ambas fases analizadas y en los dos niveles evaluados de la columna de agua ($< 0,0004$ mg/L; Tabla 5.6 y Tabla 5.5), indicando con esto que sus concentraciones pudieron ser muy bajas o bien que no hubo presencia de este elemento metálico en el área de estudio. El comportamiento del resto de los elementos mencionados se detalla a continuación.

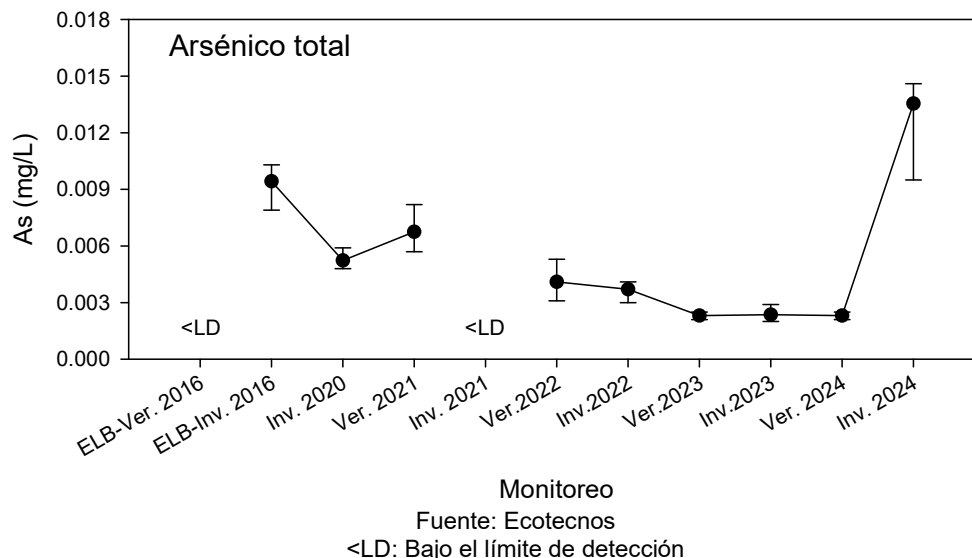
Durante esta campaña invernal, el arsénico total fue cuantificado en todas las estaciones consideradas en este Programa de Vigilancia Ambiental (Figura 5.9). En aguas superficiales sus concentraciones variaron entre 0,0138 mg/L en la estación CQ-9 y 0,0146 mg/L en CQ-1 (Tabla 5.4), alcanzando un promedio de 0,0142 mg/L y un coeficiente de variación de 2,9 % (Tabla 5.6), mostrando un comportamiento altamente estable en este estrato de la columna de agua. Del mismo modo, en agua profundas sus magnitudes fluctuaron entre 0,0138 y 0,0151 mg/L en las estaciones CQ-6 y CQ-9, respectivamente (Tabla 5.5), registrando una media de 0,0145 mg/L y un coeficiente de variación de 3,8 % (Tabla 5.6), evidenciando distribuciones altamente estables en este nivel. Con relación a las estaciones control, se debe precisar que sus magnitudes fueron similares a las obtenidas en el área de influencia de las operaciones portuarias, aunque en aguas superficiales estas fueron levemente superiores (Tabla 5.4 y Tabla 5.5).

A su vez, el arsénico disuelto también fue detectado en todas las muestras colectadas en la franja costera evaluada (Figura 5.9), metaloide que presentó en aguas superficiales magnitudes comprendidas entre 0,0124 y 0,0133 mg/L en los sitios de muestreo CQ-6 y CQ-9, en el orden dado (Tabla 5.4), donde se obtuvo un promedio de 0,0129 mg/L y un coeficiente de variación de 3,2 % (Tabla 5.6), indicativo de una alta estabilidad en el área de influencia. Por otra parte, en el estrato inferior de la columna de agua, las concentraciones de arsénico se encontraron entre 0,0095 mg/L en CQ-1 y 0,0145 mg/L en CQ-9 (Tabla 5.5), registrando una media de 0,0129 mg/L al igual que en superficie, presentando distribuciones estables entre estaciones con un coeficiente de variación de 18,2 % (Tabla 5.6). En lo que respecta a los sitios referenciales, en la capa superior sus magnitudes fueron ligeramente más elevadas (Tabla 5.4), mientras que en aguas profundas se mantuvieron dentro de los rangos indicados (Tabla 5.5).

En cuanto a la porción disuelta contenida en la concentración total, es importante señalar que, en esta campaña invernal, el arsénico en su fase disuelta correspondió entre un 85,5 y un 98,7 % de la fracción total en aguas superficiales, mientras que, en aguas de fondo su contenido se mantuvo entre 66,4 y 98,0 %. Lo anterior indica que en bahía Coquimbo, el arsénico disuelto alcanzó mayores proporciones que la fracción particulada. Los resultados de este monitoreo de julio de 2024 fueron superiores a algunos valores descritos para otras zonas costeras de la costa chilena, por ejemplo, Valdés *et al.* (2011) efectuaron un estudio en bahía San Jorge, región de Antofagasta,

quienes informaron concentraciones de arsénico disuelto comprendidas entre 0,0020 y 0,0029 mg/L, por otro lado, en el contexto del Programa de Observación Ambiental Litoral (POAL) de la Armada de Chile se han reportado concentraciones de arsénico disuelto entre los años 2022 y 2023, tanto en playa Changa como en el sector portuario en un rango de 0,0010 y 0,0020 mg/L, siendo también inferiores a las registradas en durante este estudio.

El registro histórico de las concentraciones de arsénico total en la columna de agua del sector portuario de bahía Coquimbo se exponen en la Figura 6.6. Esta serie temporal indicó que las distribuciones de arsénico en las aguas marinas no han presentado un patrón estacional, por otro lado, sólo en dos campañas este elemento metaloide se mantuvo bajo el límite de detección analítico en todas las estaciones ubicadas en el área de influencia del proyecto, correspondiendo a la línea base efectuada en verano de 2016 (ELB) y al monitoreo de invierno de 2021. Entre la segunda campaña de ELB de invierno de 2016 y la campaña de verano de 2021, las concentraciones de este elemento fueron elevadas y variables obteniéndose una media de 0,0071 mg/L en este periodo, magnitudes que disminuyeron entre los monitoreos efectuados en verano de 2022 y verano de 2024 alcanzando una media de 0,0030 mg/L. En tanto, durante la actual campaña de invierno de 2024 se registraron las mayores concentraciones de arsénico en la columna de agua obteniéndose un promedio de 0,0135 mg/L, por tanto, se recomienda analizar cuidadosamente sus distribuciones en los próximos monitoreos tendientes a este PVA.



Se han excluido los resultados de las estaciones control (CQ-10, CQ-11 y CQ-12). La esfera negra representa el promedio de la concentración para cada monitoreo realizado. Las barras de error representan la concentración máxima y mínima para cada monitoreo

Figura 6.6. Fluctuación temporal de la concentración de arsénico total (mg/L) en el estrato superficial y profundo de la columna de agua. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		73
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

En relación al cadmio se debe mencionar que su ocurrencia en el área de estudio fue esporádica (Figura 5.10), a nivel superficial este metal traza, tanto en su fase disuelta como total se mantuvo bajo el límite de detección analítico en todas las estaciones ubicadas en el área de influencia portuaria ($< 0,0001$ mg/L; Tabla 5.4), registrando valores cuantificables sólo en las estaciones control CQ-11 y CQ-12 alcanzando concentraciones de $0,0001$ mg/L en ambos sitios (Tabla 5.4). A su vez, en aguas de fondo, el cadmio disuelto y el cadmio total presentaron las mismas distribuciones, variando entre $0,0001$ y $0,0002$ mg/L (Tabla 5.5), promediando $0,0001$ mg/L y observándose un comportamiento variable en el área de interés, evidenciado por un coeficiente de variación de $43,3\%$ (Tabla 5.6). En las estaciones referenciales, este elemento metálico se encontró bajo el límite de detección ($< 0,0001$ mg/L; Tabla 5.5). Las concentraciones registradas en esta campaña de julio de 2024 fueron inferiores a las reportadas en el POAL donde se informaron valores de cadmio disuelto en playa Changa y puerto de Coquimbo de $0,0005$ mg/L en 2022 y 2023.

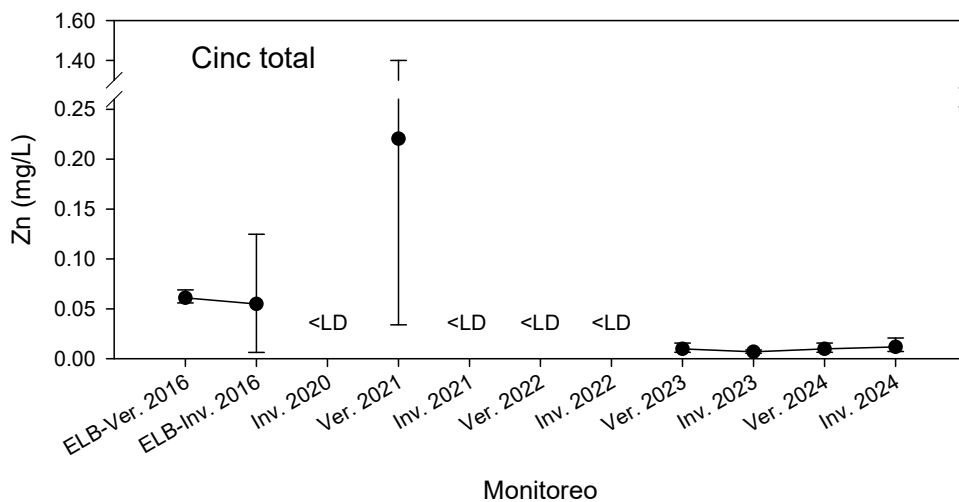
Por otro lado, la distribución temporal de cadmio total en el área evaluada de bahía Coquimbo reveló que este elemento metálico ha sido cuantificado sólo en dos de los monitoreos efectuados a la fecha, siendo estos invierno de 2020 en el que se registraron concentraciones que variaron entre $0,0005$ y $0,0007$ mg/L, y en la actual campaña de invernol de 2024 donde sus magnitudes fluctuaron entre $0,0001$ y $0,0002$ mg/L, demostrando que la ocurrencia de cadmio en el sector portuario de la bahía ha sido esporádica y limitada.

Por otro lado, el cinc total fue cuantificado en todas las estaciones, incluyendo a aquellas definidas como control (Figura 5.11; Tabla 5.4 y Tabla 5.5). En aguas superficiales se obtuvo una concentración mínima de $0,0073$ mg/L en la estación CQ-6 y una máxima de $0,0114$ mg/L en CQ-1 (Tabla 5.4), registrando un promedio de $0,0092$ mg/L en este nivel de la columna de agua y un coeficiente de variación de $19,2\%$ (Tabla 5.6), indicativo de distribuciones estables en el área de influencia de las operaciones portuarias. En el estrato profundo las concentraciones de cinc fueron más elevadas, variando entre $0,0081$ y $0,0208$ mg/L en las estaciones CQ-1 y CQ-5, respectivamente (Tabla 5.5), alcanzando una media de $0,0145$ mg/L y un coeficiente de variación de $41,2\%$ (Tabla 5.6), presentando un comportamiento variable entre los sitios de muestreo. En cuanto a las estaciones control cabe señalar que, en superficie, el cinc se mantuvo dentro de los rangos indicados CQ-10, sin embargo, en CQ-11 y CQ-12, sus concentraciones fueron más elevadas (Tabla 5.4), mientras que en aguas de fondo se encontraron en el rango mencionado (Tabla 5.5).

El cinc en su fase disuelta presentó una ocurrencia esporádica en el sector portuario de bahía Coquimbo (Figura 5.11) manteniéndose en aguas superficiales bajo el límite de detección analítico en todas las estaciones ($< 0,0005$ mg/L; Tabla 5.4), siendo únicamente cuantificado en la estación control CQ-11 donde se obtuvo una concentración de $0,0042$ mg/L (Tabla 5.4), a su vez, en aguas profundas este elemento metálico fue cuantificado sólo en dos sitios de muestreo CQ-5 y CQ-9, registrándose magnitudes de $0,0011$ y $0,0045$ mg/L, en el orden dado (Tabla 5.5). Estas concentraciones se mantuvieron dentro de los rangos reportados en otras zonas costeras del norte chileno, por ejemplo, Valdés *et al.* (2011) informaron que en bahía San Jorge (Antofagasta) las concentraciones de cinc disuelto en las aguas marinas

fluctuaron entre 0,0014 y 0,0090 mg/L. Por otro lado, durante este monitoreo invernal, el cinc disuelto en los sitios de muestreo donde fue detectado correspondió a un 28,4 % de la fracción total en aguas superficiales y entre 5,3 y 24,9 % en aguas profundas, indicando que la mayor proporción de cinc en la columna de agua de bahía Coquimbo fue su fracción particulada.

La variación temporal de las concentraciones de cinc en el área portuaria evaluada se presenta en la Figura 6.7. El referido registro histórico muestra que, en las dos campañas efectuadas en 2016, correspondientes al estudio de línea base (ELB), las concentraciones de este elemento traza fueron estables entre monitoreos alcanzando una media de 0,0580 mg/L, sin embargo, en verano se observaron amplias variaciones entre estaciones. Por otra parte, durante la ejecución de este Programa de Vigilancia Ambiental, el cinc se ha mantenido bajo el límite de detección analítico en cuatro de las nueve campañas realizadas a la fecha, siendo cuantificado en cinco de ellas, registrándose las concentraciones más elevadas en verano de 2021, donde se obtuvo una magnitud de 1,40 mg/L en aguas superficiales de la estación CQ-1. En las últimas cuatro campañas (verano 2023 – invierno 2024) el cinc se ha mantenido estable entre monitoreos y a través de los sitios de muestreo alcanzando una media de 0,0096 mg/L.



Fuente: Ecotecnos
<LD: Bajo el límite de detección

Se han excluido los resultados de las estaciones control (CQ-10, CQ-11 y CQ-12). La esfera negra representa el promedio de la concentración para cada monitoreo realizado. Las barras de error representan la concentración máxima y mínima para cada monitoreo

Figura 6.7. Fluctuación temporal de la concentración de cinc total (mg/L) del estrato superficial y profundo de la columna de agua. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

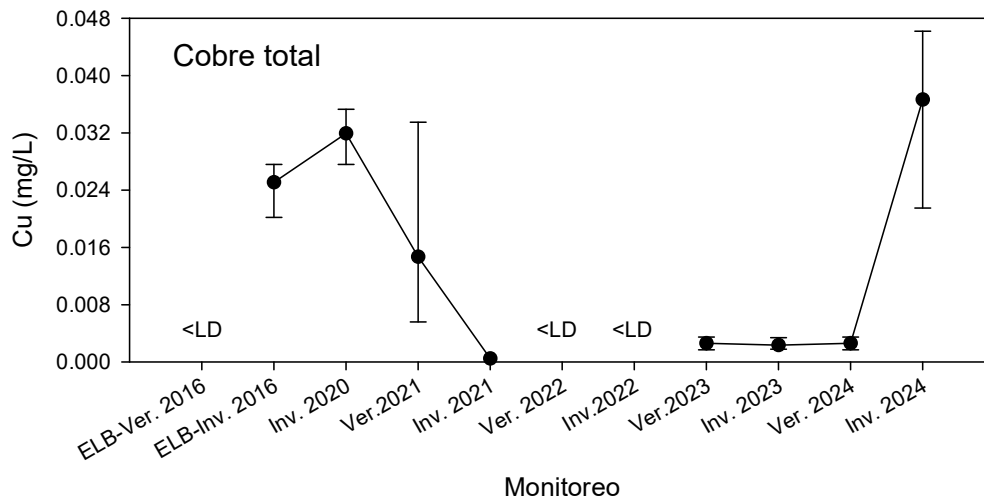
Durante esta campaña efectuada en julio de 2024, el cobre total fue cuantificado en todas las muestras obtenidas desde el área de estudio (Figura 5.12). En el estrato superior de la columna de agua, sus concentraciones variaron entre 0,0215 y 0,0418 mg/L en los sitios de muestreo CQ-1 y CQ-5, correspondientemente (Tabla 5.4), alcanzando una

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		75
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

media de 0,0329 mg/L y un coeficiente de variación de 25,6 % (Tabla 5.6), evidenciando distribuciones moderadamente variables en la franja portuaria evaluada. En tanto, en aguas profundas, sus magnitudes fluctuaron entre 0,0341 mg/L en la estación CQ-6 y 0,0462 mg/L en CQ-5 (Tabla 5.5), obteniéndose una media de 0,0405 mg/L en este nivel de la columna de agua, donde su comportamiento en el área de influencia fue estable, registrando un coeficiente de variación de 15,5 % (Tabla 5.6), En cuanto a las estaciones referenciales CQ-10, CQ-11 y CQ-12, cabe indicar que sus concentraciones se mantuvieron dentro de los rangos mencionados, siendo similares en ambos estratos examinados (Tabla 5.4 y Tabla 5.5).

Del mismo modo, el cobre en su fase disuelta fue detectado en todos los sitios de muestreo, presentando a nivel superficial concentraciones comprendidas entre 0,0060 y 0,0289 mg/L en las estaciones CQ-1 y CQ-6, en el orden dado (Tabla 5.4), alcanzando un promedio de 0,0214 mg/L y un coeficiente de variación de 48,6 %, valor indicativo de distribuciones variables entre los puntos de muestreo (Tabla 5.6). A su vez, en aguas profundas, las concentraciones de este elemento metálico fueron más elevadas, manteniéndose en un rango de 0,0202 y 0,0386 mg/L en CQ-1 y CQ-5, respectivamente (Tabla 5.5), estrato donde se registró un promedio de 0,0304 mg/L y un coeficiente de variación de 25,9 % (Tabla 5.6), evidenciando un comportamiento moderadamente variable entre los sitios de muestreo ubicados en el área de influencia de las operaciones portuarias. Las estaciones referenciales presentaron concentraciones similares a las descritas, aunque es preciso indicar que en aguas superficiales de CQ-12 se registró una magnitud mayor a la obtenida en el resto de los sitios evaluados (Tabla 5.4 y Tabla 5.5). De acuerdo con los resultados mencionados el cobre disuelto representó entre un 27,9 y 94,4 % de la fracción total, mientras que en aguas de fondo este rango fue de 44,4 a 93,6 %.

En la Figura 6.8 se expone la variación histórica de las concentraciones de cobre en el sector portuario de bahía Coquimbo, elaborada desde el estudio de línea base en 2016 a la actual campaña de julio de 2024. Durante el periodo señalado este elemento metálico se mantuvo bajo el límite de detección analítico en tres monitoreos, verano de 2016 (ELB), verano e invierno de 2022. En tanto, en las campañas en las que el cobre fue cuantificado sus distribuciones han sido ampliamente variables, desde el invierno de 2016 hasta el verano de 2021 se obtuvieron concentraciones promedio entre 0,0147 y 0,0319 mg/L, las que disminuyeron entre invierno de 2021 y verano de 2024, registrándose una media de 0,0020 mg/L, aumentando considerablemente en la presente campaña de invierno de 2024 donde se obtuvo un promedio de cobre en las aguas marinas del área de estudio de 0,0367 mg/L, comportamiento que debe ser evaluado en las próximas campañas.



Fuente: Ecotecnos
<LD: Bajo el límite de detección
Se han excluido los resultados de las estaciones control (CQ-10, CQ-11 y CQ-12). La esfera negra representa el promedio de la concentración para cada monitoreo realizado. Las barras de error representan la concentración máxima y mínima para cada monitoreo

Figura 6.8. Fluctuación temporal de la concentración de cobre total (mg/L) de estrato superficial y profundo de la columna de agua. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

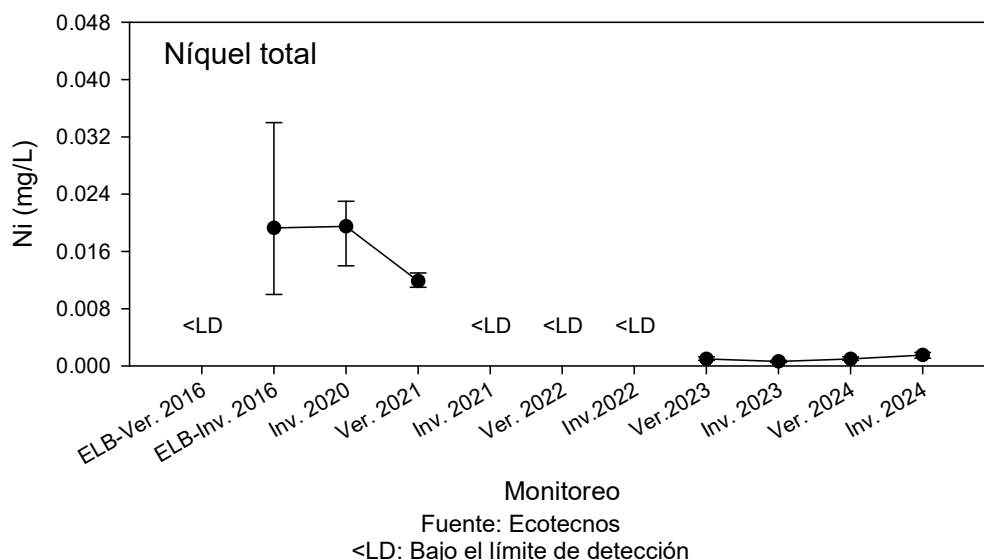
De acuerdo con los análisis de mercurio total y disuelto realizados en las muestras de agua de mar obtenidas en cada una de las estaciones definidas en este PVA, este elemento metálico se encontró bajo el límite de detección analítico en todo el sector portuario examinado, tanto en aguas superficiales como de fondo (Tabla 5.4 y Tabla 5.5), indicando con esto que el área de estudio, no presentó alteraciones asociadas a la ocurrencia de este elemento traza, tendencia que ha sido observada desde la fase previa a la ampliación del puerto, sugiriendo que las operaciones del Terminal Portuario Coquimbo no han incorporado mercurio a la columna de agua.

A su vez, el níquel total fue cuantificado en todas las estaciones consideradas en este PVA (Figura 5.13). En aguas superficiales sus concentraciones se mantuvieron entre 0,0011 y 0,0019 mg/L en las estaciones CQ-5 y CQ-6, en el orden dado, obteniéndose un promedio de 0,0015 mg/L y un coeficiente de variación de 25,3 % (Tabla 5.6), revelando una moderada variabilidad de sus distribuciones en este nivel de la columna de agua. En aguas profundas las concentraciones de este elemento metálico fueron similares a las mencionadas variando entre 0,0013 y 0,0018 mg/L en los sitios de muestreo CQ-5 y CQ-9, respectivamente (Tabla 5.5), alcanzando un promedio en este estrato de 0,0015 mg/L y un coeficiente de variación de 14,5 % (Tabla 5.6), demostrando un comportamiento estable en el área de influencia del proyecto de ampliación portuario. En cuanto a las estaciones control, estas registraron magnitudes que se encontraron dentro de los rangos indicados anteriormente (Tabla 5.4 y Tabla 5.5).

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		77
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

En tanto, el níquel en su fase disuelta también fue detectado en todas las estaciones evaluadas y en ambos niveles de la columna de agua (Figura 5.13). En superficie sus magnitudes fluctuaron entre 0,0009 y 0,0010 mg/L (Tabla 5.4), registrando un promedio de 0,0009 mg/L y un coeficiente de variación de 5,4 % evidenciando distribuciones altamente estables en el área de influencia (Tabla 5.6). Asimismo, en aguas profundas las concentraciones de níquel disuelto variaron entre 0,0008 mg/L en la estación CQ-1 y 0,0012 mg/L en CQ-5 (Tabla 5.5), registrando un promedio de 0,0010 mg/L y un coeficiente de variación indicativo de distribuciones estables de 18,2 % (Tabla 5.6). Por su parte, las estaciones control, mostraron la misma tendencia registrada en el área de interés en ambos estratos de la columna de agua. Durante esta campaña invernal de 2024 los análisis químicos indicaron que en aguas superficiales el níquel disuelto correspondió entre 47,4 y 81,8 % de la fracción total, mientras que en aguas de fondo este rango fue de 50,0 a 92,3 %, revelando que los mayores aportes de elementos traza en el área evaluada correspondieron a la fase disuelta y una pequeña porción a su fracción particulada. Finalmente, es preciso mencionar que los resultados obtenidos en esta campaña de julio de 2024 fueron considerablemente inferiores a los que se han reportado en otras bahías del norte chileno, por ejemplo, Valdés *et al.* (2011) informaron que las concentraciones de níquel disuelto en las aguas marinas de bahía San Jorge, región de Antofagasta variaron entre 0,0006 y 0,0047 mg/L.

La variación temporal de las concentraciones de níquel total en el sector portuario de bahía Coquimbo se presenta en la Figura 6.9. Desde el estudio de línea base a la fecha este elemento traza se mantuvo bajo el límite de detección analítico en cuatro campañas correspondiendo a verano de 2016 (ELB), invierno de 2021 y ambos monitoreos efectuados en el año 2022. Por otro lado, las mayores magnitudes de níquel en las aguas marinas del sector portuario fueron registradas en invierno de 2016 (ELB), obteniéndose una concentración máxima de 0,0340 mg/L en aguas superficiales de la estación CQ-4, manteniéndose elevadas hasta el monitoreo de verano de 2021. Por otro lado, desde el muestreo efectuado en verano de 2023 a la actual campaña de invierno de 2024, las magnitudes de este elemento metálico han sido relativamente constantes, registrando promedios que han fluctuado entre 0,0006 y 0,0015 mg/L.



Se han excluido los resultados de las estaciones control (CQ-10, CQ-11 y CQ-12). La esfera negra representa el promedio de la concentración para cada monitoreo realizado. Las barras de error representan la concentración máxima y mínima para cada monitoreo

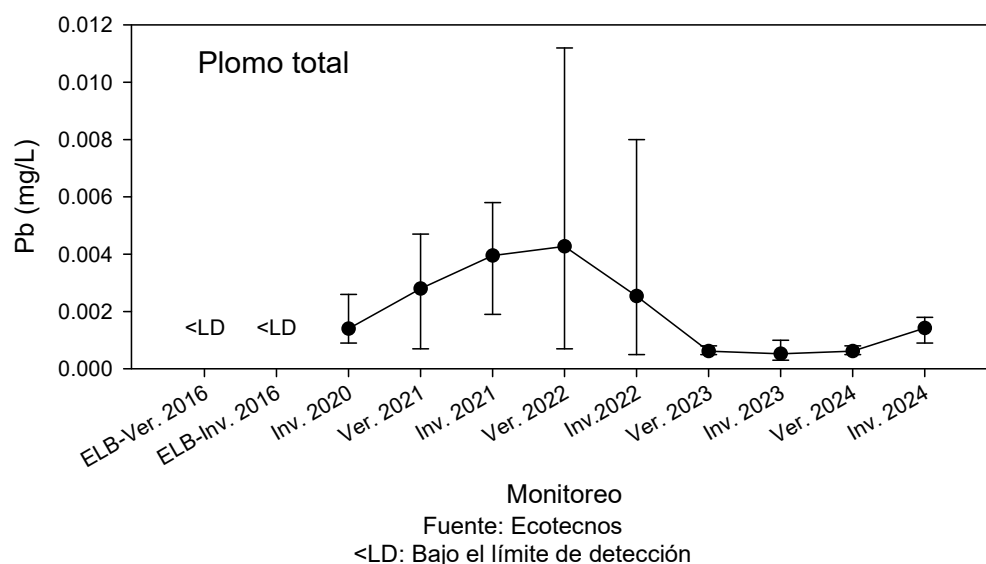
Figura 6.9. Fluctuación temporal de la concentración de níquel total (mg/L) del estrato superficial y profundo de la columna de agua. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

En relación a las concentraciones de plomo total en la franja costera evaluada se debe mencionar que este elemento metálico fue cuantificado en todas las estaciones, incluyendo a aquellas definidas como control (Figura 5.14), En el estrato superior de la columna de agua se obtuvieron concentraciones en un rango de 0,0009 a 0,0017 mg/L en los sitios de muestreo CQ-6 y CQ-9, respectivamente (Tabla 5.4), alcanzando una media de 0,0013 mg/L y un coeficiente de variación de 26,4 % (Tabla 5.6), valor que señala un comportamiento moderadamente variable en el área de influencia del proyecto de ampliación del puerto de Coquimbo. Por otra parte, en aguas profundas las magnitudes de plomo total fueron mayores, encontrándose entre 0,0009 y 0,0029 mg/L en las estaciones CQ-6 y CQ-5, en el orden dado (Tabla 5.5), registrando un promedio en este nivel de la columna de agua de 0,0021 mg/L y un coeficiente de variación de que evidenció distribuciones variables entre estaciones de 49,3 % (Tabla 5.6). Por su parte, las estaciones control presentaron valores similares en aguas superficiales (Tabla 5.4), mientras que en aguas de fondo se registró la mayor magnitud de plomo siendo de 0,0037 mg/L en el sitio referencial CQ-11 (Tabla 5.5).

