



HOJA DE ENTREGA

Este documento fue preparado para Empresa de Servicios Sanitarios Los Lagos, ESSAL S.A. La reproducción o referencia del material aquí contenido debería dar crédito a ECOGESTIÓN AMBIENTAL LTDA., pudiendo citarse como:

ECOGESTION AMBIENTAL LTDA. (2020). PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL, PRIMER SEMESTRE 2020 BAHIA DE PUERTO MONTT, DÉCIMA REGIÓN DE LOS LAGOS, ESSAL S.A. 61 pp.

La información general contenida en este documento fue transcrita tal cual como fue entregada en la cotización del servicio; y, por lo tanto, cualquier error en su entrega, es de **exclusiva responsabilidad del cliente**, no comprendiendo responsabilidad alguna a Ecogestión Ambiental Ltda. El cliente tiene un **plazo de 30 días hábiles** para informarnos de cualquier error, reproducción, y/o modificación que deba ser enmendada en el documento adjunto por Ecogestión Ambiental Ltda., el cual será corregido en forma inmediata y gratuita, si procede a la responsabilidad de nuestra empresa. Cualquier modificación solicitada por el cliente con posterioridad a esta fecha, ya sea de carácter general, informativo o de resultados, queda supeditada a una nueva cotización a convenir. Quedan excluidos de esta política, todos aquellos cambios, respuestas, o información adicional que sean solicitados por la Superintendencia de Medio Ambiente (SMA) a nuestros clientes en su versión final.

ECOGESTIÓN AMBIENTAL LTDA
Progreso Pasaje 1, N°1560
Fonos: 412492200/412492201
Chiguayante, Concepción

Concepción, mayo de 2020

PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL, PRIMER SEMESTRE 2019 BAHIA DE PUERTO MONTT, DÉCIMA REGIÓN DE LOS LAGOS, ESSAL S.A.

EN EL MARCO DEL PROYECTO “SISTEMA DE
TRATAMIENTO INTEGRAL DE LAS AGUAS SERVIDAS DE
PUERTO MONTT, SEGUNDA PARTE”

Preparado por:



Marzo 2020

ÍNDICE GLOBAL

ÍNDICE GLOBAL	2
ÍNDICE DE FIGURAS	3
ÍNDICE DE TABLAS	4
RESUMEN.....	6
1. INTRODUCCIÓN	7
1.1. Aspectos generales.....	7
1.2. Aspectos normativos.....	8
1.3. Cuerpo de agua receptor	10
1.4. Entidades participantes	11
2. OBJETIVOS	12
2.1. Objetivo general	12
2.2. Objetivo específico	12
3. MATERIALES Y MÉTODOS	13
3.1. Sitio de muestreo y ubicación de estaciones	13
3.2. Procedimiento de muestreo	15
3.2.1. Cuerpo de agua	15
3.2.2. Correntometría.....	17
3.2.3. Sedimentos submareales	17
3.3. Análisis de la columna de agua	18
3.3.1. Parámetros de calidad de agua	18
3.4. Análisis de sedimentos submareales.....	19
3.4.1. Parámetros analizados en sedimentos.....	19
4. RESULTADOS	20
4.1. Calidad de agua	20
4.1.1. Medición parámetros <i>in situ</i> de la columna de agua.....	20
4.1.2. Parámetros de calidad de agua	22
4.1.3. Parámetros de cámara de monitoreo del emisario	32
4.1.4. Correntometría Euleriana	33
4.2. Sedimentos submareales	37
4.2.1. Medición parámetros <i>in situ</i>	37
4.2.2. Materia orgánica	39
4.2.3. Granulometría.....	40
4.2.4. Macrofauna bentónica.....	42
5. DISCUSIÓN.....	46
6. CONCLUSIONES	60
7. REFERENCIAS.....	61
8. ANEXOS	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación y distribución geográfica de la red de estaciones de monitoreo del PVA de Bahía Puerto Montt.	13
Figura 2. Gráficos de resultados de nitrato (A), nitrito (B), nitrógeno Kjeldahl (C) y nitrógeno total (D) obtenidos de la red de estaciones de la columna de agua de la bahía de Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.	25
Figura 3. Gráfico de resultados de fosfato (A), potencial de hidrógeno (B), coliformes fecales (C) y totales (D) de la red de estaciones de la columna de agua de la bahía de Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.	26
Figura 4. Gráfico de resultados de aceites y grasas (A), DBO ₅ (B), conductividad (C), sólidos suspendidos (D) totales de la red de estaciones de la columna de agua de la bahía de Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.	27
Figura 5. Gráficos de vector progresivo de las capas superficial, medio y fondo de la columna encontradas durante las mediciones del 29 y 30 de marzo 2020 en el punto de descarga del emisario, Bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.	34
Figura 6. Gráficos de resultados <i>in situ</i> de potencial de hidrógeno de la red de estaciones de sedimentos submareales, Bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.	38
Figura 7. Gráficos de resultados <i>in situ</i> de potencial redox de la red de estaciones de sedimentos submareales, Bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.	38
Figura 8. Gráficos de resultados de materia orgánica de la red de estaciones de sedimentos submareales de Bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.	39
Figura 9. Composición granulométrica de la red de estaciones de sedimentos submareales de Bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.	41
Figura 10. Gráficos de resultados de granulométrico de la red de estaciones de sedimentos submareales de Bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.	41
Figura 11. Gráficos de resultados de abundancia porcentual de los grupos faunísticos de la red de estaciones de sedimentos submareales de Bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.	42
Figura 12. Gráficos de resultados de abundancia total de los grupos faunísticos de la red de estaciones de sedimentos submareales de Bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.	43
Figura 13. Gráficos de resultados de índices comunitarios de la red de estaciones de sedimentos submareales de Bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.	44
Figura 14. Comparación de abundancia y biomasa de la macrofauna asociada al fondo de estaciones de monitoreo.	47
Figura 15. Análisis de clúster basado en matrices de similitud de Bray-Curtis (UPGMA) para las estaciones de monitoreo.	48
Figura 16. Análisis de ordenación comunitaria sobre matrices de similitud de Bray-Curtis para las estaciones de monitoreo.	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables ambientales asociadas al programa de monitoreo ambiental.....	11
Tabla 2. Ubicación geográfica (coordenadas UTM, Huso H-18G, WGS 84) del emisario submarino de la Empresa de Servicios Sanitarios (ESSAL S.A.), en bahía Puerto Montt, Décima Región.	14
Tabla 3. Ubicación geográfica (coordenadas UTM, Huso H-18G, WGS 84) de la red de estaciones de monitoreo de la columna de agua de la empresa Empresa de Servicios Sanitarios (ESSAL S.A.), en bahía Puerto Montt, Décima Región.	14
Tabla 4. Ubicación geográfica (coordenadas UTM, Huso H-18G, WGS 84) de la red de estaciones de monitoreo de sedimentos submareales de la empresa de Servicios Sanitarios (ESSAL S.A.), en bahía Puerto Montt, Décima Región.	14
Tabla 5. Parámetros medidos a nivel superficial, medio y fondo de la columna de agua, unidades y referencia del método de análisis.	19
Tabla 6. Parámetros medidos en la columna de agua, unidades y referencia del método de análisis.	19
Tabla 7. Estadística descriptiva de las mediciones verticales in situ de la red de estaciones de columna de agua de la bahía de Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.	20
Tabla 8. Resultados de estadística descriptiva de los parámetros conductividad, fosfato, nitrato y nitrógeno Kjeldahl de la red de estaciones de columna de agua pertenecientes a las transectas A0, A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7 y A8 de Bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.	28
Tabla 9. Resultados de estadística descriptiva de los parámetros nitrógeno total, sólidos suspendidos totales, pH, temperatura y OD de la red de estaciones de columna de agua pertenecientes a las transectas A0, A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7 y A8 de Bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.	29
Tabla 10. Resultados de estadística descriptiva de los parámetros conductividad, fosfato, nitrato, nitrógeno Kjeldahl nitrógeno total, sólidos suspendidos totales, Coliformes fecales, Coliformes totales, pH, temperatura y OD a nivel superficial (S), medio (M) y fondo (F) de la red de estaciones de columna de agua pertenecientes a las transectas A0, A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7 y A8 de Bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.	29
Tabla 11. Resultados correspondientes al monitoreo puntual de la cámara de monitoreo del emisario.	32
Tabla 12. Estadística básica del análisis velocidades (cm/s) encontradas durante las mediciones del 29 y 30 de marzo 2020 en el punto de descarga del emisario, Bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.	35
Tabla 13. Resultados de las mediciones in situ realizadas en la red de estaciones de sedimentos submareales de Bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.	37
Tabla 14. Resultados de los análisis de materia orgánica realizadas en la red de estaciones de sedimentos submareales de Bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.	39
Tabla 15. Resultados de abundancia (ind/m ²) obtenidos a partir de la macrofauna bentónica de la red de estaciones de sedimentos submareales de Bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.	40
Tabla 16. Resultados del análisis textural de los sedimentos realizadas en la red de estaciones de sedimentos submareales de Bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.	45
Tabla 17. Resultados de biomasa (g/m ²) obtenidos a partir de la macrofauna bentónica de la red de estaciones de sedimentos submareales de Bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.	45
Tabla 18. Resultados del índice W para la macrofauna bentónica de la red de estaciones de sedimentos submareales de Bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.	46
Tabla 19. Registros promedios históricos de parámetros de la columna de agua en la bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.	50
Tabla 20. Registros promedios históricos de parámetros del cuerpo receptor en tres estratos superficie, medio y fondo de la columna de agua en la bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.	53

Tabla 21. Registros promedios históricos de parámetros in situ de los sedimentos submareales en la bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.	57
Tabla 22. Registros promedios históricos de parámetros asociados al MOT de los sedimentos submareales en la bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.	57
Tabla 23. Registros promedios históricos de parámetros asociados a la fracción sedimentaria de los sedimentos submareales en la bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.	58
Tabla 24. Registros promedios históricos de parámetros comunitarios de los sedimentos submareales en la bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.	59

RESUMEN

El siguiente documento contiene los resultados correspondientes al monitoreo que el titular la Empresa de Servicios Sanitarios de Los Lagos (ESSAL S.A.), lleva a cabo en la bahía de Puerto Montt, comuna Puerto Montt, provincia Llanquihue, ubicado en la región de Los Lagos, con el fin de dar cumplimiento a la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) N°1119/2002. Esta RCA comprende entre sus exigencias ambientales, la realización de un monitoreo semestral de la calidad de las aguas y sedimentos en la zona de influencia del emisario submarino en la bahía de Puerto Montt.

La presente campaña de monitoreo fue realizada el día 28 y 30 de marzo durante el periodo estival 2020, considerando la determinación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la columna de agua y sedimentos submareales, adicionalmente, el programa de vigilancia ambiental establece el monitoreo de correntometría euleriana en la zona de descarga del emisario.