Por otro lado, el plomo en su fase disuelta registró una ocurrencia esporádica en el sector evaluado (Figura 5.14), siendo únicamente cuantificado en aguas superficiales del área de influencia en la estación CQ-9 alcanzando una magnitud de 0,0002 mg/L, contrariamente el plomo disuelto fue detectado en los tres sitios descritos como control variando entre 0,0008 y 0,0014 mg/L (Tabla 5.4). A su vez, en el estrato inferior de la columna de agua este parámetro sólo fue cuantificado en la estación control CQ-11 donde se obtuvo una concentración de 0,0013 mg/L (Tabla 5.5), manteniéndose bajo el

límite de detección en los restantes puntos de monitoreo ($< 0,0002 \text{ mg/L}$). En cuanto a las fracciones de plomo disuelto correspondiente al plomo total en las estaciones en las que fueron cuantificados ambas formas químicas, estas variaron entre 11,8 y 100 % en superficie y en aguas de fondo de la estación CQ-11 su proporción fue de 35,4 %, indicando un mayor contenido de plomo particulado.

En la Figura 6.10 se expone la variabilidad temporal de plomo total en la columna de agua del área de estudio desde 2016 (ELB) hasta la presente campaña de invierno de 2024. El mencionado registro muestra que este elemento metálico presentó valores bajo el límite de detección analítico en ambos monitoreos efectuados en el contexto del estudio de línea base (2016), mientras que durante la implementación de este PVA el plomo ha sido cuantificado en las nueve campañas realizadas a la fecha. Desde el muestreo de invierno de 2020 al de invierno de 2022, las concentraciones de plomo en el agua de mar fueron elevadas y altamente variables, alcanzando las mayores magnitudes en verano de 2022 donde se registró una máxima de $0,0112 \text{ mg/L}$ en aguas de fondo de la estación CQ-9. Luego de este periodo, los valores de plomo en las aguas marinas disminuyeron presentando en promedio concentraciones que se mantuvieron entre $0,0005$ y $0,0014 \text{ mg/L}$ en los monitoreos de invierno de 2023 e invierno de 2024, respectivamente.



. Se han excluido los resultados de las estaciones control (CQ-10, CQ-11 y CQ-12). La esfera negra representa el promedio de la concentración para cada monitoreo realizado. Las barras de error representan la concentración máxima y mínima para cada monitoreo

Figura 6.10. Fluctuación temporal de la concentración de plomo total (mg/L) del estrato superficial y profundo de la columna de agua. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

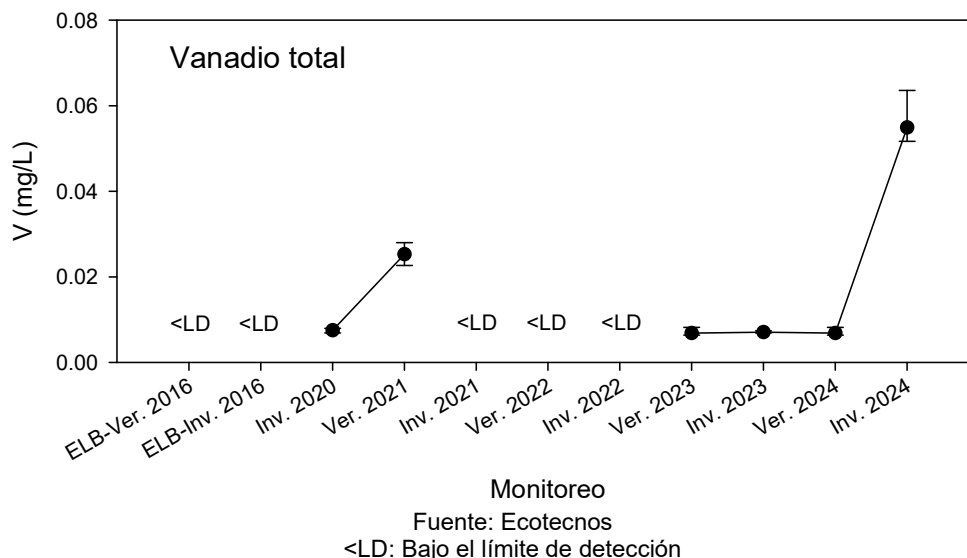
El último elemento analizado en este PVA fue el vanadio total, siendo cuantificado en todas las muestras colectadas en el área de estudio (Figura 5.15). En la capa superior de la columna de agua sus concentraciones se mantuvieron entre $0,0522 \text{ mg/L}$ en el sitio

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		80
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

de muestreo CQ-9 y 0,0636 mg/L en CQ-1 (Tabla 5.4). Los estadígrafos calculados (sin considerar a las estaciones control) indicaron que en el área de influencia del proyecto se registró un promedio de 0,0557 mg/L y un coeficiente de variación de 9,5 % (Tabla 5.6), revelando una alta estabilidad entre estaciones. En tanto, en aguas profundas el vanadio total varió entre 0,0517 y 0,0588 mg/L en los sitios de muestreo CQ-6 y CQ-1 (Tabla 5.5), obteniéndose un promedio de 0,0541 mg/L y un coeficiente de variación de 6,0 % (Tabla 5.6), demostrando también una alta estabilidad en las distribuciones de vanadio total en el área de interés. En ambos estratos examinados las estaciones control se ajustaron a las magnitudes mencionadas (Tabla 5.4 y Tabla 5.5).

El vanadio en su fase disuelta también fue detectado en todas las estaciones y estratos (Figura 5.15), registrando en aguas superficiales concentraciones que fluctuaron entre 0,0384 y 0,0547 mg/L en las estaciones CQ-6 y CQ-1, en el orden dado (Tabla 5.4), nivel de la columna de agua donde se obtuvo un promedio de 0,0447 mg/L y un coeficiente de variación de 15,8 % (Tabla 5.6), indicando un comportamiento estable en el sector portuario de bahía Coquimbo. En tanto, en el estrato inferior, las magnitudes de este elemento metálico se encontraron entre 0,0334 mg/L en CQ-1 y 0,0476 mg/L en CQ-9 (Tabla 5.5), alcanzando una media de 0,0412 mg/L, observándose distribuciones estables entre los sitios de muestreo registrando un coeficiente de variación de 14,2 % (Tabla 5.6). En cuanto a las estaciones referenciales cabe mencionar que en aguas superficiales se mantuvieron dentro de los rangos señalados (Tabla 5.4), sin embargo, en aguas profundas se observaron mayores concentraciones en CQ-10 y CQ-11 (Tabla 5.5). Finalmente, en aguas superficiales la proporción de vanadio disuelto en el total se mantuvo entre 72,5 y 96,1 % y en aguas profundas fue de 57 a 95,8 %, demostrando que la forma química más abundante de este elemento fue su fase disuelta.

En la Figura 6.11 se exhibe la variación temporal de las concentraciones de vanadio total en la columna de agua del sector portuario de Coquimbo elaborado desde 2016 hasta 2024. Este registro histórico, muestra que, durante ambos muestreos efectuados en la elaboración de la línea base (2016) y en tres correspondientes al presente PVA (invierno de 2021, verano-invierno de 2022), este elemento metálico se encontró bajo el límite de detección analítico. En términos generales, las magnitudes de vanadio han sido estables con promedios que han variado entre 0,0068 y 0,0075 mg/L, sin embargo, en las campañas de verano de 2021 se registraron concentraciones más elevadas, alcanzando una máxima de 0,0280 mg/L y una media de 0,0253 mg/L, mientras que en este monitoreo de invierno de 2024 se obtuvieron las mayores concentraciones de este registro temporal, alcanzando los 0,0636 mg/L y un promedio de 0,0549 mg/L.



Se han excluido los resultados de las estaciones control (CQ-10, CQ-11 y CQ-12). La esfera negra representa el promedio de la concentración para cada monitoreo realizado. Las barras de error representan la concentración máxima y mínima para cada monitoreo

Figura 6.11. Fluctuación temporal de la concentración de vanadio total (mg/L) del estrato superficial y profundo de la columna de agua. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

6.1.2.2 Hidrocarburos

En esta campaña invernal, los hidrocarburos totales (HT) en agua de mar, determinados como la sumatoria de los hidrocarburos fijos y volátiles, se encontraron bajo el límite de detección analítico (< 2 mg/L) en todas las estaciones definidas en este Programa de Vigilancia Ambiental, tanto en aguas superficiales como de fondo (Tabla 5.4 y Tabla 5.5), indicando que la columna de agua del sector portuario de Coquimbo, no presentó alteraciones por la ocurrencia de este tipo de compuestos orgánicos.

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), corresponden a un grupo de compuestos orgánicos considerados como contaminantes ambientales siendo generados por pirólisis o combustión incompleta de materiales orgánicos (Menzie *et al.* 1992), además se ha descrito que su prolongada exposición resulta nociva para la salud humana debido a sus efectos carcinogénicos (Recabarren-Villalón *et al.* 2019). Durante esta campaña, los HAP se encontraron bajo el límite de detección analítico ($< 0,05$ $\mu\text{g/L}$) en todos los sitios de muestreo y en ambos estratos de la columna de agua (Tabla 5.4 y Tabla 5.5), indicando que este tipo de compuestos se encontraron en muy bajas concentraciones o bien, estuvieron ausentes en la columna de agua del sector evaluado, sin generar alteraciones en las aguas marinas de la franja portuaria.

Desde el estudio de línea base efectuado en 2016 y durante las nueve campañas tendientes al presente PVA, ambas variedades de hidrocarburos, totales y aromáticos policíclicos se han mantenido bajo el límite de detección de sus respectivas técnicas

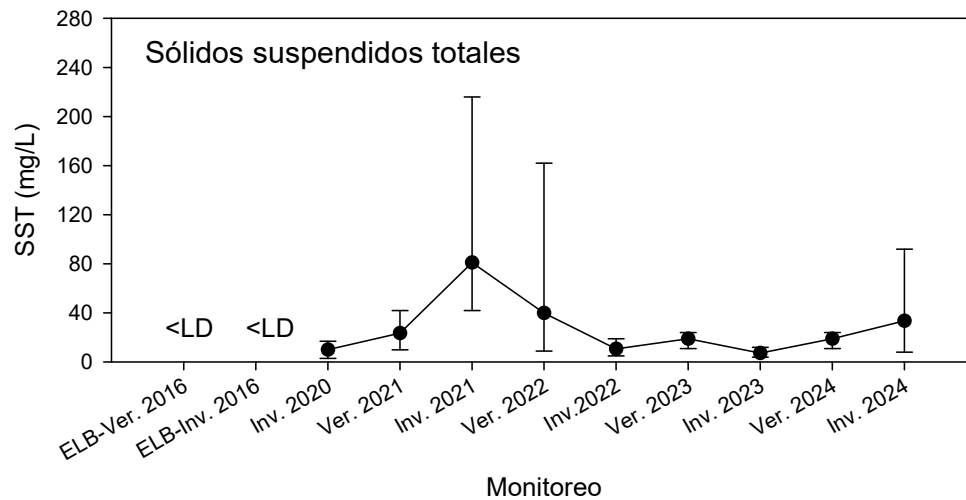
	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		82
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

analíticas, indicando que no existe evidencia de contaminación de la columna de agua por la ocurrencia de estos hidrocarburos en bahía Coquimbo.

6.1.2.3 Sólidos suspendidos totales

En cuanto a los sólidos suspendidos totales (SST), se debe señalar que estas sustancias fueron detectadas en todas las estaciones, incluidas aquellas definidas como control y en ambos estratos de la columna de agua (Figura 5.16). A nivel superficial los SST presentaron magnitudes entre 8,0 y 22 mg/L en las estaciones CQ-5 y CQ-6, respectivamente (Tabla 5.4), alcanzando en este estrato un promedio de 12,5 mg/L y un coeficiente de variación de 51,2 % (Tabla 5.6), valor indicativo de una alta variabilidad entre los sitios de muestreo. En tanto, en aguas profundas las concentraciones de los sólidos suspendidos totales fueron considerablemente más elevadas, variando entre 20 y 92 mg/L en las estaciones CQ-6 y CQ-1, en el orden dado (Tabla 5.5), obteniéndose una media 54,8 mg/L y un coeficiente de variación de 56,9 % (Tabla 5.6), evidenciando su alta variabilidad en el área de influencia de la ampliación portuaria. Por su parte, las estaciones referenciales CQ-10, CQ-11 y CQ-12 presentaron concentraciones de SST que se encontraron dentro de los rangos mencionados (Tabla 5.4 y Tabla 5.5).

El registro histórico de las concentraciones de sólidos suspendidos totales en las aguas marinas del área de estudio se presenta en la Figura 6.12. En los muestreos efectuados durante la elaboración de la línea base en 2016, los SST no fueron cuantificados en ninguna de las estaciones examinadas, manteniéndose bajo el límite de detección analítico. Contrariamente, durante la implementación de este PVA, estas sustancias sólidas han sido detectadas en las nueve campañas realizadas hasta julio de 2024. En términos generales, los valores de SST se han mantenido entre 3,0 y 42 mg/L, excepto en las campañas efectuadas en invierno de 2021 y verano de 2022, donde se registraron las mayores magnitudes de este parámetro en la columna de agua, alcanzando una concentración máxima de 216 mg/L en aguas de fondo de la estación CQ-6 (invierno 2021). A su vez, los resultados obtenidos en esta campaña invernal han sido los más elevados desde invierno de 2022 a la fecha, alcanzando la mayor concentración en aguas profundas de la estación CQ-1, sin embargo, se mantuvieron dentro de los rangos obtenidos en esta serie temporal.



Fuente: Ecotecnos
<LD: Bajo el límite de detección

Se han excluido los resultados de las estaciones control (CQ-10, CQ-11 y CQ-12). La esfera negra representa el promedio de la concentración para cada monitoreo realizado. Las barras de error representan la concentración máxima y mínima para cada monitoreo

Figura 6.12. Fluctuación temporal de la concentración de los sólidos suspendidos totales (mg/L) del estrato superficial y profundo de la columna de agua. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		84
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

6.2 SEDIMENTO SUBMAREAL

6.2.1 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

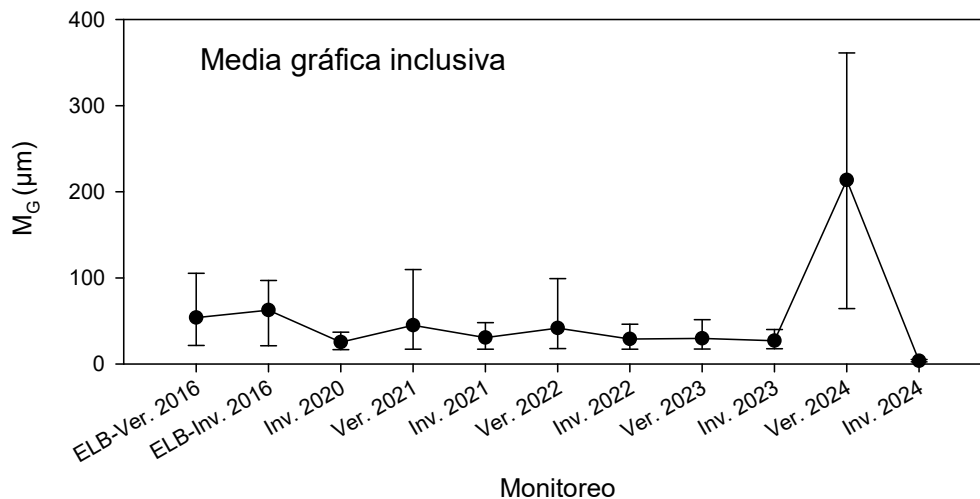
Durante la campaña de invierno de 2024, los sedimentos submareales recolectados en el área de influencia del proyecto de ampliación del sector portuario de la bahía Coquimbo (CQ-1, CQ-5, CQ-6 y CQ-9) mostraron un patrón dominante, caracterizado por la prevalencia de las fracciones de limo/arcilla, con una tendencia central coincidente en todas las estaciones (Figura 5.17; Tabla 5.7 y Tabla 5.8). Por otro lado, en las estaciones control se observó una variabilidad, registrándose limo/arcilla (CQ-10), arena fina (CQ-11) y arena muy fina (CQ-12). La comparación entre la fracción dominante y la fracción media reveló coincidencias en dos de las tres estaciones de referencia, lo que sugiere una alta correspondencia en las medidas de tendencia central (ver Tabla 5.6).

En relación con los estadígrafos, la desviación estándar inclusiva varió entre 2,592 y 5,303 μm (Tabla 5.9), indicando que los sedimentos en tres estaciones (CQ-5, CQ-6 y CQ-9) presentaron distribuciones mal clasificadas (MC), mientras que en la estación CQ-1, la clasificación fue muy mal clasificada (MMC), todas ubicadas en la zona de interés. Las estaciones de referencia (CQ-10 a CQ-12) mostraron distribuciones similares a las de la mayoría de la zona de interés, es decir, mal clasificadas (MC). En cuanto a la asimetría, esta fluctuó desde curvas con exceso de finos a exceso de gruesos en los sitios de interés, presentando también curvas variables en las estaciones de referencia, las cuales oscilaron entre un alto exceso de finos y curvas simétricas (Tabla 5.9). Por otro lado, la curtosis, considerando la totalidad de las estaciones monitoreadas, registró curvas platicúrticas (CQ-6 y CQ-9), mesocúrticas (CQ-1, CQ-2, CQ-10 y CQ-12) y muy leptocúrticas (CQ-11). Los resultados de esta campaña sugieren que el área de estudio corresponde a un ambiente costero protegido, caracterizado por la predominancia de deposición de material fino, baja energía de transporte y capacidad erosiva. Además, la alta desviación estándar inclusiva y la curtosis, mayormente mesocúrtica, reflejan una mala clasificación de los sedimentos en esta zona.

La Figura 6.13 muestra la variación estacional del diámetro del grano en los sedimentos submareales de bahía Coquimbo. Desde la línea base de 2016 hasta la campaña invernal de 2024, se han registrado ligeros cambios en el tamaño del grano, predominando los limos y arcillas. Sin embargo, en la campaña de verano de 2024 se observó un notable aumento en el tamaño del grano, con una mayor presencia de fracciones gruesas junto a los limos y arcillas, y una dispersión más amplia entre los sitios estudiados. Esta serie temporal sugiere que, hasta la campaña invernal de 2023, los sedimentos en el sector portuario no mostraban variaciones atribuibles a las actividades de ampliación portuaria. La campaña previa (verano 2024), sin embargo, mostró un posible cambio en la dinámica local, especialmente en las estaciones más cercanas a la costa. Es importante destacar que las variaciones detectadas en dicha campaña podrían deberse tanto a influencias antrópicas como a eventos de marejada, los cuales son cada vez más comunes en las costas chilenas, especialmente durante el verano austral, según lo reportado por SENAPRED⁴. No obstante, cabe destacar que,

⁴ <https://senapred.cl/informate/alertas>

en la actual campaña invernal de 2024, la media gráfica inclusiva regresó a los niveles anteriores, lo que indica que la anomalía en el tamaño del grano fue transitoria.



Fuente: Ecotecnos

Se han excluido los resultados de las estaciones controles (CQ-10, CQ-11 y CQ-12). La esfera negra representa el promedio del gránulo para cada monitoreo realizado. Las barras de error representan la magnitud máxima y mínima alcanzada para cada monitoreo

Figura 6.13. Fluctuación histórica del diámetro medio de los sedimentos submareales (M_G). PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

6.2.2 PARÁMETROS QUÍMICOS EN LOS SEDIMENTOS SUBMAREALES

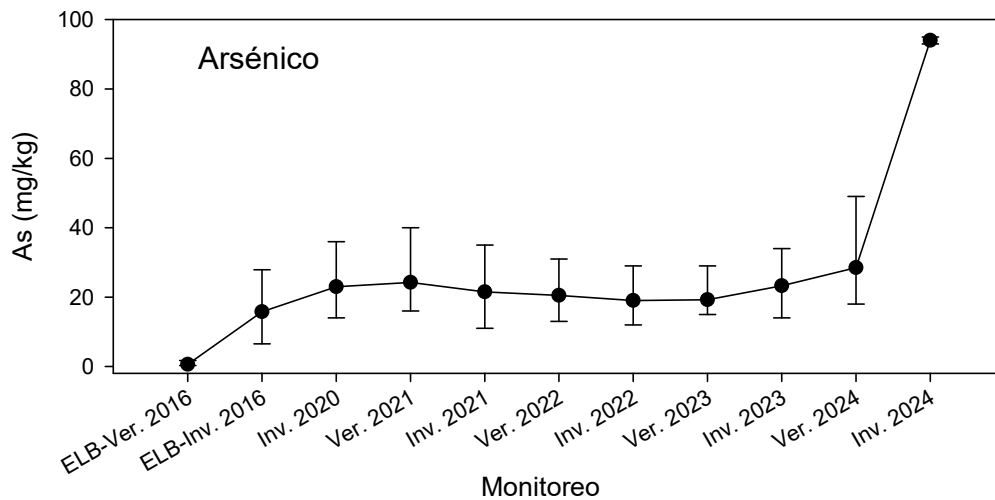
6.2.2.1 Elementos Metálicos y Metaloides

Analizar la distribución de elementos metálicos y metaloides en la matriz sedimentaria resulta fundamental para identificar su potencial incorporación en la columna de agua. Esta matriz actúa como un reservorio crucial para estos elementos, que pueden ser liberados a través de procesos como la difusión, mezcla, actividad de organismos bentónicos, resuspensión, y variaciones en los procesos de óxido-reducción (Meyerson *et al.* 1981, Tribovillard *et al.* 2006).

El análisis químico efectuado a los sedimentos marinos colectados durante la temporada invernal de 2024 reveló que, en la mayoría de los elementos metálicos y metaloides, tales como: cadmio, cinc, cobre, níquel, plomo y vanadio, presentaron concentraciones cuantificables en todas las estaciones ubicadas en el área de interés y en los sitios control. No obstante, el arsénico fue una excepción, manteniéndose por debajo del límite de detección en dos estaciones, y el mercurio mostró concentraciones analíticamente indetectables en la totalidad de las muestras examinadas (Figura 5.18 y Tabla 5.10).

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		86
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

Respecto a las concentraciones de arsénico, este elemento traza mostró niveles cuantificables en dos estaciones de interés (Tabla 5.10), con concentraciones de 93 mg/kg en el sitio CQ-5 y 95 mg/kg en el sitio CQ-1, resultando en un promedio de 94 mg/kg (Tabla 5.11). En contraste, las estaciones control presentaron concentraciones inferiores a las del área de influencia, con valores que oscilaron entre 4,0 y 39 mg/kg. Los sitios CQ-10 y CQ-11 registraron niveles similares, mientras que CQ-12 mostró la mayor concentración (Tabla 5.10). Por su parte, la Figura 6.14 presenta la variación temporal de las concentraciones de arsénico en la bahía Coquimbo. Durante la campaña de verano de 2016, realizada como parte de la línea base, se registraron las concentraciones más bajas de este metaloide en la matriz sedimentaria, con un promedio de 0,60 mg/kg. Desde la implementación del Programa de Vigilancia Ambiental, particularmente a partir de la campaña de invierno de 2020, las concentraciones de arsénico se han mantenido relativamente estables en el sector evaluado, con promedios que han variado entre 15,8 y 28,3 mg/kg. No obstante, el monitoreo de invierno de 2024 reveló un aumento apreciable, alcanzando una media de 94 mg/kg, lo que representa un incremento superior al 200 % en comparación con la media más alta registrada en verano de 2024. Este incremento abrupto desde el inicio del Programa de Vigilancia Ambiental sugiere un cambio importante en los niveles de arsénico en la zona. Cabe destacar que las concentraciones de arsénico registradas en esta campaña invernal de 2024 superan considerablemente las reportadas en la literatura, como en el estudio de Parra *et al.* (2015), donde se indica una concentración máxima de 20 mg/kg en la bahía Quintero.



Fuente: Ecotecnos

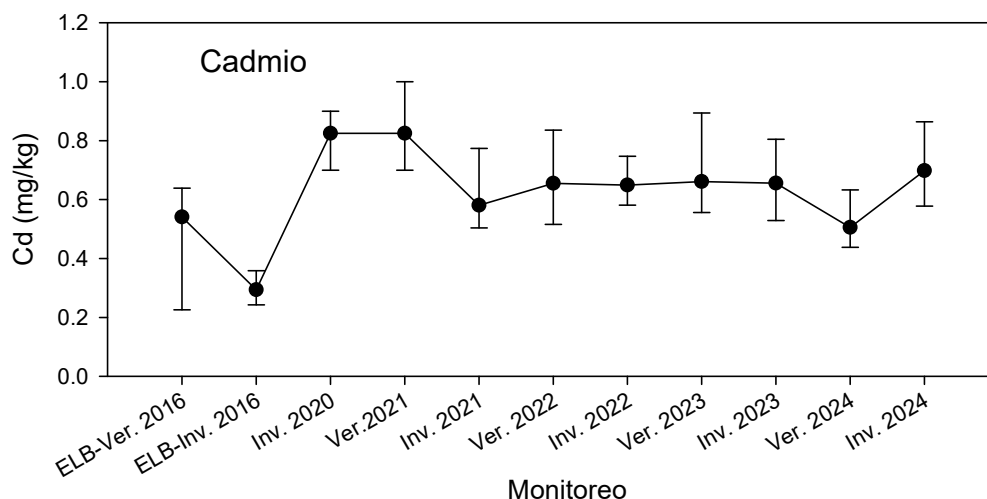
Se han excluido los resultados de las estaciones controles (CQ-10, CQ-11 y CQ-12). La esfera negra representa el promedio de la concentración para cada monitoreo realizado. Las barras de error representan la concentración máxima y mínima para cada monitoreo

Figura 6.14. Fluctuación temporal de la concentración de arsénico (mg/kg) en los sedimentos submareales. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

El cadmio en los sedimentos submareales de la bahía Coquimbo fue cuantificado analíticamente en todas las estaciones evaluadas, con concentraciones que oscilaron entre 0,578 mg/kg en la estación CQ-1 y 0,864 mg/kg en CQ-9 (Tabla 5.10), obteniéndose una media de 0,70 mg/kg, además de mostrar que la distribución en el área de estudio fue estable, evidenciada por un coeficiente de variación del 17,8 % (Tabla 5.11). En cuanto a las estaciones de referencia, los valores más bajos de este elemento traza se registraron en CQ-11 y CQ-12, con concentraciones de 0,171 mg/kg y 0,090 mg/kg, respectivamente, mientras que en CQ-10 se registraron niveles similares a los de la zona de interés, con un valor de 0,721 mg/kg (Tabla 5.10).

La Figura 6.15 ilustra las concentraciones temporales de cadmio en el área de estudio. Durante la elaboración de la línea base en 2016, las concentraciones de este metaloide mostraron variabilidad, con promedios de 0,29 mg/kg en verano y 0,83 mg/kg en invierno. En las campañas realizadas durante la ejecución del Programa de Vigilancia Ambiental (PVA), las concentraciones de cadmio alcanzaron su máximo en el verano de 2021, con un valor de 1,0 mg/kg. Posteriormente, se observó una disminución en los niveles de este elemento, que se mantuvieron estables en las últimas cinco campañas previas a la estival 2024, con promedios entre 0,58 y 0,66 mg/kg, en tanto, en la campaña de verano de 2024, se registró una disminución en las concentraciones, alcanzando el valor más bajo desde la implementación del PVA, con mínimo cuantificado de 0,438 mg/kg en la estación CQ-1. Sin embargo, en la campaña de invierno de 2024 se observó un ligero aumento, aunque los niveles máximos y mínimos se mantuvieron dentro de los rangos históricos, y la media no superó los 0,70 mg/kg. Estas

concentraciones de cadmio se encuentran dentro del rango reportado por Cortéz (2013) para los sedimentos de la bahía La Herradura, que han variado entre 0,15 y 1,26 mg/kg.



Fuente: Ecotecnos

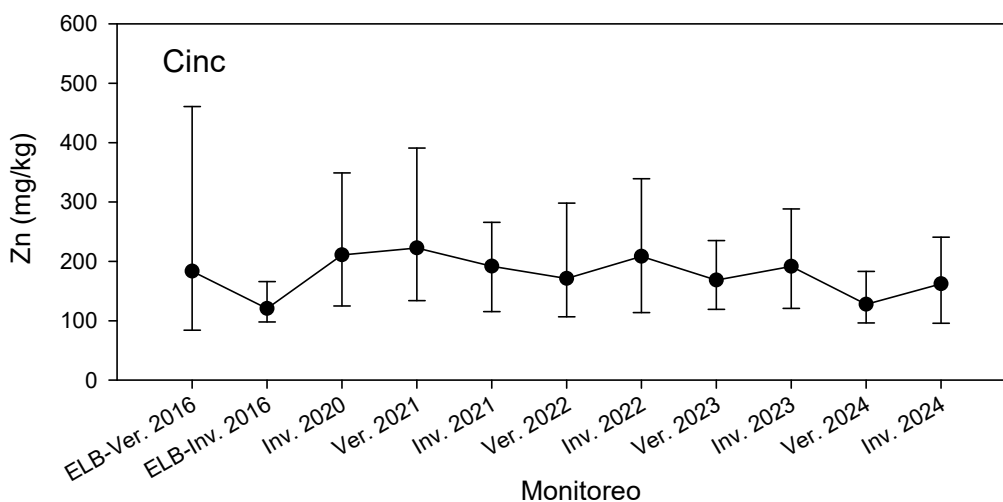
Se han excluido los resultados de las estaciones controles (CQ-10, CQ-11 y CQ-12). La esfera negra representa el promedio de la concentración para cada monitoreo realizado. Las barras de error representan la concentración máxima y mínima para cada monitoreo

Figura 6.15. Fluctuación temporal de la concentración de cadmio (mg/kg) en los sedimentos submareales. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

Las concentraciones de cinc en la matriz sedimentaria del sector portuario de bahía Coquimbo oscilaron entre 95,94 mg/kg en la estación CQ-6 y 240,76 mg/kg en CQ-5 (Tabla 5.10), con un promedio de 162 mg/kg y un coeficiente de variación del 45,5 % (Tabla 5.11). Esto refleja una distribución variable de este elemento en el área evaluada. En las estaciones de referencia, específicamente en CQ-11 y CQ-12, las concentraciones de cinc fueron más bajas en comparación con la zona de intervención portuaria, con valores de 68,245 mg/kg y 67,674 mg/kg, respectivamente. Por otro lado, la estación control CQ-10 presentó una concentración similar a dos estaciones de interés, con un valor de 113,473 mg/kg (Figura 5.18).

La Figura 6.16 exhibe gráficamente el registro histórico de las concentraciones de cinc en los sedimentos submareales del sector portuario de Coquimbo. En esta serie temporal, se observa que durante las campañas de línea base de 2016, las concentraciones de cinc mostraron una alta variabilidad, alcanzando un máximo de 461 mg/kg en el verano de ese año. En contraste, durante la implementación del Programa de Vigilancia Ambiental (PVA), las concentraciones de este elemento en la matriz sedimentaria han sido más estables, con promedios que comprendidos entre 162 mg/kg en la campaña de invierno de 2024 hasta 223 mg/kg en la campaña de verano de 2021. En la campaña previa (verano de 2024), las concentraciones de cinc fueron de las más bajas registradas, con un promedio de 127,8 mg/kg, reflejando una disminución en la tendencia observada desde el inicio del PVA. Es importante destacar que estas

concentraciones son apreciablemente mayores a las reportadas en la literatura, como en el estudio de De Gregori *et al.* (1996), donde se cuantificaron concentraciones entre 40 y 42 mg/kg en los sedimentos submareales de la región de Coquimbo.



Fuente: Ecotecnos

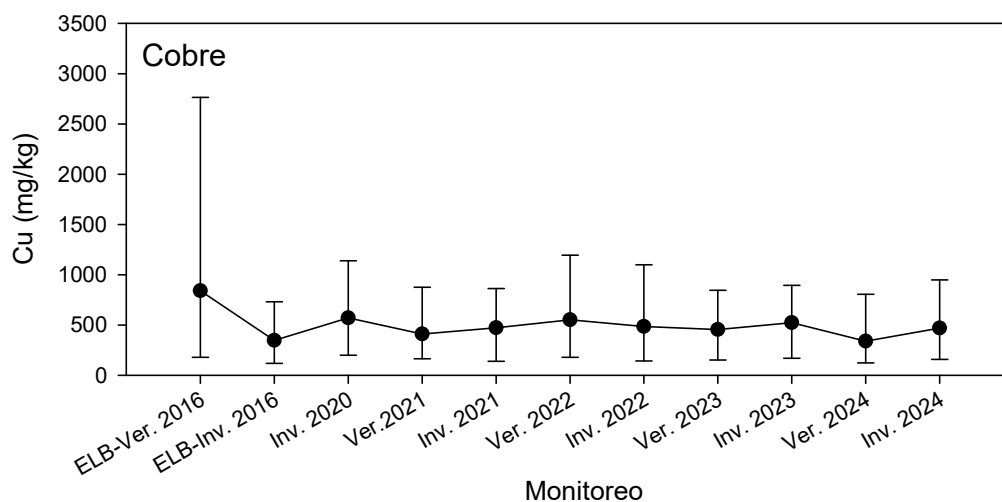
Se han excluido los resultados de las estaciones controles (CQ-10, CQ-11 y CQ-12). La esfera negra representa el promedio de la concentración para cada monitoreo realizado. Las barras de error representan la concentración máxima y mínima para cada monitoreo

Figura 6.16. Fluctuación temporal de la concentración de cinc (mg/kg) en los sedimentos submareales. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

Durante el presente muestreo realizado en la temporada invernal de 2024, las concentraciones de cobre en el área de estudio fluctuaron entre 160,02 mg/kg en CQ-9 y 949,53 mg/kg en la estación CQ-5. El promedio general fue de 470 mg/kg, con un coeficiente de variación del 78,9 % (Tabla 5.11), lo que refleja una elevada variabilidad en la distribución de este elemento en los sedimentos submareales de los sitios evaluados. En cuanto a las estaciones control, CQ-11 y CQ-12 mostraron concentraciones considerablemente más bajas que el resto de los sitios evaluados, con valores de 99,975 mg/kg y 63,815 mg/kg, respectivamente. Por otro lado, la estación CQ-10 presentó una concentración dentro del rango observado en las estaciones de interés, alcanzando los 257,08 mg/kg (Figura 5.18).

La Figura 6.17 ilustra la variación temporal de las concentraciones de cobre en el área de estudio. El registro histórico revela que durante la elaboración de la línea base, las concentraciones de cobre en la matriz sedimentaria del sector portuario de bahía Coquimbo fueron altamente variables, alcanzando su máximo en la campaña de verano con un valor de 2.765 mg/kg, además de exhibir la mayor variabilidad entre estaciones. A partir del inicio del Programa de Vigilancia Ambiental, desde la campaña de invierno de 2020 hasta el monitoreo de invierno de 2024, las concentraciones de cobre han sido más estables, con promedios que han estado entre 340 mg/kg en la campaña de verano de 2024 y 572 mg/kg en invierno de 2020. Los resultados de la campaña actual (invierno

2024) se encuentran dentro de los rangos previamente registrados. Estas concentraciones están en línea con lo descrito por Cortéz (2013), quien reportó niveles de cobre entre 11 y 574 mg/kg en bahía La Herradura.



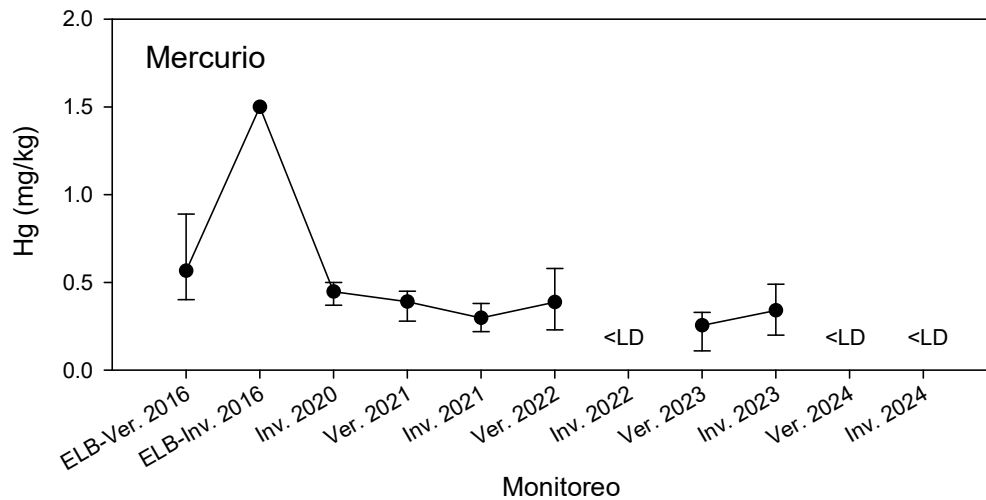
Fuente: Ecotecnos

Se han excluido los resultados de las estaciones controles (CQ-10, CQ-11 y CQ-12). La esfera negra representa el promedio de la concentración para cada monitoreo realizado. Las barras de error representan la concentración máxima y mínima para cada monitoreo

Figura 6.17. Fluctuación temporal de la concentración de cobre (mg/kg) en los sedimentos submareales. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

En el monitoreo realizado durante la temporada estival, las concentraciones de mercurio en los sedimentos submareales se mantuvieron por debajo del límite de detección analítico (0,01 mg/kg) en todas las muestras recolectadas y examinadas, tanto en el área de influencia como en las estaciones de control (Tabla 5.10).

Las variaciones temporales de las concentraciones de mercurio se representan gráficamente en la Figura 6.18. De acuerdo con dicha figura, las concentraciones de mercurio en los sedimentos del sector portuario de Coquimbo han mostrado una alta variabilidad desde la elaboración de la línea base, alcanzando su máximo en la campaña de invierno de 2016 con un valor de 1,5 mg/kg. Durante las campañas del Programa de Vigilancia Ambiental (PVA), se ha observado una disminución en las concentraciones de este elemento, registrándose valores por debajo del límite de detección analítico en invierno de 2022 y los monitoreos de verano e invierno de 2024. En las demás campañas, las concentraciones de mercurio han estado comprendidas entre un mínimo de 0,11 mg/kg en el verano de 2023 y un máximo de 0,58 mg/kg en el verano de 2022. Cabe destacar que, los resultados del actual monitoreo invernal 2024 se sitúan dentro de los ya documentado en la serie temporal.

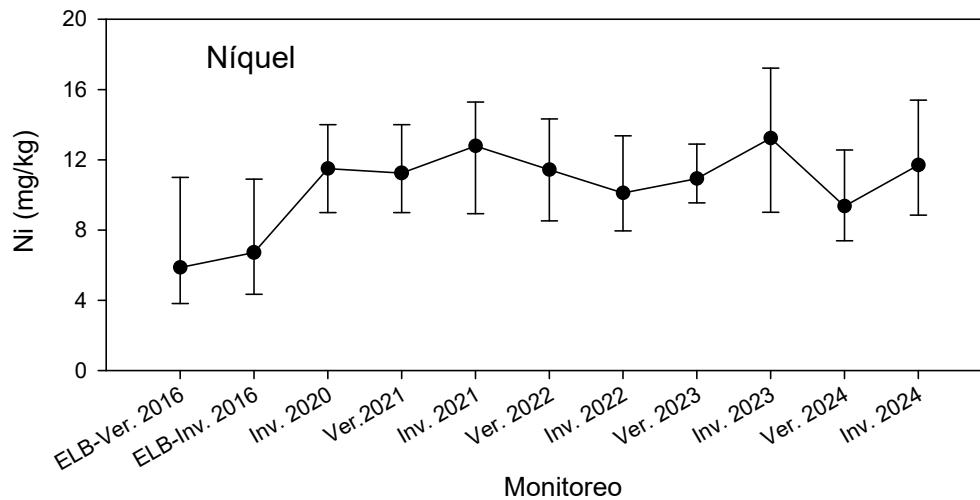


Fuente: Ecotecnos
<LD: Bajo el límite de detección
Se han excluido los resultados de las estaciones controles (CQ-10, CQ-11 y CQ-12). La esfera negra representa el promedio de la concentración para cada monitoreo realizado. Las barras de error representan la concentración máxima y mínima para cada monitoreo

Figura 6.18. Fluctuación temporal de la concentración de mercurio (mg/kg) en los sedimentos submareales. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

El níquel fue analíticamente detectado en la totalidad de las muestras extraídas desde los ocho sitios prospectados a ser evaluados, incluyendo los puntos control. En el área de influencia del proyecto de expansión del sector portuario, los niveles de níquel oscilaron entre 8,85 y 15,40 mg/kg en las estaciones CQ-6 y CQ-5 (Tabla 5.10), con un promedio de 11,7 mg/kg y un coeficiente de variación del 23,9 % (Tabla 5.11), lo que indica una estabilidad moderada en las concentraciones de este elemento en la zona evaluada. Por otro lado, las estaciones control, especialmente CQ-11 y CQ-12, presentaron concentraciones menores, siendo estas de 7,54 y 8,05 mg/kg respectivamente, mientras que CQ-10 registró un valor de 11,29 mg/kg, situándose dentro del rango informado para el área de interés (Tabla 5.10).

Desde un punto de vista temporal la Figura 6.19 exhibe de manera grafica las concentraciones de níquel en el área de estudio. Dicha figura muestra que este elemento presentó valores más bajos durante la elaboración de la línea base, con un promedio de 5,87 y 6,25 mg/kg durante verano e invierno respectivamente. Desde la implementación del PVA (invierno 2020) a la fecha (invierno 2024), las concentraciones aumentaron, alcanzándose una media general de 10,1 mg/kg. Cabe destacar que los resultados de esta campaña invernal mostraron un ligero incremento en comparación con la campaña anterior (verano de 2024), en la cual se registraron las concentraciones mínimas y el promedio más bajo, con valores de 7,39 y 9,37 mg/kg, respectivamente del PVA. Los resultados invernales actuales se asemejan a los mínimos reportados por Parra *et al.* (2015) en la bahía Quintero, donde informaron con un rango de 7 a 21 mg/kg.



Fuente: Ecotecnos

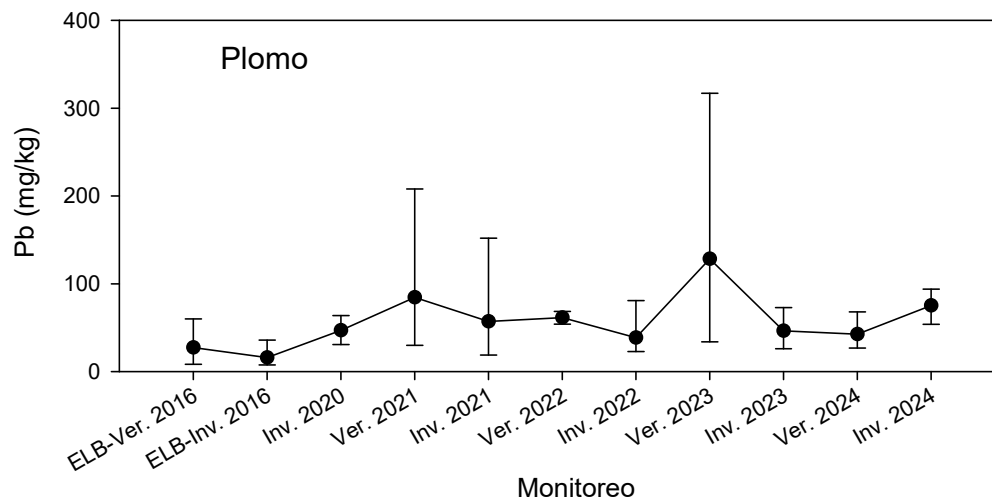
Se han excluido los resultados de las estaciones controles (CQ-10, CQ-11 y CQ-12). La esfera negra representa el promedio de la concentración para cada monitoreo realizado. Las barras de error representan la concentración máxima y mínima para cada monitoreo

Figura 6.19. Fluctuación temporal de la concentración de níquel (mg/kg) en los sedimentos submareales. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

Respecto a las distribuciones de las concentraciones de plomo en los sedimentos submareales del sector portuario de bahía Coquimbo se observan de manera grafica en la Figura 5.18. Las concentraciones de este elemento traza variaron entre 54 mg/kg en la estación CQ-9 y un máximo de 94 mg/kg en CQ-1 (Tabla 5.10). El promedio calculado para el área de influencia fue de 75,3 mg/kg, mostrando una distribución moderadamente estable con un coeficiente de variación del 22,0 % (Tabla 5.11). En contraste, las estaciones referenciales CQ-11 y CQ-12 registraron las concentraciones más bajas de toda el área de estudio, ambas con un valor de 18 mg/kg, mientras que la estación situada al norte, CQ-10, reportó un valor de 66 mg/kg, posicionándose dentro del rango informado para el área de interés (Tabla 5.10).

La Figura 6.20 muestra la variabilidad temporal de las concentraciones de plomo en los sedimentos del área de estudio. Esta figura indica que las concentraciones de este metal han fluctuado con el tiempo, presentando valores menores durante la elaboración de la línea base en 2016, con promedios de 27,5 y 16,0 mg/kg en las campañas de verano e invierno, respectivamente. Sin embargo, durante el desarrollo del PVA, se observó un aumento en las concentraciones de plomo en los sedimentos submareales, con promedios que han variado entre 38,8 y 84,5 mg/kg en las campañas de invierno de 2020 y 2022 en el orden dado; sin embargo, es importante señalar que las mayores concentraciones detectadas de este elemento se registraron en la campaña estival de 2023, donde el promedio fue de 129 mg/kg, y se evidenció, además, la mayor variabilidad entre estaciones. En la campaña invernal actual (2024), el promedio se mantuvo en línea con las campañas anteriores, aunque ligeramente superior a las dos más recientes (invierno 2023 y verano 2024). Estas concentraciones superan a las

reportadas por Parra *et al.* (2015) en bahía Quintero, donde la concentración máxima de plomo en sedimentos submareales fue de 36 mg/kg.



Fuente: Ecotecnos

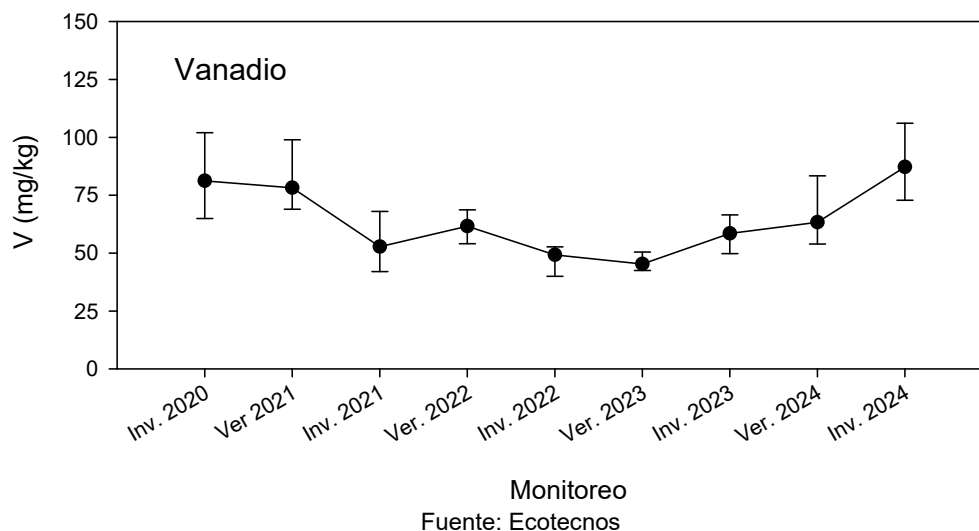
Se han excluido los resultados de las estaciones controles (CQ-10, CQ-11 y CQ-12). La esfera negra representa el promedio de la concentración para cada monitoreo realizado. Las barras de error representan la concentración máxima y mínima para cada monitoreo

Figura 6.20. Fluctuación temporal de la concentración de plomo (mg/kg) en los sedimentos submareales. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

Por último, la concentración del vanadio en los sedimentos submareales del puerto de Coquimbo varió entre 72,852 y 106,124 mg/kg en las estaciones CQ-6 y CQ-5, respectivamente (Tabla 5.10). Este rango permitió calcular un promedio de 87,2 mg/kg en la matriz sedimentaria, con un coeficiente de variación del 15,9 % (Tabla 5.11), lo que sugiere una distribución estable del vanadio en el área de estudio. En comparación, las estaciones control mostraron dos valores dentro del rango mencionado en la zona de influencia del proyecto de ampliación, con valores de 81,787 y 98,562 mg/kg en los sitios CQ-10 y CQ-12, respectivamente, mientras que la estación C-Q11 registró una concentración de 49,852 mg/kg siendo inferior a todas las detectadas (Tabla 5.10).

En relación con el registro histórico de las concentraciones de vanadio en el área de estudio, es importante destacar que este elemento no fue incluido en los análisis químicos durante la elaboración de la línea base. Por lo tanto, solo se dispone de datos desde la implementación del Programa de Vigilancia Ambiental, cuya variación temporal se presenta en la Figura 6.21. Durante las campañas de invierno de 2020 y verano de 2021, las concentraciones de vanadio en los sedimentos submareales fueron unas de las más elevadas de la serie temporal, fluctuando entre 65 y 102 mg/kg, con promedios de 81,3 mg/kg y 78,3 mg/kg, respectivamente. Sin embargo, estas concentraciones disminuyeron en el período entre invierno de 2021 y verano de 2024, con valores que oscilaron entre 40,0 y 83,4 mg/kg, obteniéndose un promedio general de 56,0 mg/kg en dichas campañas. Finalmente, los resultados de esta campaña invernal 2024 fueron más

elevados que los registrados en las seis campañas anteriores, e incluso que las primeras dos campañas efectuadas del PVA. Sin embargo, es relevante destacar que, en general, con la excepción de una sola estación, las concentraciones se mantuvieron por debajo de los 86 mg/kg. Las concentraciones obtenidas se encuentran en su mayoría por debajo, aunque algunas se sitúan dentro del rango reportado para la bahía Quintero, donde se ha documentado concentraciones entre 93 a 288 mg/kg en los sedimentos (Parra *et al.* 2015).



Se han excluido los resultados de las estaciones controles (CQ-10, CQ-11 y CQ-12). La esfera negra representa el promedio de la concentración para cada monitoreo realizado. Las barras de error representan la concentración máxima y mínima para cada monitoreo

Figura 6.21. Fluctuación temporal de la concentración de vanadio (mg/kg) en los sedimentos submareales. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

6.2.2.2 Potencial Electroquímico y pH

El pH presentó valores levemente alcalinos, fluctuando entre 7,538 y 8,500, con un promedio de 7,83 y un coeficiente de variación de 5,8 %, lo que indica una alta estabilidad en las mediciones entre las distintas estaciones de interés. Las estaciones referenciales, por su parte, mostraron valores de pH similares a los del área de estudio, con rangos entre 7,530 y 7,600 (Figura 5.20). Es importante destacar que los valores de pH determinados en este estudio se encuentran, dentro de los rangos normales para sedimentos marinos, que suelen oscilar entre 7,5 y 8,5. Además, estos valores sugieren ambientes bien oxigenados y de buena calidad ambiental para la vida marina (Libes 2009).

En cuanto al potencial de óxido-reducción, durante la campaña invernal de 2024 se observaron valores que oscilaron entre -4,0 y 113,9 mV (Figura 5.20), con un promedio de 69,8 mV y un coeficiente de variación de 79,8 %, lo cual refleja una alta variabilidad entre estaciones, especialmente debido al valor negativo registrado en el sitio CQ-5,

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		95
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

mientras que el resto de los sitios en el área de estudio se mantuvieron positivos y por encima de 57 mV. Las estaciones referenciales también fluctuaron entre -8,4 y 133,9 mV, manteniéndose dentro de los rangos observados en el área de influencia. Las mediciones en la capa superficial de los sedimentos revelan condiciones tanto reductoras como oxidativas. Sin embargo, en la mayoría de las estaciones evaluadas, incluidas las de control, predominaron los procesos oxidativos, lo que sugiere que los procesos de diagénesis de la materia orgánica están influenciados principalmente por la respiración aeróbica de los organismos presentes en esta capa (Libes 2009).

6.2.2.3 Aceites y grasas

Los análisis químicos de los sedimentos submareales en el área de estudio revelaron que los niveles de aceites y grasas estuvieron, en su mayoría, por debajo del límite de detección analítico (< 20 mg/kg) en las estaciones evaluadas, incluidas aquella designadas control; siendo la excepción el sitio CQ-9, donde se registró un nivel cuantificable, con un valor de 24 mg/kg, y uno de los sitios control (C-Q10), ubicado al norte de toda el área de estudio, con un valor de 21 mg/kg (Tabla 5.10). Esto sugiere, en general, que no hay evidencia de alteración por sustancias oleosas en el sedimento marino del sector portuario de Coquimbo, o que estas sustancias están presentes en concentraciones extremadamente bajas. Cabe destacar que este parámetro no fue evaluado en el estudio de línea base (ELB) de 2016, por lo que no es posible hacer una comparación directa. Sin embargo, es importante resaltar que los aceites y grasas no han mostrado concentraciones cuantificables en ninguna de las campañas realizadas bajo este PVA, siendo la excepción la actual (en el sitio CQ-9 y control (CQ-10)).

6.2.2.4 Hidrocarburos aromáticos policíclicos

Entre los compuestos orgánicos analizados en esta campaña semestral de invierno, los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), un grupo de contaminantes ambientales que se generan a partir de la pirólisis o la combustión incompleta de materiales orgánicos y que consisten en dos o más anillos aromáticos condensados (Menzie & Coleman 2007, Liu *et al.* 2007), mostraron concentraciones por debajo del límite de detección analítico ($< 0,025$ mg/kg) en todas las estaciones evaluadas, incluidas las control (Tabla 5.10). Estos resultados sugieren que no hay evidencia de alteración en la matriz sedimentaria del área de estudio por este tipo de compuestos, o que su presencia es extremadamente baja.

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos se han mantenido bajo el límite de detección analítico en la mayoría de los muestreos efectuados desde la elaboración de la línea base hasta la fecha, excepto en la campaña realizada en invierno de 2021, donde sólo fueron cuantificados en la estación CQ-9.

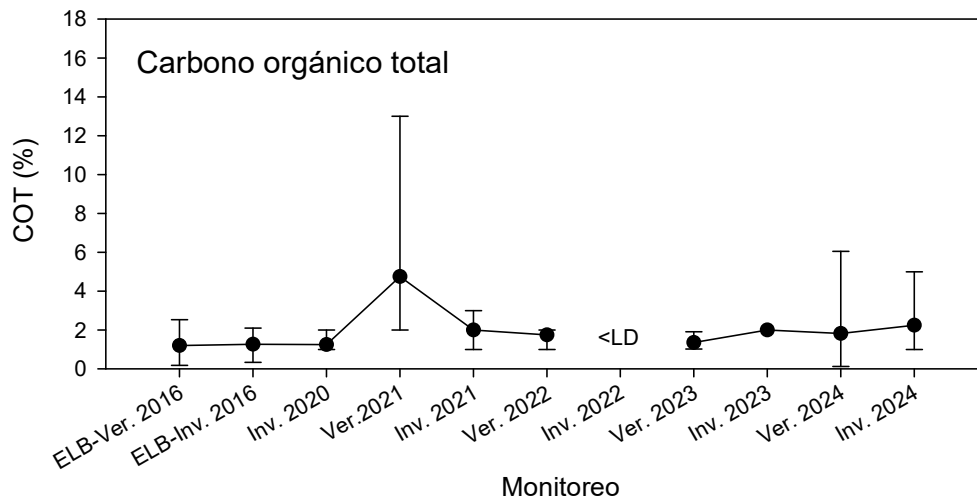
6.2.2.5 Carbono orgánico total

El material orgánico que se transporta a través de la columna de agua hasta los sedimentos desempeña un papel crucial en el ciclo global del carbono (Lazarus *et al.* 2006), y su preservación en el fondo marino depende de varios factores, como la profundidad y la concentración de oxígeno disuelto disponible para los procesos de

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		96
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

degradación de estos compuestos (Guiñez *et al.* 2010). En esta campaña invernal, se cuantificó el carbono orgánico total (COT) en todos los puntos de interés, con valores que oscilaron entre 1 % en los sitios CQ-6 y CQ-9, y 5 % en el sitio CQ-1 (Tabla 5.10). Este rango permitió determinar un promedio de 2,25 %, mostrando una distribución altamente variable y heterogénea en el área de estudio, con un coeficiente de variación del 84,1 % (Tabla 5.11). En la estación control CQ-10 se registró un valor de 2 %, coherente con lo informado en las estaciones de interés. Sin embargo, en los sitios ubicados al sur y sureste del área de estudio, el carbono orgánico total se mantuvo por debajo del límite de detección analítico. Cabe destacar que los resultados obtenidos en este estudio están por sobre los valores descritos por Berríos & Olivares (1996), quienes informaron una concentración media de 0,6 % de COT en bahía Coquimbo.