De los resultados, es posible señalar que cuatro parámetros, fosfato, coliformes fecales, coliformes totales y aceites y grasas, obtuvieron concentraciones no cuantificables por el método analítico, en contraste, el nitrito, nitrato, nitrógeno Kjeldahl, nitrógeno total, DBO₅, conductividad, potencial de hidrógeno, temperatura y oxígeno disuelto *in situ* fueron cuantificados en bajas concentraciones u obteniendo mediciones coherentes a una matriz marina, cumpliendo todos ellos con los rangos indicados en dichas normas

La columna de agua describió adecuados niveles de oxígeno disuelto, atribuible a una matriz aeróbica y temperaturas fuertemente estratificadas en los primeros 20 metros, exhibiendo salinidades homogéneas de baja influencia de masas de agua mixta, donde las corrientes describieron mayores velocidades a nivel superficial en dirección Noroeste.

Para el caso de los sedimentos describieron mediciones de pH y potencial oxido reducción, bajo contenido orgánico atribuible a un sedimento aeróbico oxidante compuesto principalmente por arenas y un bajo contenido de fango. El análisis faunístico describió mayor abundancia de la especie *Aglaophamus* sp. (Nephtyidae; Annelida), y dos especies (Cirratulidae y Nassariidae) descritas como bioindicadores de polución orgánica, no obstante, su baja abundancia y contenido orgánico del sedimento no establecerían esta condición (0-20; 0-20 ind/m² respectivamente). El análisis de las curvas ABC muestra que las estaciones no presentan algún grado de perturbación.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Aspectos generales

El monitoreo ambiental, basado en las especificaciones de un Programa de Vigilancia Ambiental (en adelante, PVA) son únicas para cada proyecto y dependerá de lo establecido en su respectiva Resolución de Calificación Ambiental (en adelante, RCA) y en sus modificaciones posteriores. Junto a lo anterior, dicho programa deberá ser capaz de entregar información sobre el comportamiento de aquellos parámetros ambientales, que se estima puedan sufrir alteraciones como resultado de la operación de las instalaciones involucradas en el proyecto o actividad que se requiere estudiar, y con el objeto de detectar otras alteraciones e impactos no previstos, teniendo en cuenta los antecedentes de línea base para considerar oportunamente medidas correctivas adecuadas.

El actual programa de PVA considera el proyecto “Sistema de Tratamiento Integral de las Aguas Servidas de Puerto Montt” calificado ambientalmente con la resolución N°1119/2002 y debe cumplir las condiciones o exigencias, en concordancia con el artículo 25 de la Ley N°19.300. Esta RCA comprende entre sus exigencias la realización de un monitoreo semestral de la calidad de las aguas y sedimentos de la bahía de Puerto Montt, en 24 estaciones costeras a tres niveles superficial, medio y fondo para la columna de agua, siete estaciones submareales de sedimentos y una estación para el estudio de corrientes.

El siguiente documento contiene los resultados de la campaña de estival de 2020 del monitoreo del titular la Empresa de Servicios Sanitarios de Los Lagos (ESSAL S.A.) realizada por Ecogestión Ambiental Ltda. el día 28 y 30 de marzo en la bahía de Puerto Montt, región de Los Lagos, donde se llevó a cabo la determinación de parámetros físicos, químicos, microbiológicos y biológicos.

1.2. Aspectos normativos

El proyecto “Sistema de Tratamiento Integral de las Aguas Servidas de Puerto Montt” calificado ambientalmente con la resolución N°1119/2012 (RCA), propone (punto 9 de la RCA): “*Comprende realizar el siguiente Programa de Seguimiento Ambiental:*

9.1. Muestreo de la columna de agua

9.2. Estaciones

9.2.1. Estaciones de control

9.2.2. Zona de sacrificio: 3 profundidades (superficial, media y fondo)

- Una estación sobre el punto de evacuación.
- Tres estaciones dispuestas en un círculo concéntrico a la descarga, de radio 200 metros, en los ejes propuestos por el titular.
- Tres estaciones dispuestas en un círculo concéntrico a la descarga, de radio 400 metros, en los ejes propuestos por el titular.

9.2.3. Borde Costero (dentro de ZPL): muestras superficiales.

- Cuatro estaciones ubicadas considerando las condiciones de viento y corrientes más desfavorables.
- Una estación control.

9.3. Variables a analizar

- Perfil de densidad (temperatura-salinidad)
- Coliformes totales, fecales y recuento de heterótrofos
- Oxígeno disuelto, en mg/l y porcentaje de saturación.
- Grasas y aceites
- Sólidos en suspensión, sedimentables y turbiedad
- DBO₅
- Nitratos y Fosfatos
- pH
- SAAM

9.4. Frecuencia del muestreo. La frecuencia del muestreo será trimestral.

9.5. Normas y límites: Los resultados serán contrastados con la norma chilena NCH 1333 que fija los siguientes límites, debiendo someterse a la norma de calidad de aguas marinas una vez que entre en vigor la determinación de calidad de objetivo para la bahía:

Coliformes fecales:	Menos que 1000 NMP/100 ml
Grasas y aceites:	Menos que 5 mg/l pH : Rango 6-9
Temperatura	Rango +-3 grados cr normal
Turbiedad (esc sílice)	Menos que 50

- Muestras que deben cumplir los límites: Los resultados medidos en las tres estaciones costeras deben dar valores conforme a norma. Las muestras oceánicas no pueden, por definición, tener valores iguales o mejores a la norma ya que es el centro del área de sacrificio.