Desde un punto de vista temporal, la Figura 6.22 muestra las concentraciones de carbono orgánico total (COT). Según este registro histórico, las concentraciones de COT en el área de estudio se han mantenido relativamente estables desde la elaboración de la línea base en 2016 hasta la campaña de invierno de 2023, con promedios que oscilaron entre 1,20 % y 1,36 %. Esto sugiere que estos valores podrían representar el contenido típico de carbono orgánico en los sedimentos de la zona portuaria de Coquimbo. Cabe destacar que, durante el monitoreo realizado en el verano de 2021, se registró la máxima concentración de COT, con un promedio de 4,8 %. En contraste, durante el invierno de 2022, las concentraciones estuvieron por debajo del límite de detección analítico, lo que indica un contenido muy bajo de materia orgánica en el área evaluada. Las concentraciones obtenidas en las campañas de invierno de 2021 y 2023, así como en el verano de 2024, fueron similares, con promedios entre 1,83 % y 2,0 %, siendo el último monitoreo mencionado el que registro la segunda mayor concentración de COT (6,05 % en CQ-9). En la actual campaña invernal de 2024, se observó una media de 2,25 %, con todos los valores dentro del rango temporal registrado.



Fuente: Ecotecnos

<LD: Bajo el límite de detección

Se han excluido los resultados de las estaciones controles (CQ-10, CQ-11 y CQ-12). La esfera negra representa el promedio de la concentración para cada monitoreo realizado. Las barras de error representan la concentración máxima y mínima para cada monitoreo

Figura 6.22. Fluctuación temporal de la concentración de carbono orgánico total (%) en los sedimentos submareales. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		98
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

6.3 COMUNIDAD SUBMAREAL DE SUSTRATO BLANDO

6.3.1 COMPOSICIÓN TAXONÓMICA

La macrofauna submareal, recolectada durante el presente monitoreo invernal, estuvo compuesta por un total de 35 taxa, de los cuales cerca del 91 % correspondieron a especies o categorías supraespecíficas de poliquetos, moluscos y crustáceos, con una preponderancia de poliquetos (55 %; Figura 5.21). En cuanto a los niveles de ocurrencia en la zona, el poliqueto *Diopatra chiliensis*, el crustáceo *Pinnixa valdiviensis* y el bivalvo *Tagelus dombeii*, constituyeron las especies más comúnmente observadas en las muestras de sedimento submareal, presentes en seis de las siete estaciones (Tabla 5.12), todas ellas registradas previamente como recurrentes en el área, destacando, además que la mayoría de las especies identificadas en esta ocasión coincidieron con taxa documentados previamente en el marco del Programa de Vigilancia Ambiental, es importante consignar que la macrofauna hallada en esta oportunidad se ajustó bastante a lo esperado para la región de Coquimbo (e.g. Lancellotti & Vásquez 2000, Tapia-Guerra 2017).

6.3.2 ABUNDANCIA/BIOMASA

Durante el presente monitoreo se contabilizaron un total de 2.920 organismos submareales, de los cuales cerca el 39 % correspondieron a poliquetos donde destacó *Mediomastus* sp., que, si bien tuvo una baja ocurrencia, exhibió su mayor valor en la estación referencial CQ-11 (Tabla 5.14 a Tabla 5.20). Cabe destacar que, si bien moluscos y crustáceos tuvieron una menor preponderancia en la abundancia total del sector, a nivel de taxa *Pinnixa valdiviensis* fue la más abundante del sector, particularmente en CQ-9; destacando a continuación el bivalvo *Nucula pisum* a raíz de la agregación de ejemplares en la estación referencial CQ-12, como ha sido registrado en varias campañas anteriores. Si bien se observan diferencias particulares, especialmente se observa que tanto el área de influencia del Proyecto como en los sitios referenciales las abundancias fueron bastante similares, siendo la excepción lo observado en CQ-10 que presentó la menor densidad de organismos bentónicos (Figura 5.22).

En el caso de la biomasa, de los casi 100 gramos pesados a partir de los organismos recolectados del submareal de sustrato blando, el 81 % fue aportado por moluscos, principalmente por el bivalvo *Tagelus dombeii*, especie que presentó su mayor registro en la estación referencial CQ-12, destacando que también se registró en todas las estaciones ubicadas en el área del Proyecto (Tabla 5.14 a Tabla 5.20). Espacialmente, y tal como para la abundancia, la menor biomasa del sector se determinó en la estación CQ-10, única estación donde no se identificaron moluscos y con predominio de poliquetos, mientras que la agregación de navajuela en CQ-12 determinó que esta estación exhibiera la mayor biomasa de toda el área monitoreada (Figura 5.22).

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		99
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

6.3.3 ÍNDICES ECOLÓGICOS

6.3.3.1 *Riqueza de especies*

El número de especies identificadas por estación de muestreo osciló entre 6 y 17 taxa, anotando un valor promedio de 13 ± 3 especies para el sector submareal circunscrito al área del Proyecto y de 13 ± 4 para las estaciones designadas como referenciales, dando cuenta de una homogeneidad respecto del número de taxa en toda el área monitoreada (Tabla 5.21; Figura 5.23), valores inferiores a lo documentado en los estudios de Soto *et al.* (2016) y Tapia-Guerra (2017) para la región central de Chile continental.

6.3.3.2 *Equidad*

El índice de equidad de Pielou anotó un promedio de $0,81 \pm 0,09$ para las estaciones ubicadas en el área de influencia del Proyecto, y de $0,78 \pm 0,15$ para las estaciones designadas como referenciales (Tabla 5.21; Figura 5.24). Teniendo en cuenta que estas cifras oscilan entre 0 y 1, los valores de tendencia central indicaron que hubo una alta uniformidad de las abundancias de las especies en ambos sitios, siendo algo menores en los sitios referenciales. Cabe agregar que, en CQ-9 (área de influencia) y CQ-12 (control) la equidad determinada fue moderada por una relativa preponderancia numérica del crustáceo *Pinnixa valdiviensis* en la primera, y del bivalvo *Nucula pisum* en la segunda, destacando que los bancos de esta última especie han sido recurrentes en el área.

6.3.3.3 *Diversidad específica*

El índice de diversidad de Shannon promedió un valor de $2,03 \pm 0,21$ nats/ind para el conjunto de estaciones ubicadas dentro del área de influencia del Proyecto, alcanzando un valor máximo local de hasta 2,22 nats/ind en CQ-6; mientras que para los sitios control el promedio fue levemente inferior, con $1,95 \pm 0,14$ nats/ind con un máximo de 2,07 nats/ind en CQ-12. Ambas cifras promedio representaron valores moderados: ~55 % de la diversidad máxima esperada ($H_{\max} = 3,56$ nats/ind) (Tabla 5.21; Figura 5.25).

6.3.3.4 *Dominancia*

La dominancia de Simpson tampoco mostró diferencias importantes entre el área de influencia y los sitios referenciales (al menos, en términos promedio), fluctuando en torno a una media global de $0,26 \pm 0,16$ (Tabla 5.21; Figura 5.26). Para un rango de oscilación de 0 a 1, tal resultado daría cuenta de una comunidad generalmente poco impactada por la presencia de ciertas especies que fueran mucho más abundantes que las demás, concordante con los valores altos de equidad.

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		100
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

6.3.4 MEDIDAS DE EVALUACIÓN AMBIENTAL

6.3.4.1 Curvas ABC

De las siete estaciones prospectadas, todas contaron con un número suficiente de especies para hacer biológicamente justificable la confección de las curvas ABC (*sensu* Carrasco *et al.* 1996). En todos los sitios los perfiles de biomasa se proyectaron por sobre los de abundancia (Figura 5.27); sugiriendo que no hubo una proliferación masiva de especies de pequeño tamaño, tanto en el área de influencia como en los sitios referenciales. El estadístico *W* fue consecuentemente positivo en todas las estaciones monitoreadas lo que indicaría un bajo grado de perturbación ambiental durante la actual temporada invernal.

6.3.4.2 Índice AMBI

De los 35 taxa identificados, cuatro fueron reasignadas al no estar actualmente presentes en la lista de especies del AMBI (actualizada a mayo del 2022). Tres de ellos (*Aora maculata*, *Lumbrineris chilensis* y *Neotrypaea pacifica*) fueron remitidos al grupo ecológico predominante en su Género y/o sinónimo taxonómico, mientras que los poliquetos no identificados de la familia Polynoidae en el grupo II (= *Polynoe* sp.).

La macrofauna submareal recolectada dentro de la bahía de Coquimbo estuvo compuesta por una amplia variedad de grupos funcionales, con mayor presencia de especies sensibles e indiferentes al enriquecimiento orgánico en las estaciones cercanas al Puerto de Coquimbo, mientras que en las estaciones referenciales CQ-11 y CQ-12 se observó una preponderancia de las especies oportunistas. Si bien la combinación global de ambos grupos finalmente categorizó a toda la zona como levemente perturbada, esta distinción composicional generó que el índice AMBI fuera más bajo en el área de estudio ($1,40 \pm 0,32$), que en las estaciones CQ-10, CQ-11 y CQ-12 ($2,50 \pm 0,76$) (Figura 5.28). Cabe mencionar que tal aparente separación coincide con la tendencia histórica y que, por lo general, deriva de la ocurrencia permanente de bancos *Nucula pisum* y la ocurrencia estacional de los gusanos capitélidos en las estaciones de referencia.

6.3.5 ANÁLISIS MULTIVARIADOS

La estructura comunitaria de la macrofauna submareal exhibió una similitud moderadamente baja entre estaciones de muestreo ($\approx 29\%$), observándose que las estaciones referenciales fueron diferentes de manera significativa de aquellas ubicadas en el área de influencia del Proyecto, destacando, además, que la macrofauna submareal de la estación referencial CQ-10 se mostró significativamente distinta de las demás, incluso respecto de las demás estaciones referenciales, influido por los bajos valores de riqueza y abundancia, destacando además, que fue la única estación donde no fue registrado el bivalvo *Tagelus dombeii* y la única donde fueron registrados poliquetos terebélidos (Figura 5.29). Entre las estaciones en el área de influencia, las especies *Nephtys ferruginea*, *Acromegalomma pigmentum*, *Tagelus dombeii*, *Diopatra chiliensis*, *Malletia chilensis*, *Pinnixa valdiviensis* fueron las responsables del 73,8 % de la similitud que presentaron. Al resumir la variabilidad del sistema en un plano

bidimensional, los resultados de los análisis multivariados exponen, con altos niveles de confianza (*i.e. stress* < 0,1; Figura 5.30), que las tres estaciones referenciales se situaron distanciadas del subconjunto de estaciones en el área de influencia, lo que respondería a cambios en el tipo de hábitat.

6.3.6 COMPARACIÓN TEMPORAL

Desde el Estudio de Línea Base (ELB) hasta ahora, la riqueza específica ha oscilado típicamente entre 6 y 14 taxa por estación de muestreo (percentil 25 y 75; Figura 6.23). En este contexto, la actual campaña se ubicó en torno al percentil 75 (de 14 especies), tal como en el monitoreo de verano 2021. Pese a tal semejanza, en los últimos años, sí se ha venido observando un patrón de fluctuación estacional mucho más estable y con valores que, habitualmente, tienden a ser más bajos en verano que en invierno. Por otro lado, hasta este punto, en las siete estaciones que han sido monitoreadas a través del presente Programa de Vigilancia Ambiental, se ha identificado un total de 121 taxa; reportando, por lo general, una diversidad taxonómica acorde a lo esperado para la región de Coquimbo (ver Tapia-Guerra 2017).

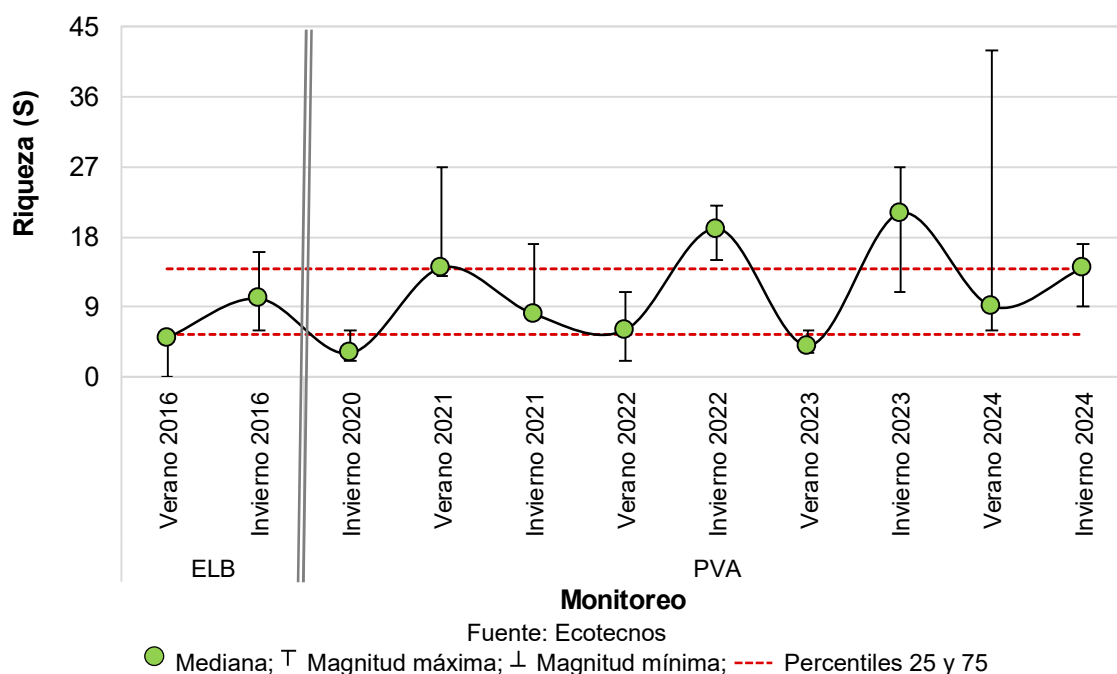


Figura 6.23. Fluctuación histórica del número de especies de la macrofauna submareal. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

Tanto la abundancia como la biomasa exhibieron patrones de fluctuación similares a los de la riqueza, en ambos casos, situándose en torno a la media histórica, con una mantención respecto del anterior monitoreo (Figura 6.24). Es importante destacar que las variaciones observadas en la abundancia (Figura 6.24A) parecen estar fuertemente

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		102
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

influenciadas por el ciclo reproductivo de la almeja *Nucula pisum*, cuyo desove se produce en la temporada de verano y su reclutamiento en invierno (Craig 1994). Además, al tratarse de una especie adaptada para vivir en zonas con bastante influjo de nutrientes (Zelaya 2009), su presencia en la zona, sumada a la de otros bivalvos de características similares, otorgaría una mayor complejidad a un hábitat comúnmente ocupado por gusanos capitélidos, lumbrinéridos y espionidos durante las temporadas frías.

En cuanto a la biomasa, tres especies han destacado históricamente por el peso seco de sus individuos: la navajuela (*Tagelus dombeii*), el caracol rubio (*Xanthochorus cassidiformis*) y la almeja taquilla (*Mulinia edulis*). En términos globales, las principales fluctuaciones de un semestre a otro suelen venir de la mano de los aumentos y disminuciones en la densidad poblacional de este tipo de moluscos, así como la ocasional proliferación de algunos poliquetos oportunistas. En esta línea, en la temporada actual la navajuela fue la especie que aportó el mayor peso seco a nivel individual, con una mantención de la mediana respecto de la campaña anterior, cercana al percentil 75 histórico (Figura 6.24B).

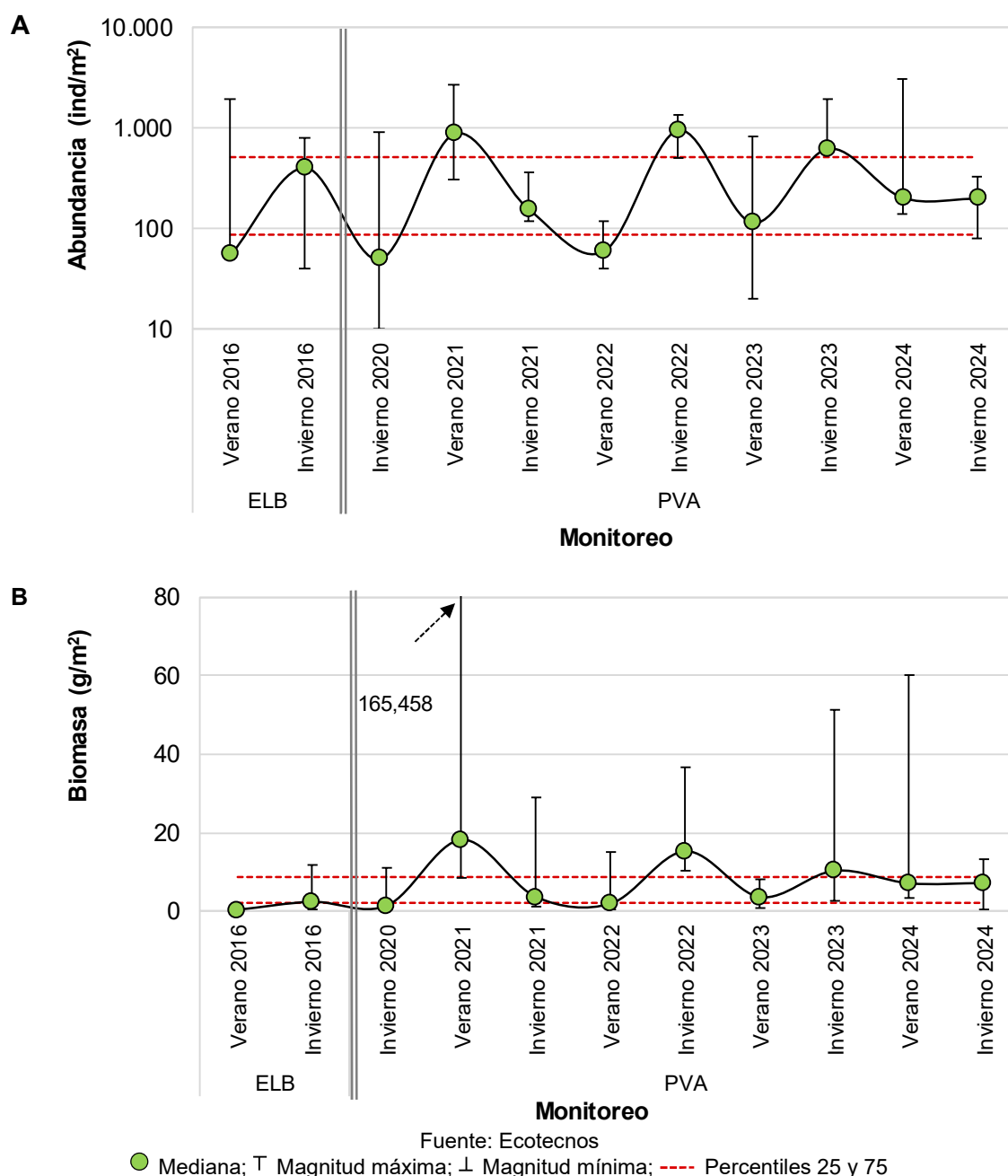


Figura 6.24. Fluctuación histórica de la abundancia y biomasa de la macrofauna submareal. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

La diversidad específica exhibió, por su parte, un leve aumento respecto de la campaña anterior, con un registro en torno al percentil 75 histórico, valor superior a los reportados para el Estudio de Línea Base, aunque similar a algunas campañas en el marco del Programa de Vigilancia Ambiental, encontrándose entre los valores más altos del periodo

analizado (Figura 6.25). Asimismo, en comparación con la diversidad máxima estimada para la zona (de 3,74 nats/ind), la actual temporada estival osciló en torno a un 53 % de dicho parámetro de referencia. Cabe consignar que, nuevamente en esta oportunidad, los resultados dan cuenta de un componente estacional, típico para la región de Coquimbo (Tapia-Guerra 2017, Gallardo *et al.* 2019), y con valores concordantes a los registrados en otros estudios realizados en bahías altamente transitadas del centro-norte de Chile (e.g. Laudien *et al.* 2007, Moreno *et al.* 2008).

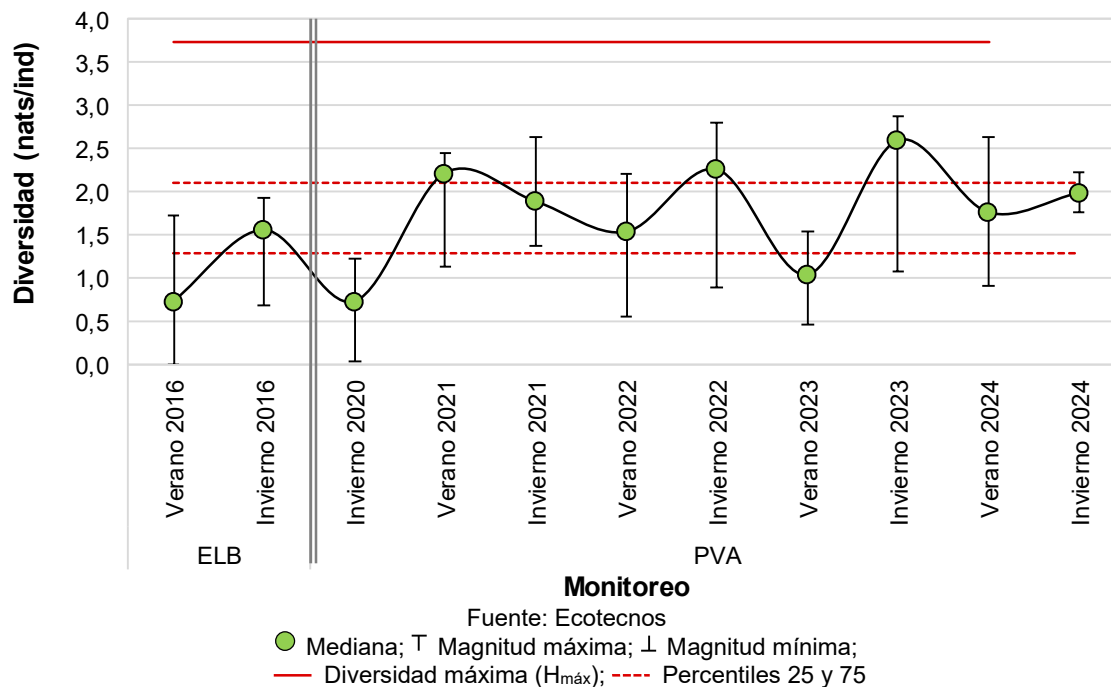
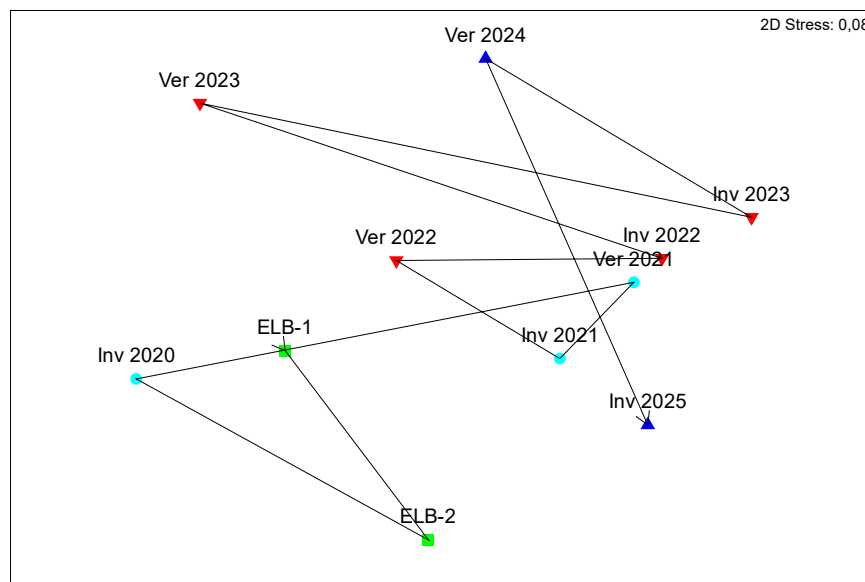


Figura 6.25. Fluctuación histórica de la diversidad específica de la macrofauna submareal. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

La macrofauna submareal ha demostrado variar bastante de un monitoreo a otro, exhibiendo importantes cambios composicionales a través del tiempo (PERMANOVA: pseudo- $F = 3,9424$; $p < 0,001$). De acuerdo con el Análisis de Similitud (o ANOSIM), por ejemplo, tanto la comparación global como la pareada (entre campañas), reunió suficiente evidencia como para rechazar con bastante contundencia la hipótesis nula de no diferenciación temporal ($R = 0,448$; $p < 0,001$). Debido a la altísima variabilidad que contiene el sistema a lo largo de tantos monitoreos, es muy complejo poder acotar estos cambios a unas cuantas ocurrencias puntuales; sin embargo, la abundancia y distribución de los gusanos lumbrinéridos, de los bivalvos *Nucula pisum*, *Cumingia mutica* y *Tagelus dombeii*, y de los crustáceos *Pinnixa valdiviensis* y *Heterophoxus oculatus* han ido sobresaliendo en el tiempo como algunos de los elementos bióticos más relevantes en la diferenciación pareada de las campañas. En particular, cabe destacar que la macrofauna submareal de la actual temporada invernal fue substancialmente distinta a la mayoría de las campañas anteriores, reflejando, en parte,

el patrón de fluctuación estacional observado para la riqueza y la diversidad específica (ver: Sellanes *et al.* 2007, Soto *et al.* 2016, Tapia-Guerra 2017), marcando especial distancia con los resultados del monitoreo de verano 2023 (Figura 6.26).



Fuente: Ecotecnos

▲ Campañas del ELB; ● Monitoreo fase previa a la construcción; ▼ Monitoreos fase construcción; ▲ Monitoreos fase operación

Figura 6.26. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico de la macrofauna submareal por campaña de muestreo (en base a los valores pareados de R , de la prueba ANOSIM). PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		106
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

6.4 MAMÍFEROS MARINOS

6.4.1 AVISTAMIENTO POR TIERRA

6.4.1.1 *Distribución espacial*

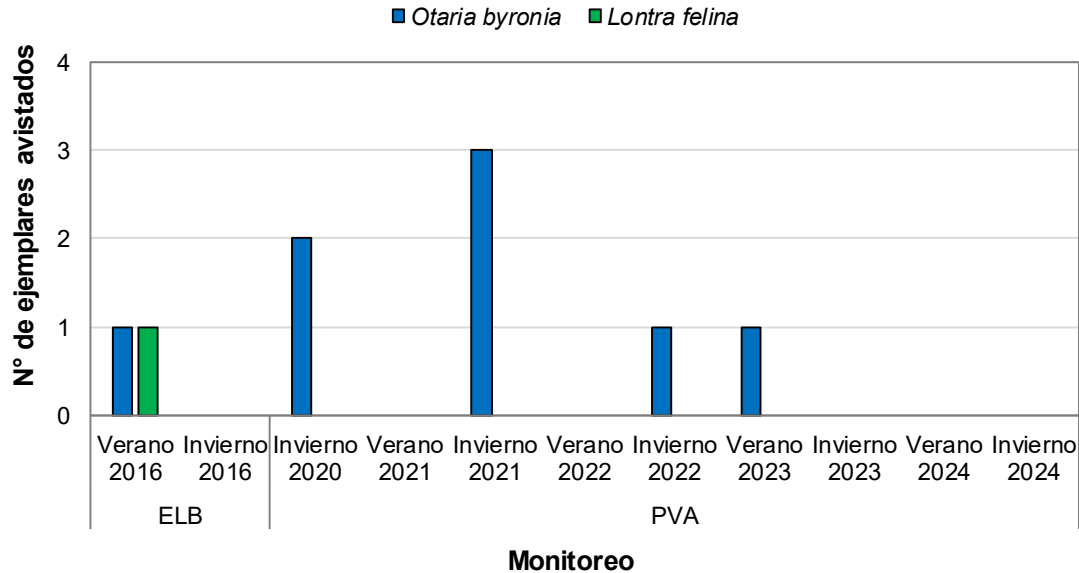
En el presente monitoreo invernal no hubo avistamientos de mamíferos marinos, particularmente, pinnípedos, cetáceos y mustélidos, así como, no fueron encontrados vestigios (e.g. pisadas, fecas) de la presencia de chungungo (*Lontra felina*) en el sector de estudio. Tampoco se observaron ejemplares muertos en las inmediaciones de los puntos de avistamiento terrestre.