9.6. Muestreo del Efluente

Muestreo del efluente antes de ser descargado en las condiciones definidas en el punto N°6 del D.S. (MINSEGPRES) N° 90/2000, Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales.

9.6.1. Las variables a analizar serán

- Temperatura
- Coliformes totales, fecales y recuento de heterótrofos
- Grasas y aceites
- Sólidos en suspensión, sedimentables y turbiedad
- DBO₅
- Nitratos y Fosfatos
- SAAM
- pH
- Hidrocarburos totales
- Hidrocarburos volátiles
- Caudal

9.7. Comunidades bentónicas:

9.7.1. Frecuencia: semestral.

9.7.2. Parámetros: Según Guía Metodológica de Revisión Técnica Sectorial de Estudios de Impacto Ambiental en el Medio Ambiente Acuático de Jurisdicción Nacional.

9.7.3. Número de estaciones intermareales: 2 transectos perpendiculares a la costa con 3 estaciones de muestreo equidistantes entre sí.

9.7.4. Número de estaciones submareales. en el área de impacto directo, se realice en 3 ejes radiales (NW, SE y NE), con estaciones ubicadas a 50, 250 y 500 m del punto de descarga, más una estación control (al SW), alejada 3000 m de la zona de descarga1.

9.8. Sedimentos:

9.8.1. Frecuencia: semestral.

9.8.2. Parámetros: Granulometría, Carbono Orgánico Total, cobre total.

9.8.3. Número y ubicación de estaciones: al menos 3 estaciones por cada transecto.

9.9. Corrientes: En forma simultánea a los muestreos de columna de agua se deben realizar mediciones de corrientes a través de seguimientos de derivadores. Los derivadores deberán ser desplegados en el sitio de la descarga, y seguidos, ya sea por corte angular simple o mediante GPS diferencial, por espacio de 1 a 2 horas, y con intervalos de medición entre 5 a 15 minutos.

9.9.1. Frecuencia: semestral.

9.9.2. Parámetros: Vientos, Derivadores.

9.9.3. Número de estaciones: 6 derivadores en el punto de la descarga, 3 en superficie y 3 a 8 m de profundidad.

El análisis de los datos debe comprender como mínimo, el trazado de las trayectorias de los elementos derivadores (coordenadas UTM), cálculo de corrientes medias y máximas (velocidad-dirección), y análisis de la dispersión de los elementos derivadores. Los derivadores deben diseñarse de modo de minimizar el arrastre del viento”. Para así dar cumplimiento a la Superintendencia del Medio Ambiente.

1.3. Cuerpo de agua receptor

La ciudad de Puerto Montt se ubica al norte del Seno de Reloncaví en la zona baja costera. La ciudad se localiza en una zona de clima templado lluvioso con influencia mediterránea (Dirección Meteorológica de Chile) y las precipitaciones anuales alcanzan 1.800 milímetros en promedio, variando entre 1.400 y 2.500 milímetros por año (Derch et. al., 2006). La bahía de Puerto Montt ($41^{\circ} 28' S$; $72^{\circ} 58' W$) forma parte de la zona costera del Seno de Reloncaví, con una superficie aproximada de 9.122 km^2 y una profundidad promedio de 80 m, lo que implica un volumen aproximado de $53.506.502 \text{ m}^3$ (Toledo et. al., 2005).

1.4. Cuerpo de agua receptor

En el presente PVA, el agua constituyó el componente ambiental central, con el subcomponente, agua superficial, sedimento marino y biota. Sobre este subcomponente, la variable calidad de agua fue caracterizada por 18 parámetros de calidad ambiental, calidad de sedimento cinco parámetros y biota con nueve parámetros. Los detalles de la organización de los componentes, subcomponentes, variables y parámetros ambientales evaluados se describen en la Tabla 1.

Tabla 1. Variables ambientales asociadas al programa de monitoreo ambiental.

Componente ambiental	Agua			
Subcomponentes ambientales	Agua marina		Sedimento marino	Biota
Variables ambientales	Calidad de agua	Correntometría euleriana	Calidad de sedimento	Diversidad biológica
Parámetros de la actividad de medición, control y/o análisis	Temperatura	Desplazamiento	MOT	Riqueza de especies
	Potencial de hidrógeno	Dirección	Granulometría	Abundancia de individuos
	Salinidad	Magnitud	Temperatura	Biomasa de individuos
	Oxígeno disuelto	Constancia	Potencial de hidrógeno	Índice de diversidad
	Saturación oxígeno		Potencial óxido-reducción	Índice de dominancia
	Transparencia			Índice de uniformidad
	Nitrato			Curvas ABC
	Nitrito			Análisis de agrupamiento
	Nitrógeno Kjeldahl			Análisis de ordenación
	Nitrógeno total			
	Fosfatos			
	pH			
	Coliformes fecales			
	Coliformes totales			
	Aceites y grasas			
	DBO ₅			
	Conductividad			
	Sólidos suspendidos totales			

1.5. Entidades participantes

- Ecogestión Ambiental Ltda. (Código ETFA 031-1): Actividades de muestreo, preparación de muestras, análisis de resultados y elaboración de informe programa de monitoreo semestral para el proyecto “Sistema de Tratamiento Integral de las Aguas Servidas de Puerto Montt” RCA N°1119/2002”.
- Laboratorio de ensayos y análisis de Hidrolab S.A. (Código ETFA 003-1 y 003-2): Análisis físico-químico.
- Ecogestión Ambiental Ltda. (INN LE N°1283): Medición de parámetros físicos *in situ*, materia orgánica, granulometría y taxonomía de macrofauna.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Ejecutar el programa de monitoreo correspondiente al primer semestre 2020, asociado al proyecto “de Tratamiento Integral de las Aguas Servidas de Puerto Montt” de la Empresa de Servicios Sanitarios de Los Lagos (ESSAL S.A.).

2.2. Objetivo específico

- a) Evaluar las características físicas, químicas y microbiológicas a nivel de estratos (Superficial, Medio y Fondo) y en la columna de agua para la red de estaciones asociadas al cuerpo receptor.

- b) Evaluar las características fisicoquímicas, organolépticas y comunidades biológicas asociadas a los sedimentos submareales para la red de estaciones asociadas al cuerpo receptor.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Sitio de muestreo y ubicación de estaciones

La campaña de monitoreo fue realizada durante los días 28 al 30 de marzo 2020, en la bahía de Puerto Montt, Provincia de Llanquihue, Décima Región de Los Lagos.

El programa de monitoreo contempla seis transectas A1 (3 estaciones), A2 (4 estaciones), A3 (4 estaciones), A4 (4 estaciones), A5 (4 estaciones) y A6 (2 estaciones) paralelas a la costa en torno al punto de descarga (A0), una estación en aguas profundas (A7) y una cercana a costa (A8), sumando en total una red de 24 estaciones estratificadas a nivel superficial (en adelante S), medio (en adelante M) y fondo (en adelante F) de columna y mediciones verticales de parámetros físicos desde superficie a fondo de cada estación, a la vez, considera la una red de 6 estaciones S0, S1, S2, S3, S4, S5 y S6 para sedimentos. Por su parte, la Tabla 2, Tabla 3 y Tabla 4 presenta la distribución espacial de la red de estaciones y el punto de descarga del emisario submarino (ES) de la Empresa de Servicios Sanitarios ESSAL S.A., en tanto, la Figura 1 exhibe la distribución espacial de las mismas en bahía Puerto Montt.

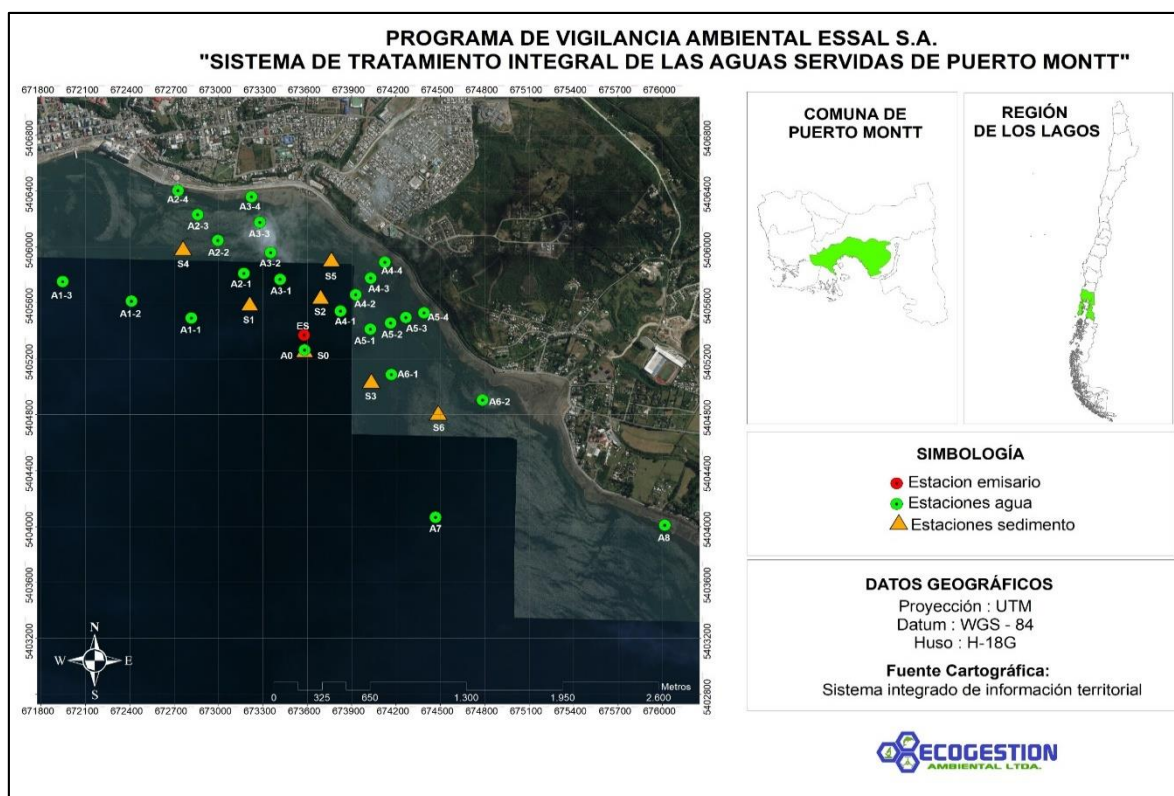


Figura 1. Mapa de ubicación y distribución geográfica de la red de estaciones de monitoreo del PVA de Bahía Puerto Montt.

Tabla 2. Ubicación geográfica (coordenadas UTM, Huso H-18G, WGS 84) del emisario submarino de la Empresa de Servicios Sanitarios (ESSAL S.A.), en bahía Puerto Montt, Décima Región.