6.4.1.2 *Comparación temporal*

El análisis temporal desde el ELB del Proyecto realizado por tierra permitió revelar que la mayor abundancia ha sido registrada en el monitoreo de invierno 2021 con tres ejemplares, seguida de la campaña estival del estudio de LB con dos individuos, mientras que en tres monitoreos se observó un ejemplar de lobo marino común: invierno 2020, invierno 2022 y verano 2023 (Figura 6.27). Por su parte, la ausencia de mamíferos marinos ha sido reportada en la campaña invernal del ELB así como en el monitoreo de verano 2021, verano 2022, invierno 2023, verano 2024 y el presente monitoreo, observándose, además, que en los avistamientos realizados a la fecha solo durante el ELB se registró en el área un ejemplar de *Lontra felina*, con una mayor ocurrencia del pinnípedo *Otaria byronia*⁵ (Figura 6.27).

Sin embargo, y aunque tampoco se han encontrado vestigios de la especie *L. felina* (chungungo) desde el ELB de invierno 2016 a la fecha, no se ha descartado su presencia en el sector, considerando su registro en verano de 2026 en el marco del ELB, así como las características del sector con un intermareal rocoso, que utiliza como refugio y para alimentarse. En este contexto, Castilla (1981), Ostfeld *et al.* (1989) y Medina-Vogel *et al.* (2004) señalan que *L. felina* utiliza las grietas y espacios entre las rocas para protegerse. Es en este ambiente, especialmente en la zona intermareal, donde captura su alimento, camuflándose en bancos de algas, como *Lessonia nigrescens* y *Durvillaea antártica*.

⁵ En sinonimia con *Otaria flavescens*. Webber MA. 2014.



Fuente: Ecotecnos (2016-2024)

Figura 6.27. Detalle histórico del número de ejemplares por especie avistados durante el avistamiento por tierra en el periodo 2016-2024. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

6.4.2 AVISTAMIENTO POR MAR

6.4.2.1 Distribución espacial

Durante el avistamiento efectuado por mar, se logró reconocer el pinnípedo *Otaria byronia* (Tabla 5.22). Sin embargo, no fue detectada la presencia de *Lontra felina* (chungungo), así como tampoco la de cetáceos (ballenas y delfines) en el área de estudio.

Un total de 21 ejemplares de *O. byronia* fueron avistados en el sector de interés, equivalente a una abundancia relativa de 13,3 ind/Eth y una densidad de 5,74 ind/km² (Tabla 5.22; Figura 5.32). De ellos, solo 1 individuo, correspondiente a un macho adulto, fue observado descansando en el islote Punta Tortuga; mientras que en las cercanías del sitio de embarque y las instalaciones del Terminal Portuario Coquimbo (Fotografía 6.1A) se identificaron 9 individuos descansando en los roqueríos, todos correspondientes a machos adultos (Tabla 5.22; Figura 5.32; Fotografía 6.1C). Los demás ejemplares se registraron nadando en el área, la mayoría cercanos al Puerto de Coquimbo, posiblemente buscando alimento lo que dificultó determinar el sexo quedando consignados como “Indeterminados”, solo 3 ejemplares en nado pudieron sexarse correspondiendo ellos a dos hembras adultas (1,3 ind/Eth; 0,55 ind/km²) y un macho adulto (0,6 ind/Eth; 0,27 ind/km²). Finalmente, cabe mencionar que no se reportó la presencia de juveniles ni de crías, así como tampoco de ejemplares de machos subadultos (Tabla 5.22; Figura 5.31; Figura 5.32).

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		108
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

La presencia de *O. byronia* en el área monitoreada es concordante con la distribución descrita en la literatura científica. Al respecto, el lobo común de un pelo es una especie ampliamente distribuida, desde el norte de Perú al sur hasta el Cabo de Hornos (Ximénez 1976, Vaz Ferreira 1982, Sielfeld 1983, Sielfeld *et al.* 1978, Cappozzo 2002, Crespo *et al.* 2012, Oliva *et al.* 2012, Oliveira *et al.* 2012), y desde allí hasta el sur de Brasil (Sanfelice *et al.* 1999, Pavanato *et al.* 2013, Baylis *et al.* 2015). En específico en Chile, el lobo marino común se distribuye desde Arica (18°28'S) hasta el Estrecho de Magallanes (Acevedo & Aguayo 2008), Cabo de Hornos (Aguayo & Maturana 1973a, b, Sielfeld *et al.* 1997, Torres *et al.* 2000), incluyendo algunas islas cercanas al litoral y Diego Ramírez (56°30'S) (Pisano 1972, Schlatter & Riveros 1997), incluyéndose reportes completos de costas de Chile en Aguayo & Maturana (1973a), FIP-IT (1995-28, 1996-51), FIP (2006-49, 2006-50) (Fotografía 6.1B).

Habita zonas litorales de tipo rocoso, que ofrezcan grietas y cuevas aptas para su reproducción, desarrollando hábitos pelágicos durante el período no reproductivo, en los cuales puede ser avistado en playas de poca pendiente e incluso de tipo arenoso (Sielfeld 1983). *O. byronia* es una especie generalista en cuanto a sus hábitos alimentarios, además de oportunista, incluyendo en su dieta peces, crustáceos, moluscos y pingüinos, siendo sus principales presas aquellas de mayor disponibilidad en la zona donde se encuentra (George-Nascimento *et al.* 1985, Sielfeld 1997, Alonso *et al.* 2000). De esta manera, en el litoral chileno el consumo se centra en peces óseos y cefalópodos presentes en la plataforma continental (Sielfeld *et al.* 1997), observándose en Valparaíso ingiriendo jibias (*Dosidicus gigas*) (Sielfeld 1983). Un resumen por tipo de interacción relevante indica que esta especie es depredadora de *Merluccius gayi*, *Trachurus murphyi*, *Engraulis ringens* (Goetz *et al.* 2008).

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		109
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	



Fuente: Ecotecnos

Fotografía 6.1. A. Macho adulto de *Otaria byronia* (Lobo marino común) en descansando en islote Punta Tortuga; B. Distribución de la especie; C) Ejemplares adultos de Lobo marino común en descansando en roqueríos en las proximidades de Puerto de Coquimbo; D. Una macho adulto y una hembra adulta nadando en las cercanías del islote Punta Tortuga; E. Un ejemplar de sexo indeterminado en el punto de embarque. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

La temporada reproductiva de *Otaria byronia* se extiende desde diciembre a marzo, periodo durante el cual los animales se congregan en sitios especiales denominados “loberas” o “loberías”, que corresponden a islas, islotes, roqueríos o playas, por lo

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		110
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

general cercanos a la costa, clasificándose como parideros o apostaderos de acuerdo con la presencia de una estructura reproductiva y crías en la época de verano; mientras que en invierno, puede llegar a observarse una situación donde la población se ha dispersado en busca de alimento (Oliva *et al.* 2012, Subpesca 2012). Con esto en consideración, la población de *O. byronia* en la presente campaña responden a lo esperado para un periodo invernal (Tabla 5.22, Figura 5.32).

La ausencia de cetáceos (ballenas y delfines) y mustélidos (chungungo) durante el presente monitoreo, no descarta su ocurrencia en el sector de interés, las cuales podrían utilizar esta zona como transito durante sus periodos de descanso y/o alimentarios.

6.4.2.2 Comparación temporal

Con relación al registro histórico, la riqueza de especies de mamíferos marinos ha sido baja, observándose que sólo en la campaña de ELB de verano 2016 se avistaron dos especies de mamíferos marinos: *Lontra felina* y *Otaria byronia*; mientras que desde la campaña de ELB de invierno de 2016 a la fecha (invierno 2024) no se han avistado ejemplares de *Lontra felina*, así como tampoco de cetáceos (delfines y ballenas) (Figura 6.28).

Respecto de la abundancia, solo un ejemplar de chungungo fue avistado en el área (ELB verano 2016), mientras que, para el lobo marino común, las abundancias han fluctuado entre un mínimo de 18 individuos en invierno de 2016 (ELB) y un máximo de 371 individuos (verano 2021), la primera coincidente con la época de dispersión de la población en busca de alimento, y la segunda con el periodo reproductivo donde los ejemplares se congregan (Figura 6.28). En este sentido, temporalmente se refleja esta variación, observándose que, en un periodo anual, la campaña estival presenta una mayor abundancia que la invernal. También es relevante mencionar que durante las campañas de Línea de Base las abundancias de esta especie fueron bajas, lo que puede relacionarse con la ocurrencia de un ENOS (2015-2016⁶), fenómeno que se ha reportado que afecta negativamente a las poblaciones (Sepúlveda *et al.* 2015). Para el primer monitoreo semestral (invierno 2020), también se observa una baja abundancia en el área, lo que también podría estar relacionado con un fenómeno oceanográfico, informándose anomalías positivas de la temperatura superficial del mar entre diciembre y abril de 2020, que, si bien no conformaron una fase Niño, pudieron ser suficientes para alterar la reproducción de la especie en la zona. Luego, entre verano 2022 y verano 2023, se observa un aumento, con abundancias sobre los 100 individuos, periodo bajo una fase Niña. Luego, se registró un brusco descenso de las abundancias (< 30 individuos), especialmente en el islote Punta Tortuga, en los tres últimos monitoreos (invierno 2023 y los de invierno y verano 2024), pudiendo esta situación relacionarse con la fiebre aviar ocurrida en las costas chilenas durante el año 2023, la cual también afectó a esta especie, y si bien para este año 2024 esta emergencia zoonosanitaria fue superada, su impacto en la población puede mantenerse, además de sobreponerse al Niño presente entre junio 2023 y abril 2024 afectando el último periodo reproductivo (verano 2024) y por consiguiente su presencia en el actual monitoreo (invierno 2024) al buscar

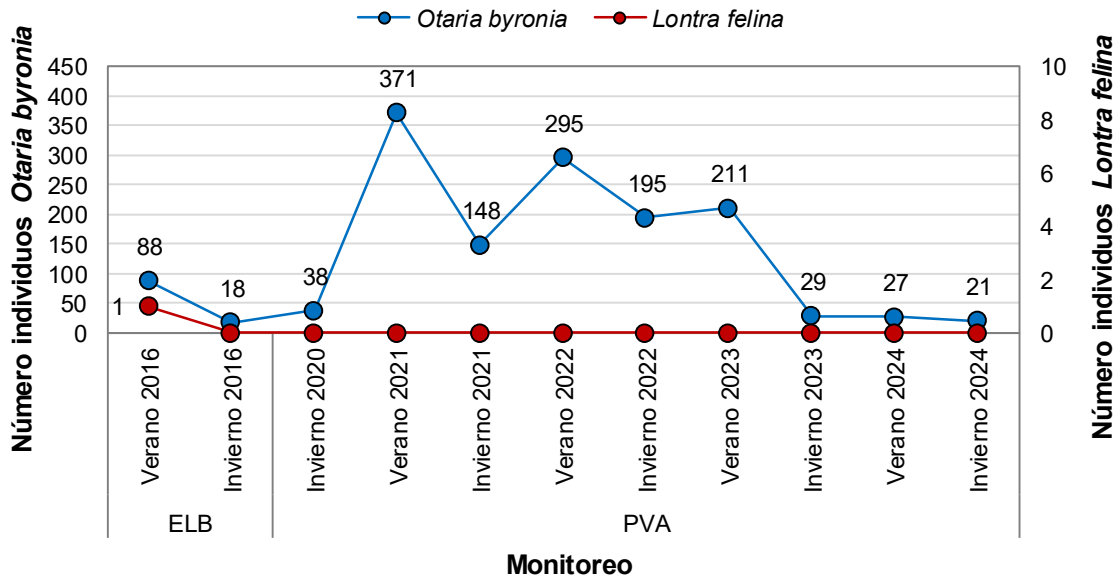
⁶ https://dgf.uchile.cl/rene/PUBS/TresNinosSorprendentes_IGP.pdf. René Garreaud. Artículo de divulgación científica. Tres Niños Sorprendentes. Boletín Técnico, 5(1), enero 2018.

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		111
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

otros sitios de descanso y/o reproducción. En este sentido, cabe evaluar en el futuro la evolución de esta situación.

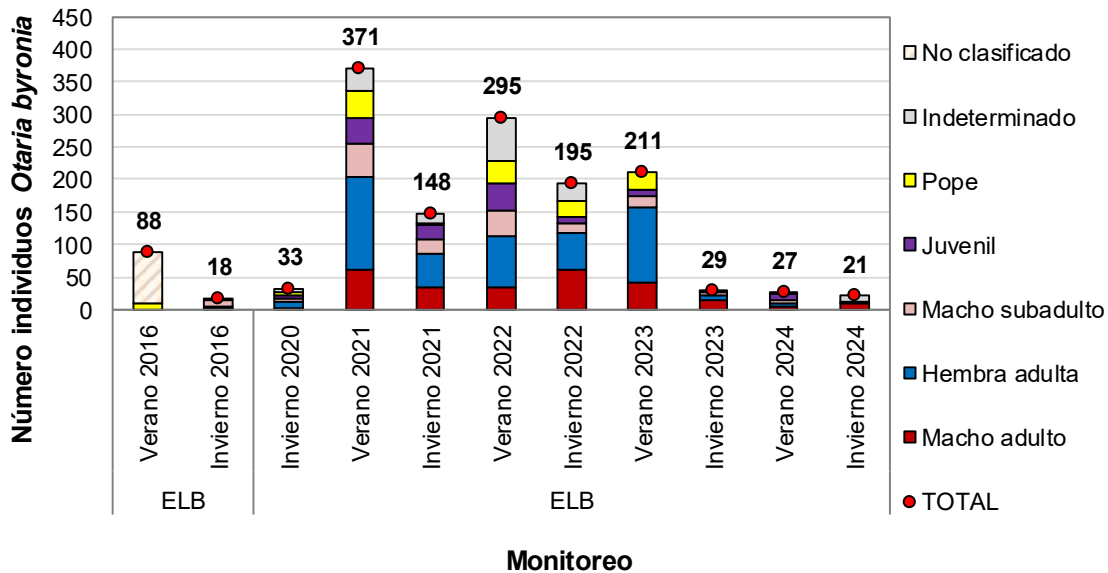
Considerando que el apareamiento de *O. byronia* ocurre desde enero hasta los primeros días de marzo (días después del parto) (Acevedo *et al.* 2003), con variaciones de días entre las poblaciones en función de la latitud y entre las poblaciones de la costa Pacífica y Atlántica, se mantiene la sincronización dentro de cada localidad de manera interanual (Acevedo *et al.* 2003, Pavés *et al.* 2005), lo cual estaría ocurriendo en el sector de estudio. Además, constituye una especie poliginia, ya que, durante la época de apareamiento, los machos arriban a los roqueríos reproductivos a comienzos de la temporada, compitiendo con otros machos por la posesión de territorios, los que son celosamente defendidos. Las hembras, en tanto, arriban luego a estos territorios protegidos por uno o pocos machos, donde paren una sola cría, para luego aparearse, generalmente con el macho dominante. Así, durante la época de reproducción, las hembras de la especie se agregan formando colonias de unos pocos machos (Campagna & Le Boeuf 1988, Cassini & Vila 1990, Acevedo *et al.* 2003).

Al respecto, la composición funcional de la población en el área de estudio ha ido en concordancia con las variaciones descritas anteriormente, donde los periodos bajo Niño y/gripe aviar, exhibieron una baja reproducción, reflejado en el bajo número de crías (popes) detectadas (Figura 6.29). En este sentido, en el presente monitoreo solo se registraron ejemplares adultos, destacando la ausencia de machos subadultos, popes (crías) y juveniles, asociado a la dispersión invernal de la población (Figura 6.29). Estas observaciones, junto a la composición funcional determinada para el anterior monitoreo, indican que, hasta la fecha, el islote en Punta Tortuga y los roqueríos del sector del Puerto de Coquimbo estarían siendo utilizado como paridero y apostadero, lo cual es coincidente con lo descrito en la literatura científica (Jefferson *et al.* 1993, Campagna 2008, Acevedo *et al.* 2003, Pavés *et al.* 2005).



Fuente: Ecotecnos (2016-2024)

Figura 6.28. Registro histórico del número de mamíferos marinos y riqueza registrada durante el transecto de navegación en el periodo 2016-2024. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.



Fuente: Ecotecnos (2016-2024)

Figura 6.29. Registro histórico del número de individuos de Otaria byronia registrados durante el transecto de navegación en el periodo 2016-2024, de acuerdo con su clase funcional. PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		113
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

6.4.3 ESTADO DE CONSERVACIÓN

Considerando los monitoreos, realizados tanto por tierra, como por vía marítima (transecto de navegación), el avistamiento de mamíferos marinos permitió registrar la presencia de una especie de mamífero marino correspondiente a *Otaria byronia*, el cual se clasifica como “Preocupación Menor”, tanto a nivel nacional de acuerdo con los Procesos de Clasificación del Ministerio del Medio Ambiente (RCE) (D.S. N° 13/2013 MMA), como para el criterio extranjero según IUCN (*International Union for Conservation of Nature*⁷) (Tabla 6.1).

Según la RCE, *Otaria byronia* se encuentra clasificado como “Preocupación Menor” por los Procesos de Clasificación, ya que no cumple con los umbrales de ninguno de los criterios para ser clasificada en alguna de las categorías de amenaza de IUCN 3.1 (Extinta, Extinta en la Naturaleza, En Peligro Crítico, En Peligro o Vulnerable), y su amplia distribución indica que no está próxima a satisfacer los criterios⁸. De acuerdo con CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres)⁹, el Lobo marino común no se encuentra listado bajo ninguno de los apéndices de CITES (Tabla 6.1).

Tabla 6.1. Estado de Conservación de *Otaria byronia* según el Reglamento de Clasificación de Especies (RCE) y de *International Union for Conservation of Nature* (IUCN). PVA Modernización del Puerto de Coquimbo. Monitoreo Semestral N° 02, Fase de Operación, invierno 2024.

Familia	Especie (nombre común)	RCE	IUCN
Otariidae	<i>Otaria byronia</i> (Lobo marino común)	LC	LC

Fuente: Ecotecnos
Según IUCN y RCE: **LC**: Preocupación Menor

⁷ Lista Roja de la UICN: <https://www.iucnredlist.org/>. Visitada el 29 de agosto de 2024.

⁸ http://www.mma.gob.cl/clasificacionespecies/fichas9proceso/FICHAS_INICIO_9o_PROCESO_PDF/Otaria_flavescens.pdf. Visitado el 29 de agosto de 2024.

⁹ <https://www.sag.gob.cl/ambitos-de-accion/convencion-cites>. Visitado el 29 de agosto de 2024.

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		114
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

7 CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados expuestos en este documento técnico, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

7.1 COLUMNA DE AGUA

La caracterización oceanográfica del sector portuario de bahía Coquimbo, reveló condiciones normales, características de ecosistemas marinos costeros del norte chileno, sin presentar anomalías generadas por las actividades de ampliación del puerto. En cuanto a la transparencia de la columna de agua, esta se mantuvo entre baja y alta en las estaciones ubicadas en el área de influencia del proyecto, obteniéndose una media de 6,25 m de profundidad a su vez, en los sitios control también este parámetro mostró una alta variabilidad registrando valores entre 2,75 y 6,25 m de profundidad. Estos resultados son esperables en temporadas invernales donde producto del viento y de las corrientes marinas se encuentra una gran cantidad de partículas suspendidas en la columna de agua que limitan la penetración de la luz en estos ambientes.

A su vez, la temperatura superficial del mar fue altamente estable en toda el área costera evaluada, sin embargo, es preciso mencionar que al ser comparada con el registro histórico del SHOA se obtuvo una diferencia térmica de 1,72 °C, que puede ser atribuida la ocurrencia de una onda Kelvin que generó la disminución de la temperatura de masas de agua subsuperficiales en la costa del Pacífico entre marzo y julio del presente año, por tanto esta variación térmica no se relacionó con las operaciones portuarias. En cuanto a la distribución vertical de temperatura, se observaron leves diferencias entre aguas superficiales y de fondo, sin registrar estratificación térmica en ninguno de los sitios examinados en este estudio. Por último, con relación a la serie temporal, durante esta campaña se obtuvo la menor temperatura promedio desde el estudio de línea base, que tal como se mencionó anteriormente fue generada por un evento oceanográfico de escala global.

La salinidad, por su parte, presentó distribuciones altamente estables a lo largo de la columna de agua y en todas las estaciones ubicadas en el área de estudio, incluso en las definidas como control, alcanzando valores que se mantuvieron dentro de los rangos informados para este parámetro en la costa chilena, además, el registro histórico indicó que en promedio se ajustó a la serie temporal elaborada desde 2016 a 2024.

En cuanto a las concentraciones de oxígeno disuelto, este parámetro alcanzó mayores magnitudes en aguas superficiales, disminuyendo gradualmente a medida que aumentó la profundidad de las estaciones estudiadas, presentando un comportamiento estable tanto en aguas superficiales como de fondo. Las mediciones efectuadas en terreno evidenciaron buenas condiciones de ventilación sin observarse aguas pobres en oxígeno ni estratificación en la columna de agua. Los resultados de este monitoreo invernal se ajustaron al registro histórico, alcanzando valores que se encontraron dentro de la data temporal.

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	115
		Fecha de emisión: 02-09-2024	

El pH también fue estable entre las estaciones ubicadas en el área de influencia de las obras portuarias en bahía Coquimbo y a través de la columna de agua, misma tendencia que fue observada en los sitios referenciales, sin embargo, es importante señalar que sus magnitudes fueron levemente superiores a las informadas para aguas marinas, alcanzando los valores más elevados que se han registrado desde el estudio de línea base en 2016. Debido a esto, se recomienda poner especial atención en el comportamiento de este parámetro en las siguientes campañas, ya que aumentos considerables de pH en estos ecosistemas podría generar efectos adversos sobre la biota local.

Por otro lado, en relación con los análisis de elementos metálicos y metaloides evaluados en este monitoreo, siendo estos arsénico, cadmio, cinc, cobre, mercurio, níquel, plomo y vanadio, únicamente el mercurio se mantuvo bajo el límite de detección analítico, tanto en su fase disuelta como total, indicando que no se observaron alteraciones en la columna de agua por la ocurrencia este elemento metálico. En cuanto a los elementos que si fueron cuantificados cabe indicar que algunos de ellos como el arsénico, cobre, níquel y vanadio fueron detectados en todas las estaciones y en ambos estratos de la columna de agua, mientras que otros como el cadmio, cinc y plomo, presentaron distribuciones esporádicas en el sector costero evaluado. En términos generales, las distribuciones de los elementos metálicos y metaloides se mantuvieron entre altamente estables y moderadamente variables, aunque el cadmio tuvo un comportamiento variable, que también fue observado en el cobre total en aguas de fondo. Para la mayoría de los parámetros mencionados, las estaciones control registraron magnitudes que se mantuvieron dentro de los rangos del área de influencia, sin embargo, se observaron algunas variaciones como el arsénico disuelto en aguas superficiales, plomo total en aguas de fondo y vanadio disuelto en fondo, alcanzando mayores concentraciones con relación al resto de los sitios de muestreo. El análisis para determinar el porcentaje del contenido disuelto en la concentración total de cada elemento reveló altas proporciones de elementos en su fase disuelta, siendo la única excepción el cinc donde predominó la fracción particulada. Con respecto al registro histórico se debe mencionar que la mayoría de ellos se encontraron dentro de los rangos obtenidos, no obstante, el arsénico, cobre y vanadio presentaron las mayores concentraciones de esta serie temporal, lo que pudo deberse a un evento de escala local, ya que en los fondos también se observaron alteraciones de arsénico y vanadio, por tanto, se sugiere evaluar sus variaciones en las siguientes campañas.

En cuanto a los hidrocarburos analizados en este PVA, tanto los hidrocarburos totales como los hidrocarburos aromáticos policíclicos se encontraron bajo el límite de detección analítico en todas las estaciones dispuestas en bahía Coquimbo, tendencia que ha sido observada desde el estudio de línea base a la actual campaña invernal de 2024, indicando que el área de estudio no se encuentra afectada por este tipo de compuestos orgánicos. A su vez, los sólidos suspendidos totales fueron cuantificados en todo el sector portuario, registrando mayores concentraciones en aguas de fondo y presentando un comportamiento altamente variable entre los sitios de muestreo. Por otra parte, las estaciones control se ajustaron a los rangos obtenidos en el área de influencia del proyecto. El análisis temporal indicó que los resultados obtenidos en esta campaña invernal se mantuvieron dentro de registro histórico elaborado desde 2016 a 2024.

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		116
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

7.2 SEDIMENTO SUBMAREAL

La composición granulométrica de los sedimentos en la zona de influencia del proyecto estuvo dominada completamente por las fracciones de limo/arcilla. En las estaciones control, en tanto, la granulometría fue variable, sin embargo, con inclinación hacia los gránulos de menor tamaño. Al comparar la fracción dominante con la fracción media, se observó una coincidencia en todas las estaciones del área de interés y en dos de las tres estaciones control, lo que sugiere una alta consistencia en las medidas de tendencia central dentro de la zona evaluada. La desviación estándar inclusiva indicó distribuciones mal y muy mal clasificadas en toda el área de estudio. En cuanto a la asimetría, se evidenciaron curvas variables, desde aquellas con exceso de gruesos hasta otras con alto exceso de finos. La curtosis mostró prácticamente todas las variaciones, desde platicúrticas hasta muy leptocúrticas, incluyendo las estaciones de referencia. Estos resultados sugieren que la zona de influencia corresponde a un ambiente costero protegido, caracterizado por la deposición de material fino, baja energía de transporte, capacidad erosiva limitada y una mala clasificación granulométrica. En la presente campaña invernal, el promedio de limo/arcilla ha sido el único que ha prevalecido desde la implementación del PVA, lo que indica una tendencia hacia la disminución en el tamaño de las partículas, en contraste con las campañas anteriores donde, en general, el promedio se mantenía entre arenas finas a medias o gruesas.

En cuanto a los análisis químicos, todos los elementos metálicos y metaloides evaluados en los sedimentos submareales del área de estudio, excepto el mercurio, presentaron concentraciones cuantificables. Estos incluyen arsénico, cadmio, cinc, cobre, níquel, plomo y vanadio. En general, las distribuciones de estos elementos mostraron coeficientes de variación que variaron considerablemente, desde valores muy estables hasta altamente variables, sin una tendencia clara en el sector portuario de la bahía Coquimbo. Es importante destacar que, en las estaciones control, particularmente en CQ-11 y CQ-12, se observaron menores concentraciones de los elementos analizados en comparación con los sitios de interés, por el contrario, el sitio control ubicado al norte, CQ-10, mantuvo, en general, concentraciones reportadas previamente en la misma área. Además, se debe señalar que los mayores enriquecimientos de estos elementos se registraron en los sitios CQ-1 y CQ-5, con la excepción del cadmio, cuyas mayores concentraciones se detectaron en CQ-9, y del plomo, que también mostró un aumento apreciable en CQ-6. En cuanto al comportamiento histórico de estos parámetros, la mayoría se mantuvo dentro de los rangos documentados previamente. No obstante, el arsénico fue el único analito que mostró un incremento notable, alcanzando su máxima concentración desde la implementación del PVA, seguido del vanadio, que registró un máximo histórico en una estación, siendo ligeramente superior.

En cuanto a las mediciones *in situ* efectuadas, los resultados de pH y potencial de óxido-reducción durante la campaña invernal de 2024 sugieren un ambiente favorable y bien oxigenado en el área de estudio. El pH se mantuvo levemente alcalino y estable, mientras que el potencial de óxido-reducción mostró variabilidad, predominando condiciones oxidativas en la mayoría de las estaciones. Estos hallazgos indican, en general, un ambiente sedimentario saludable y estable en la zona portuaria de Coquimbo.

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		117
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

Los análisis mostraron que las sustancias oleosas, específicamente aceites y grasas, en los sedimentos submareales del área de estudio se mantuvieron mayormente por debajo del límite de detección, con la excepción del sitio CQ-9 y CQ-10, donde se registraron valores de 24 y 21 mg/kg respectivamente. Asimismo, todas las muestras revelaron que los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) se encontraron por debajo del límite de detección de sus respectivas técnicas analíticas en todas las estaciones evaluadas. Esto sugiere que, en general, no habría alteración por estos compuestos en los sedimentos submareales de la bahía Coquimbo, lo cual es consistente, en general, con los resultados obtenidos durante la ejecución de este Programa de Vigilancia Ambiental.