Estaciones	Descripción	Este	Sur
ES	Emisario	673578	5405370

Tabla 3. Ubicación geográfica (coordenadas UTM, Huso H-18G, WGS 84) de la red de estaciones de monitoreo de la columna de agua de la empresa Empresa de Servicios Sanitarios (ESSAL S.A.), en bahía Puerto Montt, Décima Región.

Estaciones	Descripción	Este	Norte
A0	A0 Bahía	673583	5405264
A1-1	A1-1 Bahía	672818	5405493
A1-2	A1-2 Bahía	672412	5405614
A1-3	A1-3 Bahía	671948	5405753
A2-1	A2-1 Bahía	673172	5405813
A2-2	A2-2 Bahía	672997	5406049
A2-3	A2-3 Bahía	672859	5406233
A2-4	A2-4 Bahía	672726	5406405
A3-1	A3-1 Bahía	673417	5405770
A3-2	A3-2 Bahía	673354	5405962
A3-3	A3-3 Bahía	673281	5406177
A3-4	A3-4 Bahía	673224	5406361
A4-1	A4-1 Bahía	673825	5405543
A4-2	A4-2 Bahía	673928	5405660
A4-3	A4-3 Bahía	674029	5405779
A4-4	A4-4 Bahía	674125	5405893
A5-1	A5-1 Bahía	674028	5405413
A5-2	A5-2 Bahía	674164	5405457
A5-3	A5-3 Bahía	674268	5405496
A5-4	A5-4 Bahía	674390	5405530
A6-1	A6-1 Bahía	674170	5405089
A6-2	A6-2 Bahía	674785	5404905
A7	A7 Bahía	674468	5404066
A8	A8 Bahía	676017	5404010

Tabla 4. Ubicación geográfica (coordenadas UTM, Huso H-18G, WGS 84) de la red de estaciones de monitoreo de sedimentos submareales de la empresa de Servicios Sanitarios (ESSAL S.A.), en bahía Puerto Montt, Décima Región.

Estaciones	Descripción	Este	Norte
S0	S0 Submareal	673583	5405264
S1	S1 Submareal	673211	5405597
S2	S2 Submareal	673691	5405645
S3	S3 Submareal	674033	5405044

S4	S4 Submareal	672760	5405993
S5	S5 Submareal	673764	5405913
S6	S6 Submareal	674486	5404815

3.2. Procedimiento de muestreo

El muestreo fue realizado conforme al permiso SHOA N°13270/24/269/Vrs, el cual autoriza a la empresa Ecogestión Ambiental Ltda., a realizar actividades de investigación tecnológica marina en el sector de la Bahía Puerto Montt, región de Los Lagos (ver anexos).

Para la colecta de muestras de agua, los procedimientos de muestreo fueron realizados por la Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (en adelante, ETFA) laboratorio Hidrolab S.A. acreditado por el INN según NCh-ISO 17025 Of 2005, cod. 003-01. Mientras que los procedimientos de medición fueron realizados por la ETFA Ecogestión Ambiental cod. 031-01., acreditado por el INN según IAS, bajo el alcance AA 788 autorizado como. Para la colecta de muestras de sedimento, los procedimientos de muestreo y medición fueron realizados por la ETFA Ecogestión Ambiental Ltda. acreditado por IAS, según el alcance del certificado TL 873 (ver anexos).

3.2.1. Cuerpo de agua

La obtención de las muestras de la caracterización fisicoquímica y microbiológica fue realizada a bordo de una embarcación menor, tomando muestras en estratos a nivel superficial, medio y fondo en cada una de las estaciones de muestreo de la red de estaciones de columna de agua.

A partir de las muestras de agua colectadas, fueron realizadas mediciones puntuales *in situ* de potencial de hidrógeno, temperatura y oxígeno disuelto con un equipo HANNA HI19892 (código interno: ECO-MULTI-035) previamente calibrado y verificado (ver anexos).

El muestreo fue realizado considerando la NCh N°411 Of 96 Calidad del agua – Muestreo Parte 2: Guía sobre técnicas de muestreo, Parte 6: Guía para el muestreo de ríos y cursos de agua, y las muestras fueron preservadas utilizando las metodologías descritas en la NCh N°411 Of 96 Calidad del agua – Muestreo Parte 3: Guía sobre la preservación y manejo

de las muestras. Las muestras obtenidas fueron derivadas al laboratorio Hidrolab S.A., sucursal Santiago (ETFA 003-01) (acreditaciones anexas).

Por otra parte, para la medición de la columna de agua, fueron desplegados perfiles verticales obteniendo mediciones de oxígeno disuelto (mg/l), temperatura (°C), salinidad (UPS) y saturación de oxígeno (%) cada un segundo con ayuda de un perfilador CTD-O, marca RBR modelo Maestro 3 (certificado anexo) desde superficie a fondo de la columna de agua, para posteriormente descargar y filtrar datos expresando la estadística descriptiva en términos de máximo, mínimo y promedio de cada variable.

3.2.2. Correntometría

Por su parte, la medición de corrientes fue desarrollada entre las 13:59 a 14:49 horas de los días 29 y 31 de marzo de 2020 por la empresa GEEAA, cuya coordenada de fondeo fue 673583 E; 5405264 N (Datum WGS-84, Huso 18 S) a una profundidad de 146 metros en la bahía de Puerto Montt, Provincia de Llanquihue, Décima región de Los Lagos.

Durante el estudio, se obtuvieron mediciones de dirección (grados) y velocidad (cm/s) de corrientes marinas mediante el método Euleriano, con ayuda de un equipo correntómetro puntual ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler), programado para la recolección de ambos datos simultáneos cada diez minutos, en celdas de 2 metros.