El carbono orgánico total (COT) fue cuantificado en todas las estaciones de interés, con una distribución altamente variable en el área de estudio. En contraste, sólo una de las estaciones de referencia presentó un nivel cuantificable de COT, con una concentración que se mantuvo dentro de los rangos previamente reportados para el área de influencia del proyecto. Finalmente, los resultados obtenidos durante esta campaña invernal se encuentran alineados con los datos documentados desde la implementación de este Programa de Vigilancia Ambiental (PVA).

7.3 COMUNIDAD SUBMAREAL DE SUSTRATO BLANDO

La macrofauna submareal, registrada durante el presente monitoreo, estuvo compuesta por 35 taxa, de los cuales el 55 % correspondieron a especies o categorías supraespecíficas de poliquetos, mientras moluscos y crustáceos representaron en conjunto el 40 % de los taxa identificados. Además de mantenerse la frecuencia de ocurrencia en niveles bastante bajos, cabe destacar que, los taxa que aparecieron con mayor regularidad en la zona fueron el poliqueto *Diopatra chiliensis*, el crustáceo *Pinnixa valdiviensis* y el bivalvo *Tagelus dombeii*, registradas en seis de las siete estaciones monitoreadas.

En cuanto a la abundancia, alrededor del 39 % de todos los organismos contabilizados correspondieron a gusanos poliquetos, destacando el capitélido *Mediomastus* sp.; sin embargo, las especies con mayor aporte fueron el crustáceo *Pinnixa valdiviensis* fue la más abundante del sector, particularmente en CQ-9; destacando a continuación el bivalvo *Nucula pisum* a raíz de la agregación de ejemplares en la estación referencial CQ-12, como ha sido registrado en varias campañas anteriores. Si bien esta predominancia específica no es nueva en la zona, en esta ocasión fue inferior (menor a anteriores monitoreos invernales), determinándose una mantención en la mediana de la abundancia respecto de la anterior campaña, mantención que también se observó para los valores de biomasa.

En cuanto a los índices ecológicos, la riqueza específica por estación de muestreo osciló en torno a 13 taxa, tanto en el área de influencia como en los sitios referenciales, valor que representa cerca de un 30 % más que lo documentado en la anterior campaña estival. Por su parte, la equidad, diversidad específica y la dominancia también exhibieron una baja variación entre las estaciones, independiente de su ubicación (área de influencia y estaciones control), con altas equidades, coincidente con las bajas dominancias, lo que muestra un bajo impacto de las agregaciones de *N. pisum*, lo que impactó en la determinación de diversidades moderadas en el área, mostrando un

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		118
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

aumento leve respecto del anterior monitoreo (11 %). Aunque en la mayoría de los sitios prospectados se reportaron niveles bajos de perturbación ambiental, la mayor presencia de especies oportunistas en la estación de referencia CQ-12, principalmente *Nucula pisum*, sugiere un sector parcialmente desbalanceado a raíz de una mayor carga orgánica en los sedimentos. Por otra parte, los análisis multivariados mostraron que el presente monitoreo invernal fue substancialmente distinta a la mayoría de las campañas anteriores, ajustándose a un patrón temporal de invierno/verano, típico para la región de Coquimbo.

7.4 MAMÍFEROS MARINOS

Durante el presente monitoreo invernal se logró registrar la presencia de una especie de mamífero marino, correspondiente al pinnípedo *Otaria byronia* (lobo marino común).

El avistamiento terrestre, mostró ausencia de registros de cetáceos, mustélidos y pinnípedos en las estaciones de estudio, tanto vivos, como muertos, así ausencia de vestigios (e.g. fecas, huellas, restos óseos) en el sector de interés.

Durante este transecto de navegación se contabilizaron 21 ejemplares en total de *O. byronia*, equivalente a una abundancia relativa de 13,3 ind/Eth y una densidad total de 5,74 ind/km². Los ejemplares del lobo marino común pudieron ser avistados principalmente en la zona del Puerto de Coquimbo en actividad de reposo (9 ejemplares en total), mientras que, 1 ejemplar de *O. byronia* fue identificado en el sector del islote Punta Tortuga (reposo), en tanto, los restantes 11 ejemplares se avistaron nadando, mayoritariamente en las inmediaciones del Puerto de Coquimbo.

Considerando la composición etaria (adultos) y de sexo (machos principalmente) del lobo marino común en el área, esta reveló que los roqueríos del sector (en torno al Puerto de Coquimbo, así como en el islote Punta Tortuga y sus alrededores) estarían siendo utilizados como paradero en la presente temporada. Aunque no fueron reportados cetáceos ni mustélidos –*Lontra felina* en específico– en el presente monitoreo, no se descarta que estos animales recorran el sector en busca de alimento y/o descanso.

El análisis temporal del avistamiento por mar ha revelado una marcada disminución de *O. byronia*, principalmente en los tres últimos monitoreos (invierno 2023, verano 2024 e invierno 2024) en toda el área, principalmente en el área donde se emplaza el islote Punta Tortuga. Es probable que la disminución de individuos de registrada en los monitoreos de invierno 2023 y verano 2024 de *O. byronia* se hayan relacionado con la fiebre aviar ocurrida en las costas chilenas durante el año 2023, la cual también afectó a esta especie, causando mortalidad que aún no se ha estimado a su totalidad, además de sobreponerse al Niño presente entre junio 2023 y abril 2024 afectando el último periodo reproductivo (verano 2024) y por consiguiente su presencia en el actual monitoreo (invierno 2024). Con relación al estado de conservación, *Otaria byronia* se encuentra clasificada como “Preocupación menor” (LC), tanto a nivel nacional (RCE) (D.S. N° 13/2013 MMA) como internacional, según IUCN (*International Union for Conservation of Nature*).

 ecotecnos CONSULTORES AMBIENTALES	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		119
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

8 BIBLIOGRAFÍA CITADA Y CONSULTADA

8.1 COLUMNA DE AGUA

LIBES S. 2009. An introduction to marine biogeochemistry. John Wiley & Sons. 752 pp.

MENZIE CA, BB POTOCKI & J SANTODONATO. 1992. Exposure to carcinogenic PAHs in the environment. Environmental science & technology, 26(7): 1278-1284.

PROGRAMA DE OBSERVACIÓN DEL AMBIENTE LITORAL. 2024. Dirección General del Territorio Marítimo y de la Marina Mercante. Armada de Chile.

RECABARREN-VILLALÓN, T., ORAZI, M., RONDA, A., MARCOVECCHIO, J., & A. ARIAS. 2019. Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) en ambientes marinos: Una revisión de América. JAINA Costas y Mares ante el Cambio Climático, 1(2): 19-40.

THIEL M, EC MACAYA, E ACUÑA, WE ARNTZ, H BASTIAS, K BROKORDT, PA CAMUS, JC CASTILLA, LR CASTRO, M CORTÉS, CP DUMONT, R ESCRIBANO, M FERNANDEZ, JA GAJARDO, CF GAYMER, I GOMEZ, AE GONZÁLEZ, HE GONZÁLEZ, PA HAYE, JE ILLANES, JL IRIARTE, DA LANCELLOTTI, G LUNA-JORQUERA, C LUXORO, PH MANRIQUEZ, V MARÍN, P MUÑOZ, SA NAVARRETE, E PEREZ, E POULIN, J SELLANES, HH SEPÚLVEDA, W STOTZ, F TALA, A THOMAS, CA VARGAS, JA VASQUEZ & JMA VEGA. 2007. The Humboldt Current System of Northern and Central Chile, Oceanography and Marine Biology: An Annual Review, 45: 195-344.

VALDÉS J, D ROMÁN D, L RIVERA, J ÁVILA & P CORTÉS. 2011. Metal content in coastal waters of San Jorge Bay, Antofagasta, northern Chile: a base line for establishing seawater quality guidelines. Environmental Monitoring and Assessment, 183: 231-242.

ZHOU Y, D YU, Q YANG, S PAN, Y GAI, W CHENG, X LIU & S TANG. 2021. Variations of water transparency and impacts factors in the Bohai and Yellow Seas from satellite observations. Remote Sensing, 13: 514.

8.2 SEDIMENTOS SUBMAREALES

BERRÍOS M & J OLIVARES. 1996. Caracterización granulométrica y contenido de carbono orgánico de los sedimentos marinos superficiales, en el sistema de bahías de la IV región. Coquimbo. Ciencia y Tecnología del Mar 19: 37-45.

BLOTT S & K PYE. 2001. Gradistat: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. Earth. Surf. Process. Landforms 26: 1237-1248.

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		120
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

- CORTÉZ J. S. 2013. Bioacumulación y Biomagnificación de Metales Pesados en Bahía La Herradura, Coquimbo, Chile. Universidad Católica del Norte, Facultad de Ciencias del Mar. 75 pp.
- FOLK RL. 1974. Petrology of sedimentary rocks. Hemphill Pub. Co. 182 p.
- FOLK RL & WARD WC. 1957. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. Journal of Sedimentary Petrology 27: 3-26.
- GUIÑEZ M, VALDÉS J & A SIDEDDINE. 2010. Variabilidad especial y temporal de la materia orgánica sedimentaria, asociada a la Zona de Mínimo Oxígeno (ZMO), en un ambiente costero del norte de la corriente de Humboldt, bahía Mejillones, Chile. Latin America Journal of Aquatic Research, 38(2): 243-253.
- DE GREGORI I, H PINOCHET, N GRAS, L MUÑOZ. 1996. Variability of cadmium, copper and zinc levels in molluscs and associated sediments from Chile. , 92(3), 0-368.
- LIBES S. 1992. An introduction to marine biogeochemistry. Ed. J. Wiley and Sons. 734 p.
- LIU Y, CHEN L, HUANG Q, LI W, TANG Y, J ZHAO. 2007. Source apportionment of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in surface sediments of the Huangpu River, Shanghai, China. Science of the Total Environment, 407: 2931-2938.
- MENZIE Ch & A COLEMAN, 2007. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Sediments: An Overview of risk-related issues. Human and Ecological Risk Assessment, 13: 269-275.
- MEYERSON A, G LUTHER, J KRAJEWSKI & E HIRES. 1981. Heavy metals distribution in Newark bay sediments. Marine Pollution Bulletin 12: 244-250.
- PARRA, S., BRAVO, M. A., QUIROZ, W., QUEROL, X., & PAIPA, C. 2015. Distribution and pollution assessment of trace elements in marine sediments in the Quintero Bay (Chile). Marine Pollution Bulletin, 99(1-2), 256-263.
- TRIBOVILLARD N, T ALGEO, T LYIONS & A RIBOULLEAU. 2006. Trace metals as paleoredox and paleoproductivity proxies: an update. Chemical Geology, 232: 12-32.
- WENTWORTH, C. K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. The journal of geology, 30(5), 377-392.

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		121
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

8.3 COMUNIDAD SUBMAREAL DE SUSTRATO BLANDO

- BORJA A, J FRANCO & V PÉREZ. 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin*, 40(12): 1100-1114.
- BRAY JR & JT CURTIS. 1957. An ordination of upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, 27: 325-349.
- CARRASCO F, W CARBAJAL & M PALMA. 1996. El macrobentos del sublitoral de bahía San Vicente, Chile: dominancia ecológica y diversidad específica en un gradiente de enriquecimiento orgánico. *Gayana Oceanología*, 4(2): 195-211.
- CLARKE KR. 1990. Comparison of dominance curves. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 138: 143-157.
- CLARKE KR. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, 18: 117-143.
- CLARKE KR, RN GORLEY, PJ SOMERFIELD & RM WARWICK. 2014. *Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation*. PRIMER-e (3ra edición), Plymouth. 260 pp.
- CLARKE KR & RN GORLEY. 2015. *PRIMER v7: User manual/Tutorial*. PRIMER-e, Plymouth. 296 pp.
- CRAIG NI. 1994. Growth of the bivalve *Nucula annulata* in nutrient-enriched environments. *Marine Ecology-Progress Series*, 104: 77.
- GALLARDO M, I ROJAS, K BROKORDT, G LOVRICH, V NUÑEZ, K PASCHKE, M THIEL & B YANNICELLI. 2019. Life on the edge: incubation behavior and physiological performance of squat lobsters in oxygen-minimum conditions. *Marine Ecology Progress Series*, 623: 51-70.
- GRALL J & M GLÉMAREC. 1997. Using biotic indices to estimate macrobenthic community perturbations in the Bay of Brest. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 44(A): 43-53.
- KHAN AS. 2006. *Methodology for Assessing Biodiversity*. Centre of Advanced Study in Marine Biology, Annamalai University.
- LANCELOTI D & J VÁSQUEZ. 2000. Zoogeografía de macroinvertebrados bentónicos de la costa de Chile: contribución para la conservación marina. *Revista Chilena de Historia Natural*, 73(1): 99-129.
- LAUDIEN J, ME ROJO, ME OLIVA, WE ARNTZ & S THATJE. 2007. Sublittoral soft bottom communities and diversity of Mejillones Bay in northern Chile (Humboldt Current upwelling system). *Helgoland Marine Research*, 61: 103-116.

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		122
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

- LLOYD M, J ZAR & J KARR. 1968. On the calculation of information-theoretical measures of diversity. The American Midland Naturalist Journal, 79(2): 257-272.
- MORENO RA, RD SEPÚLVEDA, EI BADANO, JE THATJE, N ROZBACZYLO & FD CARRASCO. 2008. Subtidal macrozoobenthos communities from northern Chile during and post El Nino 1997-1998. Helgoland Marine Research, 62(1): 45.
- PIELOU EC. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. Journal Theoretical Biology, 13: 131-144.
- SHANNON C & W WEAVER. 1949. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana. 117 pp.
- SELLANES J, E QUIROGA, C NEIRA & D GUTIÉRREZ. 2007. Changes of macrobenthos composition under different ENSO cycle conditions on the continental shelf off central Chile. Continental Shelf Research, 27(7):1002-1016.
- SIMPSON E. 1949. Measurement of diversity. Nature, 163: 688.
- SOTO E, E QUIROGA, B GANGA & G ALARCÓN. 2016. Influence of organic matter inputs and grain size on soft-bottom macrobenthic biodiversity in the upwelling ecosystem of central Chile. Marine Biodiversity, 47(2): 433-450.
- TAPIA-GUERRA JM. 2017. Patrones de distribución y estructura de la megafauna bentónica en caladeros de langostino colorado (Pleuroncodes monodon) frente a Coquimbo (~29-30°S) Chile, durante un período de transición a condiciones el Niño. Tesis de Grado, Universidad Católica del Norte, Coquimbo. 105 pp.
- WARWICK RM. 1986. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. Marine Biology, 92: 557-562.
- WARWICK RM & KR CLARKE. 1991. A comparison of some methods for analyzing changes in benthic community structure. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 71(1): 225-244.
- ZELAYA DG. 2009. Bivalvia. En: Häussermann V & G Försterra (eds). Fauna Marina Bentónica de la Patagonia Chilena, pp 425-454. Nature in Focus, Santiago.

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		123
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

8.4 MAMÍFEROS MARINOS

- ACEVEDO J & M AGUAYO. 2008. Leucistic South American sea lion in Chile, with a review of anomalously color in otariids. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 43: 413-417.
- ACEVEDO JR, A AGUAYO-LOBO & W SIELFELD. 2003. Eventos reproductivos del león marino común, *Otaria flavescens* (Shaw 1800), en el norte de Chile (Pacífico suroriental). *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 38 (2): 69-75.
- AGUAYO A & R MATURANA. 1973a. Presencia del lobo común (*Otaria flavescens*) en el litoral chileno, Arica (18°10'S) a Punta Maiquillahue (39°27'S). *Biología Pesquera*, 6: 45-75.
- AGUAYO A & R MATURANA. 1973b. Observaciones sobre mamíferos marinos durante la Vigésima Séptima Comisión Antártica Chilena, 1972-1973, Montemar. 41 pp.
- ALONSO MK, EA CRESPO, SN PEDRAZA, NA GARCÍA & MA COSCARELLA. 2000. Food habits of the South American sea lion, *Otaria flavescens*, off Patagonia, Argentina. *Fishery Bulletin*, 98: 250-263.
- BASTIDAS R & D RODRÍGUEZ. 2003. Mamíferos marinos de la Patagonia y Antártica. Vázquez Manzini Editores, Buenos Aires. 208 pp.
- BAYLIS MM, RA ORBEN, JPY ARNOULD, F CHRISTIANSEN, GC HAYS & IJ STANILAND. 2015. Decline of Sea Lions. *The Bulletin of the Ecological Society of America*, 96(4): 635- 638.
- BOYD I. 2008. Pinnipeds life history. Pag. 868-873 En Perrin WF, Würsig J, Thewissen JGM (Eds.), *Encyclopedia of marine mammals* (2nd ed.). Academic Press, San Diego, CA.
- BUCKLAND ST, DR ANDERSON, KP BURNHAM & JL LAAKE. 2001. Distance sampling: estimating abundance of biological populations. Chapman and Hall, London. 432 pp.
- CAMPAGNA C. 2008. *Otaria flavescens*. In: IUCN (2010) IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2010.4. <www.iucnredlist.org>.
- CAMPAGNA C & B LEBOEUF. 1988. Reproductive behavior of southern sea lions. *Behaviour*, 104: 233-261.
- CAPELLA J & J GIBBONS. 2008. Mamíferos Marinos. En: Biodiversidad de Chile, Patrimonio y Desafíos. Rovira et al. Editores. CONAMA (2da Edición), 636 pp.
- CAPPOZZO HL. 2002. South American sea lion *Otaria flavescens*. En: Perrin WF, B Wursig & JGM Thewissen (eds), *Encyclopedia of marine mammals*, pp. 1143-1146. Academic Press, London.

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		124
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

- CASTILLA JC. 1981. Perspectivas de investigación en estructura y dinámica de comunidades intermareales rocosas de Chile Central II. Depredadores de alto nivel trófico. Medio Ambiente 5, 190-215.
- CRESPO EA, D OLIVA, S DANS & M SEPÚLVEDA. 2012. Estado de situación del lobo marino común en su área de distribución. Editorial Universidad de Valparaíso, Valparaíso. 142 pp.
- CASSINI MH & BL VILA. 1990. Male Mating-Behavior of the Southern Sea Lion. Bulletin of Marine Science, 46:555-559.
- FIP-IT N° 1995-28. Informe Técnico Final “Monitoreo de la pesquería y censo del lobo marino común en el litoral de la I a IV regiones. Fondo de Investigación Pesquera-Universidad Arturo Prat. 105 pp.
- FIP-IT N° 1996-51. Informe Técnico Final “Censo poblacional del lobo marino común en el litoral de la V a IX regiones. Fondo de Investigación Pesquera-Doppler 218 pp.
- FIP N° 2006-49. Informe Final Proyecto FIP N° 2006–49 Cuantificación de lobos marinos en el litoral de la I a IV región. Fondo de Investigación Pesquera-Litoral Austral. 124 pp.
- FIP N° 2006-50. Informe Final Proyecto FIP N° 2006–49 Cuantificación de lobos marinos en el litoral de la I a IV región. Fondo de Investigación Pesquera-Litoral Austral. 124 pp.
- FOSTER-TURLEY P, S MACDONALD & C MASON. 1990. Otters: An Action Plan for their Conservation. IUCN/SSC, Gland. 126 pp.
- GEORGE-NASCIMENTO M, R BUSTAMANTE & C OYARZÚN. 1985. Feeding ecology of the South American sea lion *Otaria flavescens*: food contents and food selectivity. Marine Ecology Progress Series, 21: 135-143.
- GOETZ S, M WOLFF, W STOTZ & M VILLEGAS. 2008. Interactions between the South American lion (*Otaria flavescens*) and the artisanal fishery off Coquimbo, northern Chile. Journal of Marine Science, 65(9): 1739-1746.
- IRIARTE A. 2008. Mamíferos de Chile. Lynx Ediciones, Barcelona. 420 pp.
- IUCN 2024. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2024-1. <https://www.iucnredlist.org>
- JEFFERSON TA, S LEATHERWOOD & MA WEBBER. 1993. FAO species identification guide. Marine mammals of the world. Roma, FAO. 320 pp.
- LARIVIÈRE S. 1998. *Lontra felina*. Mammalian Species, 575: 1-5.

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		125
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

- MEDINA-VOGEL G, CR DELGADO, RE ALVAREZ & JLV BARTHELD. 2004. Feeding ecology of the marine otter (*Lutra felina*) in a rocky seashore of the south of Chile. Marine Mammal Science, 20: 134-144.
- MINISTERIO DE ECONOMÍA, FOMENTO Y RECONSTRUCCIÓN. 2008. Ley N° 20.293, el cual protege a los cetáceos, e introduce modificaciones a la Ley N° 18.892 General de Pesca y Acuicultura. Publicado en Diario Oficial el 25 de marzo de 2008.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA). 2011. D.S. N° 33. Aprueba y Oficializa Clasificación de Especies según su Estado de Conservación, Quinto Proceso. Publicado en Diario Oficial el 27 de febrero de 2012.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA). 2011. D.S. N° 41. Aprueba y Oficializa Clasificación de Especies, según su Estado de Conservación, Sexto Proceso. Publicado en Diario Oficial el 11 de abril de 2012.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA). 2011. D.S. N 42. Aprueba y Oficializa Clasificación de Especies Según su Estado de Conservación, Séptimo Proceso. Publicado en Diario Oficial el 11 de abril de 2012.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA). 2012. D.S. N° 19. Aprueba y Oficializa Clasificación de Especies Según su Estado de Conservación, Octavo Proceso. Publicado en Diario Oficial el 11 de febrero de 2013.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA). 2013. D.S. N° 13. Aprueba y Oficializa Clasificación de Especies Según su Estado de Conservación, Noveno Proceso. Publicado en Diario Oficial el 25 de julio de 2013.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA). 2014. D.S. N° 52. Aprueba y Oficializa Clasificación de Especies Según su Estado de Conservación, Décimo Proceso. Publicado en Diario Oficial el 29 de agosto de 2014.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA). 2015. D.S. N° 38. Aprueba y Oficializa Clasificación de Especies Según su Estado de Conservación, Undécimo Proceso. Publicado en Diario Oficial el 4 de diciembre de 2015.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA). 2016. D.S. N° 16. Aprueba y Oficializa Clasificación de Especies Según su Estado de Conservación, Duodécimo Proceso. Publicado en Diario Oficial el 3 de junio de 2016.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA). 2017. D.S. N° 6. Aprueba y Oficializa Clasificación de Especies Según su Estado de Conservación, Décimo Tercer Proceso. Publicado en Diario Oficial el 2 de junio de 2017.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA). 2018. D.S. N° 79. Aprueba y Oficializa Clasificación de Especies Según su Estado de Conservación, Décimo Cuarto Proceso. Publicado en Diario Oficial el 02 de agosto de 2018.

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		126
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA). 2019. D.S. N° 23. Aprueba y Oficializa Clasificación de Especies Según su Estado de Conservación, Decimoquinto Proceso. Publicado en Diario Oficial el 30 de julio de 2019.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA). 2020. D.S. N° 16. Aprueba y Oficializa Clasificación de Especies Según su Estado de Conservación, Decimosexto Proceso. Publicado en Diario Oficial el 27 de octubre de 2020.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA). 2021. D.S. N° 17. Aprueba y Oficializa Clasificación de Especies Según su Estado de Conservación, Decimoséptimo Proceso. Publicado en Diario Oficial el 30 de diciembre de 2021.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA). 2023. D.S. N° 10. Aprueba y Oficializa Clasificación de Especies Según su Estado de Conservación, Decimoctavo Proceso. Publicado en Diario Oficial el 6 de octubre de 2023.
- MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA PRESIDENCIA (MINSEGPRES). 2007. D.S. N° 15. Oficializa Primera Clasificación de Especies Silvestres según Estado de Conservación. Publicado en Diario Oficial el 24 de marzo de 2007.
- MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA PRESIDENCIA (MINSEGPRES). 2008. D.S. N° 50. Aprueba y Oficializa Nómina para el Segundo Proceso de Clasificación de Especies según su Estado de Conservación. Publicado en Diario Oficial el 30 de junio de 2008.
- MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA PRESIDENCIA (MINSEGPRES). 2008. D.S. N° 51. Aprueba y Oficializa Nómina para el Tercer Proceso de Clasificación de Especies según su Estado de Conservación. Publicado en Diario Oficial el 30 de junio de 2008.
- MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA PRESIDENCIA (MINSEGPRES). 2009. D.S. N° 23. Aprueba y Oficializa Nómina para el Cuarto Proceso de Clasificación de Especies según su Estado de Conservación. Publicado en Diario Oficial el 7 de mayo de 2009.
- MUÑOZ A & J YAÑEZ. 2009. Mamíferos de Chile. Centro de Estudios Agrarios y Ambientales Ediciones (2da Edición), Valdivia. 571 pp.
- OLIVA D, M SEPÚLVEDA, R DURÁN, R MORAGA, L MUÑOZ & G PAVÉS. 2012. Cuantificación poblacional de lobos marinos en las Regiones X y XI y propuestas de escenarios de manejo. Informe Final Proyecto FAP ID 4728-46-LP11. 140 pp.
- OLIVEIRA LR, LD FRAGA & P MAJLUF. 2012. Effective population size for South American sea lions along the Peruvian coast: the survivors of the strongest El Niño event in history. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 92: 1835-1841.

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		127
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

- OSTFELD RS, L EBENSPERGER, L KLOSTERMAN & JC CASTILLA. 1989. Foraging, activity budget, and social behavior of the South American marine otter *Lutra felina* (Molina 1782). *National Geographic Research*, 5: 422-438.
- PAVANATO HA, KG SILVA, SC ESTIMA, DS MONTEIRO & PG KINAS. 2013. Occupancy dynamics of South American Sea-Lions in Brazilian haul-outs. *Journal of Biology*, 74(4): 855-862.
- PAVÉS HJ, RP SCHLATTER & CI ESPINOZA. 2005. Breeding patterns in southern sea lions, *Otaria flavescens* (Shaw 1800), in south-central Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 78: 687-700.
- PISANO E. 1972. Observaciones Fito-ecológicas en las islas Diego Ramírez. *Anales del Instituto de la Patagonia*, Punta Arenas, 3(1-2): 161-169.
- SANFELICE D, VC VASQUES & EA CRESPO. 1999. Ocupação sazonal por Otariidae (Mammalia-Pinnipedia) da Reserva Ecológica da Ilha dos Lobos, Torres, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia, Serie Zoologia*, 87: 101-110.
- SCHLATTER RP & GM RIVEROS. 1997. Historia natural del archipiélago Diego Ramírez, Chile. *Serie Científica INACH*, N°47: 87 - 112.
- SEPÚLVEDA M, M SANTOS, R VEAS, L MUÑOZ, D OLEA, R MORAGA & W SIELFELD. 2015. Annual, seasonal and daily variation in the abundance of the South American sea lion *Otaria flavescens* in two breeding colonies in northern Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 50(2): 205-220. DOI 10.4067/S0718-19572015000300001
- SIELFELD W. 1983. Mamíferos marinos de Chile. Ediciones de la Universidad de Chile, Santiago. 199 pp.
- SIELDFELD W, C VENEGAS, A ATALAH, J TORRES. 1978. Prospección de otáridos en las costas de Magallanes. *Anales del Instituto de la Patagonia*, (9):157-170.
- SIELFELD KW. 1997. Las áreas protegidas de la XII Región de Chile en la perspectiva de los mamíferos marinos. *Estudios Oceanológicos*, 16: 87-107.
- SIELFELD W, C GUERRA, R DURÁN, E ACUÑA, A AGUAYO-LOBO, M SEPÚLVEDA, F PALMA, A MALINARICH, G CERDA, A BOLVARÁN, R GRAU, X VELOSO, GUERRA, M VARGAS, N AMADO, R PEREDO & J GALAZ. 1997. Monitoreo de la pesquería y censo del lobo marino común en el litoral de la I-IV Regiones. Informe Final Proyecto Fondo de Investigación Pesquera 95-28, Subsecretaría de Pesca, Valparaíso. 105 pp.
- SUBSECRETARIA DE PESCA Y AGRICULTURA 2012. INFORME TÉCNICO (R. PESQ.) N° 218 de 2012. Veda extractiva de lobo marino común (*Otaria flavescens*) en el territorio y aguas jurisdiccionales de la República de Chile. 20 pp.

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		128
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

TASKER ML, PH JONES, T DIXON & BF BLAKE. 1984. Counting seabirds at sea from ships: a review of the methods employed and a suggestion for a standardized approach. Auk, 101: 567-577.

TORRES DA, A AGUAYO-LOBO & J ACEVEDO. 2000. Mamíferos marinos de Chile. II. Carnívora. Serie Científica INACH (Chile), 50: 25-103.