Una vez el muestreo finalizado, los datos son descargados por medio del programa aprobado por el fabricante, extrayendo los datos en formato texto (.txt) para su posterior análisis de gabinete. El análisis consideró un set de 145 datos (24 horas) de 100 metros de la columna, comenzando en superficie (2-4 metros) restando los dos primeros metros de superficie eliminando la influencia del viento a la capa más profunda (100-102 metros), en tanto, el set de datos de dirección fue corregidos considerando la declinación magnética del día y sector de estudio según el cálculo de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). Por último, los datos son expresados como estadígrafos aritméticos básicos (mínimo, máximo y promedio) y como frecuencia (%). Adicionalmente, se realizan análisis vectoriales de las corrientes (vector progresivo) y de componente U-V para definir el comportamiento de la partícula en los estratos mencionados.

3.2.3. Sedimentos submareales

Por otro lado, la obtención de muestras submareales se realizó a bordo de la misma embarcación, con ayuda de un huinche mediante una draga modelo Van-Veen de 0,1 m² de superficie de mascada posicionadas mediante un GPS marca Garmin. Cada muestra fue obtenida con el objetivo de realizar análisis para calidad del sedimento, análisis de granulometría, determinación de materia orgánica total y análisis de comunidades bentónicas.

Las muestras de sedimento para macrofauna fueron fijadas en una solución de formalina al 4% y luego transportadas al laboratorio para su posterior análisis., de la cual una vez a bordo se realizaron mediciones *in situ* correspondientes a potencial de hidrógeno pH

(unidad), temperatura ($^{\circ}\text{C}$), potencial oxido reducción (Eh), extrayendo submuestras puntuales para análisis de contenido orgánico (% MOT) y textural de los sedimentos (granulometría) y, al mismo tiempo, la extracción de submuestras para análisis faunísticos de identificación y cuantificación taxonómica de la abundancia (ind/m^2) y biomasa (g/m^2) para cada una de las estaciones de la red de sedimentos submareales distribuidas en la bahía Puerto Montt.

A partir de los análisis derivados de la macrofauna, se obtuvo la riqueza específica (S) y se calcularon los índices comunitarios de Diversidad de Shannon-Wiener (H'), Dominancia de Simpson (D') y Uniformidad de Pielou (J').

De forma complementaria, con los datos de abundancia y biomasa, en base a la matriz de Bray-Curtis se calcularon las curvas de abundancia y biomasa (ABC), análisis de conglomerados Cluster y análisis de escalamiento dimensional no métrico n-MDS.

3.3. Análisis de la columna de agua

3.3.1. Parámetros de calidad de agua

Para determinar la concentración de los distintos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados en los estratos el cuerpo de agua (Tabla 5), las muestras fueron enviadas para su análisis al laboratorio de ensayos de Hidrolab S.A., cuyos métodos oficiales se encuentran reconocidos por el Instituto Nacional de Normalización (INN), según el alcance del certificado LE N°214 y LE N°215, de acuerdo con la NCh N°17025, Of2005 (ver anexos).

Tabla 5. Parámetros medidos a nivel superficial, medio y fondo de la columna de agua, unidades y referencia del método de análisis.

Parámetro	Unidades	Ref. Método
Nitrato	mg N/L	SM-45NO3B2
Nitrito	mg N/L	SM-45N02B2
Nitrógeno Kjeldahl	mg N/L	SM-4500NC2
Nitrógeno total	mg N/L	SM-450NA7
Fosfatos	mg PO ₄ /L	SM-4110B
pH	unidad	2313-1of95
Coliformes fecales	NMP/100 ml	2313-22of95
Coliformes totales	NMP/100 ml	SM-9221B
Aceites y grasas	mg/l	2313-6
DBO ₅	mg/l	2313-5of05
Conductividad	us/cm	SM-2510B
Sólidos suspendidos totales	mg/l	2313-3of95

(2) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22th Edition 2012

(5) Requisitos de calidad del agua para riego - NCh N°1333/1978

(7) Nitrógeno total = Nitrato + Nitrito + Nitrógeno Kjeldahl (mg/l).

Temperatura recepción de muestras bacteriológicas: 7,5°C

3.4. Análisis de sedimentos submareales

3.4.1. Parámetros analizados en sedimentos

Para caracterizar el contenido orgánico (% MOT), textural (granulometría), identificación taxonómica de la macrofauna, potencial de hidrógeno (pH) y potencial oxido reducción (Eh) de los sedimentos, las muestras fueron enviadas para su análisis al laboratorio de ensayos de Ecogestión Ambiental Ltda., cuyos métodos oficiales se encuentran reconocidos por el Instituto Nacional de Normalización (INN), según el alcance del certificado LE N°1283 y LE N°1284, de acuerdo con la NCh N°17025, Of2005 (ver anexos). El detalle de los parámetros considerados se describe en la Tabla 6.

Tabla 6. Parámetros medidos en la columna de agua, unidades y referencia del método de análisis.

Parámetro	Unidades	Ref. Método
(*) pH	unidad	Res. Exe. N°3612
(*) Temperatura	°C	Res. Exe. N°3612
(*) Potencial redox	Eh	Res. Exe. N°3612
Materia orgánica total	%MOT	Res. Exe. N°3612
Granulometría	Phi	Res. Exe. N°3612
Macrofauna	---	Res. Exe. N°3612

(*) Parámetro tomado in situ en los sedimentos.