VAZ FERREIRA R. 1982. Otaria flavescens (Shaw), South American sea lion. En: Mammals of the seas: small cetaceans, seals, sirenians and otters. FAO Fisheries Series, 4(5): 477- 495.

XIMÉNEZ I. 1976. Dinámica de la población de Otaria flavescens (Shaw) en el área de Península Valdés y zonas adyacentes. Comisión Nacional de Estudios Geoheliofísicos. Centro Nacional Patagónico, CENPAT Serie Contribución, 10: 1-52.

WEBBER MA. 2014. Family Otariidae (Eared seals). Handbook of the Mammals of the World (eds. DE Wilson & RA Mittermeier), pp. 34-101. Lynx Ediciones, Barcelona, Spain.

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		129
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

9 ANEXO

9.1 AUTORIZACIÓN SHOA

ARMADA DE CHILE
SERVICIO HIDROGRÁFICO
PUERTO DE COQUIMBO

SHOA EXENTA ORD. N° 13270/24/1207 Vrs.

AUTORIZA A LA EMPRESA ECOTECNOS S.A., PARA REALIZAR ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA MARINA EN LA REGIÓN DE COQUIMBO.

04 AGO. 2023

VALPARAÍSO,

VISTO: lo solicitado por la Empresa ECOTECNOS S.A., mediante Solicitud N° 1000, de fecha 11 de julio de 2023 e información complementaria de las actividades a desarrollar en terreno; lo definido en el Decreto con Fuerza de Ley N° 340, de 1960, del Ministerio de Hacienda, Ley sobre Concesiones Marítimas; las atribuciones que me confiere la Ley N° 16.771, de fecha 22 de marzo 1968; lo dispuesto en el Decreto Supremo (M) N° 192, de fecha 06 de marzo de 1969, modificado por Decreto Supremo N° 784, de fecha 14 de agosto de 1985; lo señalado en el Decreto Supremo N° 711, de fecha 22 de agosto de 1975, "Reglamento de Control de las Investigaciones Científicas y Tecnológicas Marinas efectuadas en la Zona Marítima de Jurisdicción Nacional"; lo estipulado en el Decreto Supremo (M) N° 1, de fecha 06 de enero de 1992, que aprueba el Reglamento para el Control de la Contaminación Acuática; lo instruido en la Circular D.G.T.M. Y M.M. Ordinario N° A-52/008, de fecha 08 de enero de 2020; lo determinado en el Decreto N° 430, de fecha 28 de septiembre de 1991, del Ministerio de Economía, Fomento y Construcción, que fija el Texto Refundido, Coordinado y Sistematizado de la Ley N° 18.892 General de Pesca y Acuicultura; lo resuelto en el Decreto Supremo N° 09, de fecha 11 de enero de 2018, del Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría para las Fuerzas Armadas, Reglamento sobre Concesiones Marítimas; lo indicado en el Art. 142 del Decreto Ley N° 2222, de fecha 24 de mayo de 1978, que sustituye la Ley de Navegación; lo establecido en la Resolución N° 7, de fecha 26 de marzo de 2019, de la Contraloría General de la República; lo especificado en el Decreto Supremo N° 4, de fecha 05 de febrero de 2020, prorrogado y modificado por Decreto Supremo N° 10, de fecha 15 de marzo de 2023; lo enunciado en la Resolución SHOA Ordinario N° 6010/1/3 Vrs., de fecha 03 de enero de 2023 y lo manifestado en la Resolución SHOA Ordinario N° 6070/1/1205 Vrs., de fecha 27 de julio de 2023,

CONSIDERANDO:

- Que, la Empresa ECOTECNOS S.A., con fecha 11 de julio de 2023, solicitó autorización para efectuar investigación tecnológica marina, correspondiente a mediciones de parámetros físico-químicos, compuestos orgánicos e inorgánicos y metales de la columna de agua y toma de muestras de sedimento para análisis físico-químicos, compuestos orgánicos e inorgánicos y metales, para los sectores E de la Península Coquimbo y la Playa Peñuelas, Bahía Coquimbo, Región de Coquimbo.
- Que, las atribuciones del SHOA en materias de investigaciones científicas y tecnológicas marinas efectuadas en la zona marítima de jurisdicción nacional, así como los procedimientos para la tramitación de las solicitudes relacionadas con dichas investigaciones, se encuentran establecidos en el Decreto Supremo N° 711, de fecha 22 de agosto citado en VISTO.
- Que, el D.S. N° 711, aprobó el Reglamento de Control de las Investigaciones Científicas y Tecnológicas Marinas efectuadas en la Zona Marítima de Jurisdicción Nacional, por lo que todo incumplimiento referente a trabajos de investigación científica y/o tecnológica marina permitidos, será sancionado de acuerdo a lo establecido en el Título III de dicho Decreto.

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		130
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

SHOA EXENTA ORD. N° 13270/24/1267 Vrs.

Hoja N° 2.-

Fecha: **04 AGO. 2023**

RESUELVO:

- 1.- **AUTORIZASE** a la Empresa ECOTECNOS S.A., para que por mandato de la Empresa TERMINAL PUERTO COQUIMBO S.A., realice actividades de investigación tecnológica marina en los sectores E de la Península Coquimbo y la Playa Peñuelas, Bahía Coquimbo (Región de Coquimbo – Carta Náutica SHOA N° 4111), las cuales se efectuarán a contar de esta fecha y hasta el 31 de agosto de 2024.
- 2.- **DECLÁRASE:**
 - a.- De acuerdo a lo informado por la Empresa ECOTECNOS S.A., se ejecutarán mediciones de parámetros físico-químicos, compuestos orgánicos e inorgánicos y metales de la columna de agua, y toma de muestras de sedimento para análisis físico-químicos.
 - b.- Según la información proporcionada por la empresa citada en VISTO, este trabajo no requiere de inspección en terreno, ni revisión de los antecedentes finales del estudio por parte del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA), en razón al carácter exploratorio de ellos. Por ende, este estudio se considerará sin valor oceanográfico.
 - c.- Se deberá considerar que previo al inicio de los trabajos e independiente al trámite de zarpe de la embarcación, el Jefe de Grupo responsable de los trabajos en terreno y representante de la Empresa ECOTECNOS S.A., Sr. Jordy González Garrido, deberá concurrir a la Capitanía de Puerto de Coquimbo, para coordinar las actividades de investigación a ejecutar; requerir información respecto de las medidas de seguridad que se deben adoptar durante las operaciones de navegación y buceo, sin perjuicio de la obligación del Jefe de Terreno de solicitar ante dicha Capitanía y/o a otros organismos competentes del Estado, otras autorizaciones reglamentarias, según corresponda. Asimismo, se deberá informar la posición geográfica en que se instalarán los instrumentos oceanográficos y posteriormente su retiro, como también cualquier variación a lo autorizado.
 - d.- El ingreso a cualquier recinto de la Armada de Chile, estará sujeto a los controles sanitarios que se indiquen y exijan.
 - e.- Que, de manera de garantizar la seguridad en la navegación, toda nave, nacional o extranjera, que navegue y realice investigación científica marina en aguas de jurisdicción nacional, deberá contar y emplear las respectivas cartas náuticas confeccionadas y publicadas por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile, las que se encuentran disponibles en el Catálogo de Cartas y Publicaciones Náuticas, Pub. S.H.O.A. N° 3000.
 - f.- La Empresa o Entidad a cargo de los trabajos deberá comunicar por escrito al SHOA, si la investigación tecnológica marina autorizada en la presente Resolución no se realizará, con el objeto de que este Servicio informe el término de la investigación a la Autoridad Marítima, mediante una Resolución de "Déjese Sin Efecto".

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		131
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

SHOA EXENTA ORD. N° 13270/24/267 / Vrs.
Fecha: **04 AGO. 2023**

Hoja N° 3.-

- g.- En función a lo dispuesto en el Artículo 10° del Decreto Supremo N° 711, en el evento que sean necesario extender el período ya autorizado, la Empresa o Entidad ejecutora deberá solicitar una prórroga, con a lo menos 30 días de anticipación a la fecha de expiración de la autorización otorgada, acompañando, en dicho requerimiento, un informe de las actividades realizadas hasta el momento de la solicitud.
- h.- La entidad ejecutora deberá solicitar a la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA) la autorización de pesca de investigación para las muestras de especies y recursos hidrobiológicos, así como la observación de mamíferos, reptiles y aves hidrobiológicas, la cual deberá ser exhibida a la Autoridad Marítima.
- i.- La Empresa o Entidad a cargo de los trabajos deberá respetar el régimen concesional del dominio marítimo, contemplado en el artículo 5°, del D.F.L. N° 340, de 1980, del Ministerio de Hacienda, Ley sobre Concesiones Marítimas y artículo 4°, del D.S. N° 09, de fecha 11 de enero de 2018, del Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría para las Fuerzas Armadas, que establece el Reglamento del ramo, así como las concesiones de acuicultura otorgadas a favor de particulares, en armonía con el Título VI, del Decreto N° 430, de fecha 28 de septiembre de 1991, que fija el Texto Refundido, Coordinado y Sistematizado de la Ley General de Pesca y Acuicultura.
- j.- El Capitán de Puerto de Coquimbo, tendrá la facultad de no autorizar la extracción de muestras de sedimentos y organismos bentónicos, si el área de estudio estuviere sometida a un régimen de concesión marítima de acuicultura u otra destinación ya otorgada, bajo la responsabilidad de un concesionario diferente al mandante señalado en el numeral 1 de la presente Resolución.
- k.- Conforme a lo dispuesto en el Artículo 16° del Decreto Supremo N° 711, citado en VISTO, al término del estudio el Representante Legal de la Empresa ECOTECNOS S.A. Sr. Humberto Díaz Oviedo, deberá remitir al SHOA, una copia (en medio digital), de los datos y escrito de los resultados obtenidos, en consideración a que dichos antecedentes son de especial interés para el Servicio. La data obtenida podrá ser utilizada en forma parcial o total por el SHOA, objeto enriquecer la Cartografía Náutica, publicaciones, informaciones o actividades que al mismo le corresponde realizar de acuerdo con lo dispuesto por el Art. 3° de la Ley citada en VISTO, privilegiando el criterio de dar seguridad a la navegación. Lo anterior, deberá ser efectuado en un plazo no superior a 6 meses, una vez finalizado el período autorizado.
- l.- Se prohíbe absolutamente arrojar lastre, escombros o basuras y derramar petróleo o sus derivados o residuos, aguas de relaves de minerales u otras materias nocivas o peligrosas, debiendo cumplir con lo establecido en el Convenio Internacional para prevenir la Contaminación por los Buques (MARPOL 73/78), de fecha 02 de noviembre de 1973; lo decretado en el Artículo N° 142 del Decreto Ley N° 2.222, de fecha 21 de mayo de 1978; lo estipulado en el Decreto Supremo (M) N° 1, de fecha 06 de enero de 1992, que aprueba el Reglamento para el Control de la Contaminación Acuática y lo instruido en la Circular D.G.T.M. Y M.M. Ordinario N° A-52/008, de fecha 08 de enero de 2020.

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN		EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	132
			Fecha de emisión: 02-09-2024	
		Elaborado por: Ecotecnos S.A.		

SHOA EXENTA ORD. N° 13270/24/12677 Vrs.

Hoja N° 4.-

Fecha:

04 AGO. 2023

- m.- La Empresa o Entidad a cargo de los trabajos deberá dar estricto cumplimiento a lo Autorizado y Declarado en la presente Resolución. Asimismo, todo incumplimiento referente a trabajos de investigación científica y/o tecnológica autorizados, será sancionado de acuerdo a lo establecido en el Título III del Decreto Supremo N° 711.
 - n.- Lo expuesto y dispuesto en los considerandos anteriores, no podrá bajo ningún pretexto perjudicar o amenazar los derechos de terceros, válidamente constituidos en el área de estudio.
- 3.- **ANÓTESE** y comuníquese a quienes corresponda, para su conocimiento y cumplimiento.

POR ORDEN DEL SR. DIRECTOR



MAXIMILIANO VERA HERMAN
CAPITÁN DE CORBETA
SUBDIRECTOR SUBROGANTE

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		133
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

9.2 CERTIFICADOS DE LABORATORIO

Los Certificados de Laboratorio se encuentran disponibles en el “Anexo Digital - Certificados de Laboratorio TPC-PVA09 (v.1, Julio 2024)”.

9.3 CERTIFICADOS CALIBRACIÓN DE CTD



SBE19plusV2 SeaCAT Profiler

Instrument Configuration

Instrument Serial Number: 19-8258
 Instrument Firmware Version: 3.1.8
 Zero Conductivity Frequency: 2678.82
 Communications Format: RS232
 Communications Settings: 9600 baud, 8 Data Bits, No Parity

Installed Devices/Sensors

Data Format	Measurement	Sensor Type	Serial Number	Rating
Count	Temperature	Internal	N/A	N/A
Frequency	Conductivity	Internal	N/A	N/A
Count	Pressure Sensor	Druck	12009799	600m(600 dBar)

Maximum Depth: 600m

CAUTION - The maximum deployment depth will be limited by the measurement range of the pressure sensor, if installed, an attached sensor, if installed, or the housing.

www.seabird.com | seabird@seabird.com | Tel: +1 425 643 9866

Copyright 2017 Sea-Bird Scientific. All rights reserved.



SEA-BIRD
SCIENTIFIC

Sea-Bird Scientific
13431 NE 20th Street
Bellevue, WA 98005
USA

+1 425-643-9866
seabird@seabird.com
www.seabird.com

SENSOR SERIAL NUMBER: 8258
CALIBRATION DATE: 22-Jan-23

SBE 19plus V2 TEMPERATURE CALIBRATION DATA
ITS-90 TEMPERATURE SCALE

COEFFICIENTS:

a0 = 1.229545e-003
a1 = 2.790479e-004
a2 = -1.479441e-006
a3 = 1.931848e-007

BATH TEMP (° C)	INSTRUMENT OUTPUT (counts)	INST TEMP (° C)	RESIDUAL (° C)
1.0000	566903.763	1.0000	-0.0000
4.5000	500984.203	4.5000	-0.0000
15.0000	339613.492	15.0001	0.0001
18.5000	296823.864	18.4999	-0.0001
24.0000	239089.102	24.0000	0.0000
29.0000	195417.475	29.0000	0.0000
32.5000	169153.407	32.5000	-0.0000

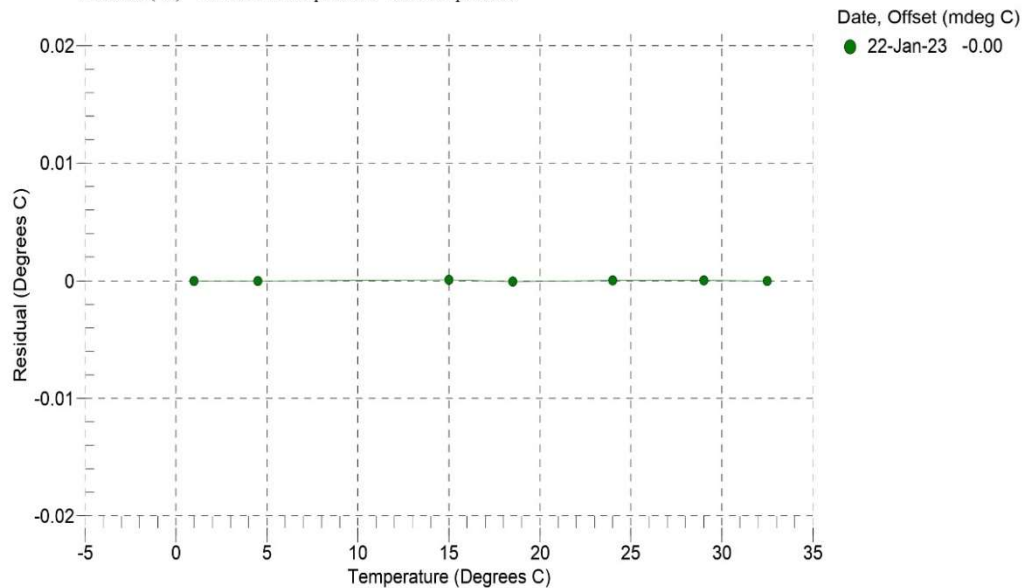
n = Instrument Output (counts)

MV = (n - 524288) / 1.6e+007

R = (MV * 2.900e+009 + 1.024e+008) / (2.048e+004 - MV * 2.0e+005)

Temperature ITS-90 (°C) = 1 / {a0 + a1[ln(R)] + a2[ln²(R)] + a3[ln³(R)]} - 273.15

Residual (°C) = instrument temperature - bath temperature





SEA-BIRD
SCIENTIFIC

Sea-Bird Scientific
13431 NE 20th Street
Bellevue, WA 98005
USA

+1 425-643-9866
seabird@seabird.com
www.seabird.com

SENSOR SERIAL NUMBER: 8258
CALIBRATION DATE: 22-Jan-23

SBE 19plus V2 CONDUCTIVITY CALIBRATION DATA
PSS 1978: C(35,15,0) = 4.2914 Siemens/meter

COEFFICIENTS:

g = -1.001675e+000
h = 1.400559e-001
i = -2.852729e-004
j = 4.090716e-005

CPcor = -9.5700e-008
CTcor = 3.2500e-006

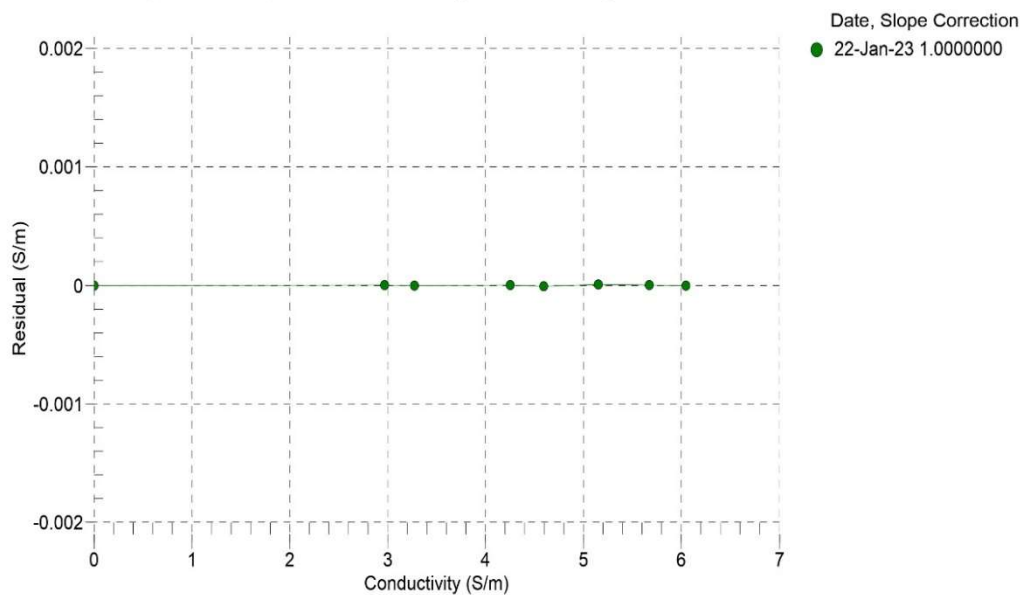
BATH TEMP (° C)	BATH SAL (PSU)	BATH COND (S/m)	INSTRUMENT OUTPUT (Hz)	INSTRUMENT COND (S/m)	RESIDUAL (S/m)
22.0000	0.0000	0.00000	2678.82	0.0000	0.00000
1.0000	34.6950	2.96658	5329.74	2.9666	0.00000
4.5000	34.6754	3.27274	5530.91	3.2727	-0.00000
15.0000	34.6334	4.25154	6129.14	4.2515	0.00000
18.5000	34.6245	4.59566	6325.73	4.5957	-0.00001
24.0000	34.6142	5.15188	6630.87	5.1519	0.00001
29.0000	34.6077	5.67199	6903.66	5.6720	0.00000
32.5000	34.6030	6.04299	7091.63	6.0430	-0.00000

f = Instrument Output (Hz) / 1000.0

t = temperature (°C); p = pressure (decibars); δ = CTcor; ϵ = CPcor;

Conductivity (S/m) = $(g + h * f^2 + i * f^3 + j * f^4) / (1 + \delta * t + \epsilon * p)$

Residual (Siemens/meter) = instrument conductivity - bath conductivity





SEA-BIRD
SCIENTIFIC

Sea-Bird Scientific
13431 NE 20th Street
Bellevue, WA 98005
USA

+1 425-643-9866
seabird@seabird.com
www.seabird.com

SENSOR SERIAL NUMBER: 8258
CALIBRATION DATE: 19-Jan-23

SBE 19plus V2 PRESSURE CALIBRATION DATA
870 psia S/N 12009799

COEFFICIENTS:

PA0 = 1.432368e+000
PA1 = 2.635773e-003
PA2 = 5.826006e-012
PTEMPA0 = -5.056236e+001
PTEMPA1 = 5.629087e+001
PTEMPA2 = -3.949255e-001

PTCA0 = 5.239638e+005
PTCA1 = 3.851685e+001
PTCA2 = -6.484330e-001
PTCB0 = 2.514462e+001
PTCB1 = 1.246883e-004
PTCB2 = 0.000000e+000

PRESSURE SPAN CALIBRATION

PRESSURE (PSIA)	INSTRUMENT OUTPUT (counts)	THERMISTOR OUTPUT (volts)	COMPUTED PRESSURE (PSIA)	RESIDUAL (%FSR)	TEMP (°C)	THERMISTOR OUTPUT (volts)	INSTRUMENT OUTPUT (counts)
14.70	529553.0	1.3	14.73	0.00	32.50	1.49	529751.00
185.51	594333.0	1.3	185.49	-0.00	29.00	1.43	529735.23
357.52	659475.0	1.3	357.24	-0.03	24.00	1.34	529707.16
528.16	724196.8	1.3	527.94	-0.02	18.50	1.24	529661.29
699.00	789184.8	1.3	699.39	0.04	15.00	1.17	529615.64
870.28	853859.4	1.3	870.06	-0.02	4.50	0.98	529343.10
699.25	789172.0	1.3	699.36	0.01	1.00	0.92	529198.38
528.53	724406.8	1.3	528.50	-0.00			
357.49	659661.2	1.3	357.73	0.03			
186.16	594576.6	1.3	186.13	-0.00	TEMPERATURE (°C)		SPAN
14.71	529559.0	1.3	14.75	0.00	-5.00		25.14
					35.10		25.15

THERMAL CORRECTION

y = thermistor output (volts)

t = PTEMPA0 + PTEMPA1 * y + PTEMPA2 * y²

x = instrument output - PTCA0 - PTCA1 * t - PTCA2 * t²

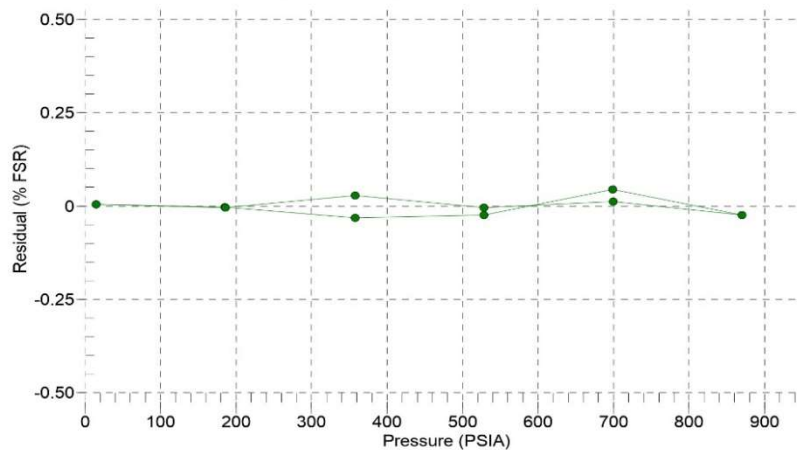
n = x * PTCB0 / (PTCB0 + PTCB1 * t + PTCB2 * t²)

pressure (PSIA) = PA0 + PA1 * n + PA2 * n²

Residual (%FSR) = (computed pressure - true pressure) * 100 / Full Scale Range

Date, Offset (%FSR)

● 19-Jan-23 -0.00



	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		138
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	



**SEA-BIRD
SCIENTIFIC**

Sea-Bird Scientific
13431 NE 20th Street
Bellevue, WA 98005
USA

+1 425-643-9866
seabird@seabird.com
www.seabird.com

Pressure Test Certificate

Test Date: **2023-01-05**

Description: **SBE-19Plus SeaCat Profiler**

Sensor Information:

Model Number: **SBE-19P**

Serial Number: **8258**

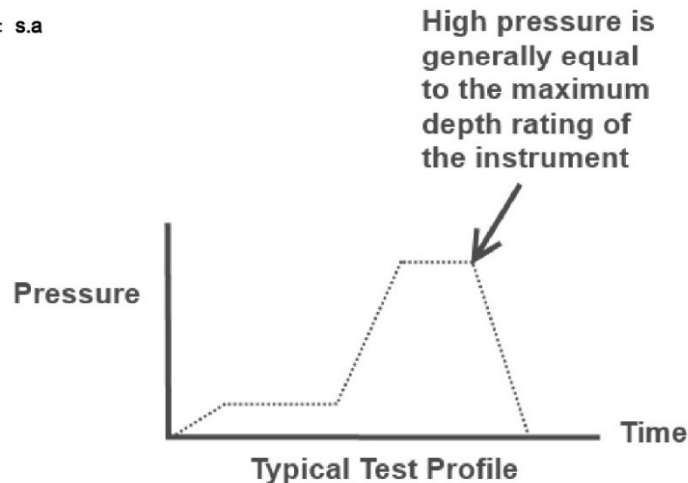
Pressure Test Protocol:

Low Pressure Test: **40** PSI Held For: **15** Minutes

High Pressure Test: **870** PSI Held For: **15** Minutes

Passed Test: **True**

Tested By: **s.a**



REGISTRO DATOS DE CAMPO Y MEDICIONES CTDO

Proyecto/Inspección		DUA TPC N°9		Campaña		Julio 2024					
Fecha y hora		10/7/24									
Equipos Utilizados		Schaefer SEACAT 19 pws V2 198258									
Estado del Mar		Botella Niskin									
		Calmado		Cobertura Nubosa		1/48					
Estación	Prof. Est. (Aprox.)	Hora In. CTDO	Hora Final CTDO	Prof. Secchi (m)	Prof. Muestreo	Parámetro 1: Química SGS	Parámetro 2:	Parámetro 3:	Parámetro 4:	Parámetro 5:	Parámetro 6:
CC-10	23 m	10:59	11:02	6.25	S F	/					
CC-5	15 m	11:21	11:23	7	S F	/					
CC-9	18 m	11:42	11:44	6.5	S F	/					
CC-6	15 m	12:01	12:02	6.75	S F	/					
CC-1	11 m	12:18	12:20	4.75	S F	/					

Observaciones

Nombre y Firma Muestreador

Nombre y Firma Muestreador


Nombre y Firma Jefe de Terreno

Nombre y Firma Jefe de Terreno

Alexandra Castro H. 

Nombre y Firma Inspector ambiental

Nombre y Firma Inspector ambiental

F BIO-2.1 / V.2
REGISTRO MUESTREO DE MACROFAUNA SUBMAREAL SUSTRATO BLANDO, SEDIMENTOS SUBMAREALES, ACUÁTICOS Y LACUSTRES

ecotecnos

REGISTRO DE MUESTREO MACROFAUNA SUBMAREAL SUSTRATO BLANDO, SEDIMENTOS SUBMAREALES, ACUÁTICOS Y LACUSTRES

Inspección	DVA TPC N°9										
Campaña	Julio 2024										
Fecha	10/7/24										
Equipos utilizados	Draga Van Leeu										
Estación	Profundidad	Réplica Bertos	Etiqueta	Fijador	Réplica Muestra Química	Redox	pH	T (°C)			
CQ-10	23m	/	A	Fornaluta	/	-225.4	7.6	12.3°			
		/	B	"							
CQ-5	15m	/	A	Fornaluta	/	-221.0	8.04	10.5°			
		/	B	"			7.670				
CQ-9	18m	/	A	Fornaluta	/	-105.2	8.5	11.6°			
		/	B	"							
CQ-6	15m	/	A	Fornaluta	/	-159.4	7.538	13.4°			
		/	B	"							
Observaciones											

Nombre y Firma Muestreador

Nombre y Firma Jefe de Terreno

Nombre y Firma Inspector ambiental


Daniel H. Vargas


Rodolfo Gamero


Alejandra Castro H.

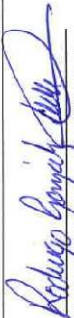
REGISTRO DE MUESTREO MACROFAUNA SUBMAREAL SUSTRATO BLANDO, SEDIMENTOS SUBMAREALES, ACUÁTICOS Y LACUSTRES

Inspección	PVA TPC N°9										
Campaña	Julio 2024										
Fecha	10/7/24										
Equipos utilizados	Draga Van Veen										
Estación	Profundidad	Réplica Bentos	Etiqueta	Fijador	Réplica Muestra Química	Redox	pH	T (°C)			
CR-1	11m	/	A	Fornalina	/	-103.1	7.594	13.0°			
		/	B	"							
CR-11	3m	/	A	Fornalina	/	-102.5	7.647	14.3°			
		/	B	"							
CR-12	8m	/	A	Fornalina	/	-83.1	6.5	16.8°			
		/	B	"		7530					
Observaciones											



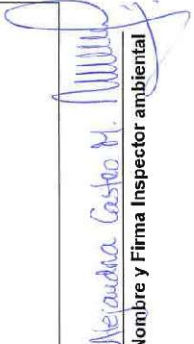
Pamela Hughes

Nombre y Firma Muestreador



Rodrigo Lopez

Nombre y Firma Jefe de Terreno



Alejandra Castro

Nombre y Firma Inspector ambiental

9.5 DATOS CTD

Estación	Profundidad (m)	Temperatura (°C)	Conductividad (mS/cm)	Salinidad * (p.s.u.)	OD (mg/L)	pH
CQ-1	0,5	12,594	39,792	34,249	6,900	8,394
CQ-1	1	12,872	40,214	34,401	6,754	8,490
CQ-1	1,5	12,863	40,222	34,416	6,482	8,503
CQ-1	2	12,864	40,227	34,420	6,471	8,506
CQ-1	2,5	12,827	40,187	34,415	6,455	8,510
CQ-1	3	12,847	40,227	34,435	6,707	8,510
CQ-1	3,5	12,837	40,187	34,405	6,713	8,511
CQ-1	4	12,840	40,225	34,439	6,637	8,512
CQ-1	4,5	12,814	40,175	34,415	6,401	8,513
CQ-1	5	12,819	40,201	34,435	6,333	8,513
CQ-1	5,5	12,803	40,216	34,463	6,117	8,512
CQ-1	6	12,828	40,225	34,450	6,172	8,507
CQ-1	6,5	12,831	40,257	34,477	6,240	8,503
CQ-1	7	12,847	40,259	34,464	6,462	8,502
CQ-1	7,5	12,847	40,257	34,462	6,408	8,502
CQ-1	8	12,842	40,256	34,465	6,140	8,500
CQ-1	8,5	12,838	40,255	34,467	5,880	8,500
CQ-1	9	12,837	40,255	34,468	5,624	8,497
CQ-1	9,5	12,834	40,253	34,469	5,500	8,495
CQ-1	10	12,831	40,250	34,468	5,344	8,494
CQ-1	10,5	12,825	40,249	34,473	5,271	8,493
CQ-1	11	12,823	40,249	34,474	5,128	8,492
CQ-1	11,5	12,822	40,249	34,475	5,043	8,491
CQ-1	12	12,819	40,248	34,477	4,978	8,489
CQ-1	12,5	12,816	40,254	34,485	4,953	8,485
CQ-5	0,5	12,396	39,941	34,577	7,017	8,287
CQ-5	1	12,813	40,080	34,326	6,620	8,365
CQ-5	1,5	12,854	40,149	34,354	6,463	8,367
CQ-5	2	12,792	40,097	34,361	6,532	8,368
CQ-5	2,5	12,770	40,099	34,383	6,442	8,371
CQ-5	3	12,763	40,144	34,432	6,309	8,372
CQ-5	3,5	12,756	40,096	34,393	6,406	8,374
CQ-5	4	12,754	40,162	34,457	6,347	8,373
CQ-5	4,5	12,754	40,094	34,391	6,295	8,375
CQ-5	5	12,739	40,110	34,421	6,233	8,376
CQ-5	5,5	12,745	40,088	34,394	6,298	8,376
CQ-5	6	12,728	40,122	34,442	6,328	8,376
CQ-5	6,5	12,732	40,090	34,407	6,426	8,376
CQ-5	7	12,748	40,158	34,458	6,520	8,377
CQ-5	7,5	12,760	40,121	34,411	6,622	8,375
CQ-5	8	12,754	40,171	34,464	6,416	8,377
CQ-5	8,5	12,759	40,126	34,416	6,283	8,372
CQ-5	9	12,760	40,154	34,442	6,319	8,368
CQ-5	9,5	12,760	40,151	34,439	6,599	8,367
CQ-5	10	12,765	40,173	34,455	6,766	8,367

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		144
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

Estación	Profundidad (m)	Temperatura (°C)	Conductividad (mS/cm)	Salinidad * (p.s.u.)	OD (mg/L)	pH
CQ-5	10,5	12,772	40,172	34,448	6,752	8,365
CQ-5	11	12,769	40,176	34,453	6,588	8,361
CQ-5	11,5	12,764	40,178	34,461	6,440	8,357
CQ-5	12	12,763	40,175	34,458	6,285	8,357
CQ-5	12,5	12,758	40,181	34,468	6,161	8,355
CQ-5	13	12,759	40,184	34,469	5,958	8,352
CQ-5	13,5	12,759	40,178	34,464	5,751	8,351
CQ-5	14	12,759	40,190	34,475	5,380	8,347
CQ-5	14,5	12,760	40,182	34,467	5,512	8,344
CQ-5	15	12,751	40,170	34,463	4,921	8,339
CQ-6	0,5	12,817	40,178	34,417	7,156	8,513
CQ-6	1	12,851	40,216	34,422	6,834	8,514
CQ-6	1,5	12,867	40,241	34,431	6,852	8,518
CQ-6	2	12,870	40,263	34,449	7,078	8,518
CQ-6	2,5	12,859	40,213	34,410	7,064	8,517
CQ-6	3	12,846	40,244	34,453	7,069	8,519
CQ-6	3,5	12,837	40,200	34,418	6,999	8,522
CQ-6	4	12,840	40,238	34,451	6,897	8,522
CQ-6	4,5	12,837	40,229	34,445	6,696	8,522
CQ-6	5	12,823	40,194	34,424	6,688	8,521
CQ-6	5,5	12,806	40,191	34,437	6,717	8,525
CQ-6	6	12,808	40,210	34,452	6,863	8,522
CQ-6	6,5	12,799	40,181	34,432	6,813	8,522
CQ-6	7	12,790	40,189	34,449	6,827	8,522
CQ-6	7,5	12,785	40,181	34,446	6,770	8,521
CQ-6	8	12,783	40,185	34,451	6,699	8,520
CQ-6	8,5	12,779	40,181	34,450	6,684	8,518
CQ-6	9	12,780	40,185	34,454	6,735	8,520
CQ-6	9,5	12,780	40,187	34,455	6,809	8,517
CQ-6	10	12,778	40,188	34,457	6,735	8,518
CQ-6	10,5	12,780	40,191	34,459	6,607	8,515
CQ-6	11	12,779	40,193	34,461	6,492	8,514
CQ-6	11,5	12,778	40,193	34,462	6,437	8,514
CQ-6	12	12,778	40,196	34,464	6,300	8,510
CQ-6	12,5	12,776	40,197	34,467	6,203	8,509
CQ-6	13	12,773	40,196	34,468	6,079	8,504
CQ-6	13,5	12,772	40,199	34,472	6,052	8,504
CQ-6	14	12,771	40,197	34,471	5,966	8,501
CQ-6	14,5	12,769	40,201	34,477	5,852	8,498
CQ-6	15	12,769	40,199	34,475	5,584	8,493
CQ-6	15,5	12,765	40,202	34,480	5,364	8,494
CQ-6	16	12,761	40,200	34,482	5,255	8,490
CQ-6	16,5	12,763	40,202	34,482	5,204	8,488
CQ-6	17	12,764	40,206	34,485	5,343	8,487
CQ-6	17,5	12,764	40,213	34,492	5,064	8,483
CQ-9	0,5	12,549	40,183	34,669	7,137	8,447

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	145
		Fecha de emisión: 02-09-2024	

Elaborado por:
Ecotecnos S.A.

Estación	Profundidad (m)	Temperatura (°C)	Conductividad (mS/cm)	Salinidad * (p.s.u.)	OD (mg/L)	pH
CQ-9	1	12,882	40,233	34,410	6,855	8,483
CQ-9	1,5	12,917	40,305	34,447	6,901	8,487
CQ-9	2	12,925	40,296	34,430	7,081	8,486
CQ-9	2,5	12,911	40,263	34,410	7,164	8,487
CQ-9	3	12,879	40,269	34,447	7,117	8,486
CQ-9	3,5	12,875	40,236	34,419	7,130	8,487
CQ-9	4	12,843	40,231	34,441	7,102	8,488
CQ-9	4,5	12,833	40,196	34,417	7,177	8,489
CQ-9	5	12,800	40,196	34,447	7,204	8,487
CQ-9	5,5	12,789	40,175	34,437	7,214	8,486
CQ-9	6	12,783	40,181	34,448	7,122	8,485
CQ-9	6,5	12,779	40,176	34,447	6,990	8,486
CQ-9	7	12,769	40,177	34,456	6,842	8,483
CQ-9	7,5	12,762	40,176	34,462	6,800	8,484
CQ-9	8	12,765	40,179	34,462	6,836	8,483
CQ-9	8,5	12,765	40,181	34,464	6,904	8,481
CQ-9	9	12,767	40,182	34,462	6,866	8,481
CQ-9	9,5	12,766	40,185	34,466	6,845	8,480
CQ-9	10	12,769	40,185	34,463	6,730	8,479
CQ-9	10,5	12,767	40,183	34,462	6,677	8,477
CQ-9	11	12,768	40,184	34,462	6,558	8,479
CQ-9	11,5	12,766	40,182	34,462	6,514	8,475
CQ-9	12	12,766	40,184	34,463	6,455	8,477
CQ-9	12,5	12,765	40,183	34,463	6,380	8,476
CQ-9	13	12,764	40,187	34,469	6,212	8,476
CQ-9	13,5	12,761	40,186	34,469	6,084	8,472
CQ-9	14	12,758	40,187	34,473	6,068	8,469
CQ-9	14,5	12,759	40,187	34,472	6,081	8,469
CQ-9	15	12,758	40,188	34,474	5,991	8,466
CQ-9	15,5	12,754	40,188	34,477	5,801	8,463
CQ-9	16	12,750	40,187	34,480	5,699	8,460
CQ-9	16,5	12,749	40,187	34,480	5,597	8,459
CQ-9	17	12,747	40,186	34,481	5,530	8,458
CQ-9	17,5	12,745	40,183	34,480	5,384	8,458
CQ-9	18	12,742	40,185	34,485	5,266	8,454
CQ-9	18,5	12,739	40,183	34,484	5,127	8,452
CQ-9	19	12,735	40,182	34,488	4,869	8,450
CQ-9	19,5	12,731	40,179	34,487	5,003	8,449
CQ-9	20	12,734	40,181	34,487	4,465	8,444
CQ-10	0,5	12,721	39,677	34,254	6,675	7,990
CQ-10	1	12,653	39,869	34,350	5,491	7,968
CQ-10	1,5	12,538	40,129	34,455	5,942	7,997
CQ-10	2	12,710	40,077	34,417	6,806	7,999
CQ-10	2,5	12,748	40,135	34,438	7,482	8,000
CQ-10	3	12,763	40,105	34,395	7,503	8,002
CQ-10	3,5	12,758	40,131	34,424	7,467	8,005
CQ-10	4	12,758	40,112	34,405	7,285	8,005

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	146
		Fecha de emisión: 02-09-2024	

Elaborado por:
Ecotecnos S.A.

Estación	Profundidad (m)	Temperatura (°C)	Conductividad (mS/cm)	Salinidad * (p.s.u.)	OD (mg/L)	pH
CQ-10	4,5	12,752	40,131	34,430	7,249	8,007
CQ-10	5	12,756	40,127	34,421	7,364	8,009
CQ-10	5,5	12,758	40,147	34,438	7,590	8,010
CQ-10	6	12,759	40,151	34,442	7,736	8,011
CQ-10	6,5	12,758	40,153	34,444	7,699	8,012
CQ-10	7	12,754	40,153	34,447	7,639	8,013
CQ-10	7,5	12,752	40,153	34,448	7,610	8,016
CQ-10	8	12,750	40,152	34,449	7,598	8,016
CQ-10	8,5	12,748	40,151	34,450	7,556	8,017
CQ-10	9	12,745	40,149	34,451	7,506	8,019
CQ-10	9,5	12,743	40,148	34,452	7,472	8,020
CQ-10	10	12,742	40,148	34,453	7,455	8,021
CQ-10	10,5	12,739	40,146	34,452	7,429	8,023
CQ-10	11	12,737	40,146	34,454	7,412	8,025
CQ-10	11,5	12,735	40,144	34,453	7,382	8,025
CQ-10	12	12,733	40,143	34,455	7,360	8,026
CQ-10	12,5	12,729	40,139	34,455	7,344	8,029
CQ-10	13	12,728	40,137	34,453	7,335	8,029
CQ-10	13,5	12,724	40,135	34,455	7,290	8,031
CQ-10	14	12,723	40,135	34,456	7,111	8,033
CQ-10	14,5	12,725	40,146	34,463	6,846	8,034
CQ-10	15	12,737	40,169	34,475	6,513	8,031
CQ-10	15,5	12,741	40,169	34,471	6,274	8,030
CQ-10	16	12,746	40,178	34,475	6,031	8,028
CQ-10	16,5	12,747	40,179	34,474	5,837	8,026
CQ-10	17	12,740	40,172	34,474	5,594	8,027
CQ-10	17,5	12,737	40,169	34,474	5,323	8,026
CQ-10	18	12,720	40,157	34,477	5,016	8,022
CQ-10	18,5	12,709	40,156	34,486	4,752	8,021
CQ-10	19	12,702	40,136	34,473	4,542	8,019
CQ-10	19,5	12,680	40,135	34,492	4,413	8,018
CQ-10	20	12,671	40,126	34,491	4,296	8,019
CQ-10	20,5	12,660	40,125	34,501	4,245	8,017
CQ-10	21	12,655	40,114	34,495	4,180	8,014
CQ-10	21,5	12,641	40,109	34,502	4,105	8,016
CQ-10	22	12,629	40,099	34,504	4,025	8,016
CQ-10	22,5	12,623	40,096	34,507	3,978	8,016
CQ-10	23	12,616	40,086	34,502	3,953	8,017
CQ-10	23,5	12,611	40,082	34,503	3,907	8,019
CQ-10	24	12,595	40,051	34,487	3,858	8,017
CQ-10	24,5	12,574	40,053	34,508	3,763	8,018
CQ-10	25	12,566	40,042	34,506	3,814	8,020
CQ-10	25,5	12,560	40,042	34,510	3,647	8,021
CQ-11	0,5	12,681	40,224	34,587	6,351	8,493
CQ-11	1	12,954	40,250	34,360	5,171	8,537
CQ-11	1,5	12,954	40,262	34,372	4,867	8,537
CQ-11	2	12,892	40,220	34,388	4,933	8,537

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		147
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

Estación	Profundidad (m)	Temperatura (°C)	Conductividad (mS/cm)	Salinidad * (p.s.u.)	OD (mg/L)	pH
CQ-11	2,5	12,885	40,272	34,444	4,937	8,537
CQ-11	3	12,899	40,232	34,392	4,808	8,537
CQ-11	3,5	12,871	40,205	34,392	4,683	8,537
CQ-11	4	12,864	40,246	34,437	4,545	8,539
CQ-11	4,5	12,848	40,186	34,394	4,547	8,537
CQ-12	0,5	12,975	40,361	34,447	6,243	8,534
CQ-12	1	12,971	40,352	34,442	6,492	8,536
CQ-12	1,5	12,980	40,372	34,453	6,619	8,539
CQ-12	2	12,987	40,363	34,438	6,666	8,539
CQ-12	2,5	12,982	40,369	34,448	6,612	8,540
CQ-12	3	12,979	40,364	34,445	6,629	8,544
CQ-12	3,5	12,971	40,359	34,448	6,705	8,542
CQ-12	4	12,896	40,272	34,434	6,748	8,544
CQ-12	4,5	12,863	40,221	34,413	6,783	8,546
CQ-12	5	12,814	40,211	34,449	6,735	8,545
CQ-12	5,5	12,799	40,167	34,420	6,671	8,546
CQ-12	6	12,771	40,177	34,455	6,179	8,548
CQ-12	6,5	12,708	40,112	34,450	5,734	8,551
CQ-12	7	12,646	40,124	34,519	5,601	8,555
CQ-12	7,5	12,617	40,023	34,448	5,332	8,557
CQ-12	8	12,639	40,058	34,461	6,167	8,557

Fuente: Ecotecnos

(*) Calculada a partir de la conductividad, la temperatura y la presión de acuerdo con la Comisión Intergubernamental de Oceanografía; TEOS-10 (2009)

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		148
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	

9.6 RESOLUCIÓN DE AUTORIZACIÓN COMO ENTIDAD TÉCNICA DE FISCALIZACIÓN AMBIENTAL



**RENUOVA AUTORIZACIÓN A LA ETFA ECOTECNOS
S.A., SUCURSAL ECOTECNOS.**

RESOLUCIÓN EXENTA N° 1248

Santiago, 9 de junio de 2021

VISTO:

Lo dispuesto en el Decreto con Fuerza de Ley N° 1/19.653, de 2000, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que fija el texto refundido, coordinado y sistematizado de la Ley N° 18.575, Orgánica Constitucional de Bases Generales de la Administración del Estado; en la Ley N° 19.880, que establece las Bases de los Procedimientos Administrativos que rigen los Actos de los Órganos de la Administración del Estado; en la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente, fijada en el artículo segundo de la Ley N° 20.417, que crea el Ministerio, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia del Medio Ambiente; en el Decreto Supremo N° 38, de 15 de octubre de 2013, del Ministerio del Medio Ambiente, Reglamento de Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental de la Superintendencia del Medio Ambiente; en la Resolución Exenta N° 2516, de 21 de diciembre de 2020 que Fija organización interna de la Superintendencia Del Medio Ambiente; en la Resolución Exenta N° 2393, de 1 de diciembre de 2020, que modifica Resolución Exenta N° 1623, de 2018 que establece organización interna funcional de la División de Fiscalización y Conformidad Ambiental de la Superintendencia del Medio Ambiente y crea Sección de Conformidad Ambiental; en la Resolución Exenta N° 126, de 25 de enero de 2019, que dicta instrucción de carácter general que establece los requisitos para la autorización de las entidades técnicas de fiscalización ambiental e inspectores ambientales; en la Resolución Exenta N° 127, de 25 de enero de 2019, que dicta instrucción de carácter general que establece directrices generales para la operatividad de las entidades técnicas de fiscalización ambiental e inspectores ambientales y en la Resolución N° 7, de 2019 y sus modificaciones, de la Contraloría General de la República.

CONSIDERANDO:

1. Que, por resolución exenta N° 880, de fecha 20 de junio de 2019 -notificada en esa misma fecha-, la Superintendencia del Medio Ambiente (en adelante e indistintamente, la superintendencia o servicio), autorizó a Ecotecnos S.A., (en adelante e indistintamente, ETFA), para actuar como entidad técnica de fiscalización ambiental respecto de su sucursal Ecotecnos, código ETFA 045-01.
2. Que, por resolución exenta N° 1912, de 30 de septiembre de 2020, la SMA otorgó una ampliación de la autorización, en los alcances que ahí se identifican, para la sucursal Ecotecnos, código ETFA 045-01.
3. Que, el artículo 10 del decreto supremo N° 38, de 2013, del Ministerio del Medio Ambiente, que contiene el Reglamento de Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental de la Superintendencia del Medio Ambiente, (en adelante e

Documentos con Validez Legal Ley N° 19.799. Certificado por E-Sign S.A.

Superintendencia del Medio Ambiente – Gobierno de Chile
Teatinos 280, pisos 7, 8 y 9, Santiago / +56 2 2617 1800 / contacto.sma@sma.gob.cl / www.sma.gob.cl

 ecotecnos CONSULTORES AMBIENTALES	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		149
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	



indistintamente, reglamento ETFA) dispone que la renovación de la autorización que se otorgue a una entidad técnica de fiscalización ambiental se registrá, en lo que corresponda, por lo señalado en los artículos 5° a 9° del mismo cuerpo normativo. Igualmente, el citado artículo indica que, la renovación de la autorización que se otorgue a la entidad técnica de fiscalización ambiental tendrá una duración de cuatro años, contados desde su notificación.

4. Que, mediante la resolución exenta N°126, de 2019, publicada en el Diario Oficial, el 31 de enero de 2019, se dictó la instrucción de carácter general que establece los requisitos para la autorización de las entidades técnicas de fiscalización ambiental y de los inspectores ambientales, acto en el cual se establecen los requisitos que deben cumplir las ETFA para renovar su autorización.

5. Que, con fecha 14 de diciembre de 2020, la ETFA Ecotecnos S.A., solicitó la renovación de su autorización.

6. Que, por memorando 59291, de 16 de diciembre de 2020, el Departamento de Análisis Ambiental solicitó a la Fiscalía, la elaboración de un informe de evaluación de cumplimiento legal de los antecedentes presentados por la ETFA, el cual fue emitido por el Departamento Jurídico, con fecha 4 de marzo de 2021, mediante memorando N°10251, indicándose que esta última había cumplido con lo dispuesto en el artículo 3 del reglamento ETFA y con lo previsto en los puntos 5.6.ii de la resolución exenta N°126, de 2019.

7. Que, conforme a lo dispuesto en el artículo 10 del reglamento ETFA, el 13 de mayo de 2021, el jefe de la División de Fiscalización y Conformidad Ambiental, a través del memorando N°21129, adjuntó el "Informe de Solicitud de Renovación de Autorización ETFA", del día 12 del mismo mes y año, en el que recomendó la renovación de la autorización de la ETFA.

8. Que, el fundamento para renovar la autorización de la ETFA se encuentra en el "Informe de Solicitud de Renovación de Autorización ETFA", el cual será notificado en conjunto con la presente resolución y posteriormente publicado en el Registro Nacional de Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental, por lo que dicto la siguiente

RESOLUCIÓN:

1. **RENUÉVASE** la autorización conferida a **Ecotecnos S.A.**, para actuar como entidad técnica de fiscalización ambiental, respecto de la sucursal que se indica a continuación, por un lapso de 4 años, a partir del 21 de junio de 2021:

FECHA DE SOLICITUD	14 de diciembre de 2020	RUT	76.197.107-7
NOMBRE SUCURSAL	Ecotecnos		
DIRECCIÓN SUCURSAL	Limache 3405, oficina 31, Edificio Reitz, comuna de Viña del Mar, región de Valparaíso		

2. **PREVIÉNESE** que la presente renovación se otorga para todos los alcances autorizados en las resoluciones exentas N°880, de 2019 y N°1912, de 2020, según indica el "Informe de Solicitud de Renovación de Autorización ETFA".

Superintendencia del Medio Ambiente – Gobierno de Chile
Teatinos 280, pisos 7, 8 y 9, Santiago / +56 2 2617 1800 / contacto.sma@sma.gob.cl / www.sma.gob.cl

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN		EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	150
	Fecha de emisión: 02-09-2024		Elaborado por: Ecotecnos S.A.	



3. **PUBLÍQUESE Y ACTUALÍCESE** en el Registro Nacional de Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental, la presente resolución, los alcances específicos renovados y los demás antecedentes que correspondan, conforme lo dispuesto en el artículo 14 del reglamento ETFA.

4. **NOTIFÍQUESE** a la interesada esta resolución junto con el respectivo informe final de evaluación, los cuales forman parte integrante de la misma, conforme dispone la letra a) del artículo 30 de la ley N° 19.880.

ANÓTESE, COMUNÍQUESE, CÚMPLASE Y ARCHÍVESE.

CRISTÓBAL DE LA MAZA GUZMÁN
SUPERINTENDENTE DEL MEDIO AMBIENTE

PTB/MVS

ADJ.: "Informe de Solicitud de Renovación de Autorización ETFA", de 12 de mayo de 2021

Notificación por correo electrónico:

- iandreani@ecotecnos.cl
- info@ecotecnos.cl
- rramirez@ecotecnos.cl

Distribución:

- Gabinete
- División de Fiscalización y Conformidad Ambiental
- Sección de Conformidad Ambiental
- Fiscal
- Departamento Jurídico
- registroentidades@sma.gob.cl
- Oficinas regionales
- Oficina de Partes y Archivos

Exp. N°11359/21



Documentos con Validez Legal Ley N° 19.799. Certificado por E-Sign S.A.



Código: 1623290733931
verificar validez en

<https://www.esigner.cl/Esigver/Validar/verificar.jsp>

Superintendencia del Medio Ambiente – Gobierno de Chile
pisos 7, 8 y 9, Santiago / +56 2 2617 1800 / contacto.sma@sma.gob.cl / www.sma.gob.cl

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		151
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	



INFORME SOLICITUD DE RENOVACIÓN DE AUTORIZACIÓN ETFA

Santiago, 12-05-2021.

La Superintendencia del Medio Ambiente, a través de la Sección de Conformidad de la División de Fiscalización, ha realizado la evaluación de la solicitud de renovación de autorización de la Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA) ECOTECNOS S.A. sucursal ECOTECNOS código ETFA 045-01, autorizada bajo Resolución Exenta N°880 del 20 de junio de 2019 y notificada el mismo día. Con fecha 06 octubre de 2020, se notificó la Resolución Exenta N° 1912, del 30 de septiembre de 2020, mediante la cual se autorizó la ampliación de alcances de la ETFA.

En base a la evaluación realizada para cada alcance autorizado de la ETFA 045-01, el presente informe individualiza aquellos alcances que no dan cumplimiento a las directrices establecidas en el D.S. 38/2013 MMA y en la Resolución Exenta N°126/19.

1. TIPO DE SOLICITUD

	Renovación N°1 de Autorización ETFA	Fecha recepción de Solicitud	14-12-2020
		N° de Expediente ceropapel	30934

2. DATOS DEL SOLICITANTE

CÓDIGO ETFA	045-01
NOMBRE ETFA	ECOTECNOS S.A. sucursal EcoTecnos

Superintendencia del Medio Ambiente
Sección de Conformidad Ambiental – ETFA-REG-11/V03
Teatinos 280, pisos 7, 8 y 9, Santiago – Chile | (56)26171800 |
registroentidades@sma.gob.cl | www.sma.gob.cl

Página 1 de 2

	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROYECTO MODERNIZACIÓN PUERTO DE COQUIMBO DE TPC S.A. MONITOREO N°02 - FASE DE OPERACIÓN	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1		152
		Fecha de emisión: 02-09-2024	Elaborado por: Ecotecnos S.A.	



3. DETALLE DE EVALUACIÓN DE ALCANCES NO RENOVADO

- NO APLICA.

4. CONCLUSIÓN

En base a los antecedentes evaluados, se recomienda para la ETFA 045-01, la renovación de aquellos alcances identificados en el registro público de la SMA, correspondiente a la Resolución N°880/19 y 1912/20.

La evaluación técnica realizada para el proceso de renovación de autorización la ETFA 045-01, se basó tanto en la verificación del cumplimiento de los requisitos establecidos en la Resolución N°126/2019, como en la revisión de cada uno de los alcances autorizados de la ETFA, y que éstos a su vez, estuvieran en concordancia con el certificado de acreditación vigente al momento de la evaluación, acreditación número UVM-001, descargado de la página web del organismo acreditador EMA con fecha 05-05-2021.

RUBÉN VERDUGO CASTILLO
JEFE DIVISIÓN DE FISCALIZACIÓN Y CONFORMIDAD AMBIENTAL

AVT/CJT

9.7 PROFESIONALES RESPONSABLES

PERSONAL	PROFESIÓN	ACTIVIDAD
Alejandra Castro M.	Biólogo Marino	Inspectora Ambiental
		Análisis de la Comunidad de Mamíferos Marinos
		Análisis de la Comunidad Macrobentónica Submareal
		Jefe de Proyecto, revisión y edición
Daniela Contreras Z.	Químico Industrial Magister en Oceanografía Mención Química.	Analista de Oceanografía Química
Lisette Cárdenas H.	Bióloga Marina Magister en Ciencias del Mar Doctora en Biología y Ecología Aplicada.	Analista de Oceanografía Química
Rodrigo González R.	Biólogo Marino	Jefe de Terreno
Daniela Hughes F.	Biólogo Marino	Muestreador