4. RESULTADOS

4.1. Calidad de agua

4.1.1. Medición parámetros *in situ* de la columna de agua

Las mediciones verticales realizadas en la columna describen una marcada estratificación los primero 20 metros, con concentraciones de oxígeno disuelto de 4,1mg/l a 9,7 mg/l, temperaturas de 10,9°C a 13,9°C y salinidades en el rango de 30,6 a 32,8 UPS coherentes a la época del año (estival) y cuerpo de agua marino (Tabla 7).

Tabla 7. Estadística descriptiva de las mediciones verticales *in situ* de la red de estaciones de columna de agua de la bahía de Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.

Estación	Temperatura (°C)	Salinidad (UPS)	Oxígeno disuelto (mg/l)	Saturación oxígeno (%)
A0	Máximo	13,2	32,8	8,0
	Mínimo	10,9	32,4	4,1
	Promedio	11,0	32,6	4,5
A1-1	Máximo	13,8	32,7	9,7
	Mínimo	10,9	30,6	4,2
	Promedio	11,1	32,4	5,2
A1-2	Máximo	13,8	32,7	9,7
	Mínimo	10,9	30,6	4,2
	Promedio	11,2	32,4	5,5
A1-3	Máximo	13,8	32,7	9,7
	Mínimo	10,9	30,6	4,2
	Promedio	11,1	32,4	5,3
A2-1	Máximo	13,3	32,7	7,6
	Mínimo	11,1	31,7	4,5
	Promedio	11,4	32,6	5,0
A2-2	Máximo	13,6	32,4	9,7
	Mínimo	11,0	31,4	4,4
	Promedio	11,5	32,3	5,7
A2-3	Máximo	13,3	32,4	8,3
	Mínimo	11,1	31,2	7,6
	Promedio	11,7	32,1	8,0
A2-4	Máximo	13,4	32,3	8,3
	Mínimo	11,9	32,1	7,8
	Promedio	12,4	32,2	8,1
A3-1	Máximo	12,1	32,6	6,0
	Mínimo	11,3	32,4	4,8
	Promedio	11,6	32,5	5,2
A3-2	Máximo	13,0	32,6	7,5

Estación	Temperatura (°C)	Salinidad (UPS)	Oxígeno disuelto (mg/l)	Saturación oxígeno (%)
Mínimo	11,4	32,0	4,9	55,6
Promedio	11,7	32,5	5,4	61,2
Máximo	13,6	32,6	8,5	101,8
A3-3	Mínimo	11,5	5,1	57,6
Promedio	12,0	32,5	6,0	68,5
Máximo	12,6	32,2	8,3	110,3
A3-4	Mínimo	11,9	8,0	73,4
Promedio	12,2	32,2	8,2	90,6
Máximo	13,5	32,7	7,8	91,2
A4-1	Mínimo	11,2	4,7	52,2
Promedio	11,5	32,6	5,2	58,3
Máximo	12,6	32,6	7,3	83,7
A4-2	Mínimo	11,3	4,8	54,4
Promedio	11,6	32,5	5,3	59,7
Máximo	12,4	32,5	8,6	102,5
A4-3	Mínimo	11,5	5,2	59,0
Promedio	11,8	32,5	6,3	73,2
Máximo	13,8	32,2	8,3	102,1
A4-4	Mínimo	12,1	8,0	65,4
Promedio	12,7	32,2	8,2	79,6
Máximo	13,9	32,7	7,7	90,8
A5-1	Mínimo	11,2	4,8	53,9
Promedio	11,5	32,5	5,2	58,6
Máximo	12,4	32,6	8,6	102,6
A5-2	Mínimo	11,3	5,0	55,8
Promedio	11,7	32,5	5,7	64,8
Máximo	13,9	32,6	8,6	102,6
A5-3	Mínimo	11,3	5,0	56,0
Promedio	11,6	32,5	5,8	66,0
Máximo	12,4	32,4	8,6	102,6
A5-4	Mínimo	11,6	6,4	72,5
Promedio	11,9	32,4	7,9	92,5
Máximo	12,4	32,8	8,6	102,6
A6-1	Mínimo	11,1	4,5	50,0
Promedio	11,4	32,6	5,2	59,1
Máximo	13,9	32,6	8,6	90,8
A6-2	Mínimo	11,4	4,9	55,1
Promedio	11,8	32,5	5,8	63,8
Máximo	13,9	32,5	8,3	100,8
A7	Mínimo	11,3	5,3	53,5

Estación	Temperatura (°C)	Salinidad (UPS)	Oxígeno disuelto (mg/l)	Saturación oxígeno (%)
Promedio	11,6	32,4	7,3	64,5
Máximo	13,6	32,3	8,3	104,9
A8 Mínimo	11,8	32,1	7,9	60,5
Promedio	12,4	32,2	8,1	75,8

4.1.2. Parámetros de calidad de agua

Fosfato

La concentración de fosfato, no fueron cuantificables ($<1,0$ mg/l) por la técnica de análisis a nivel superficial, medio y fondo de ninguna de las estaciones de la red de transectas de la columna de agua (Tabla 10).

Nitrito

Las concentraciones de nitrito entre las transectas variaron desde 0,002 a 0,012 mg/l, en tanto, a nivel superficial fluctuaron de $<0,002$ a 0,008 mg/l, de $<0,002$ a 0,012 mg/l a nivel medio, y de $<0,002$ a 0,005 mg/l en el fondo respectivamente.

Nitrato

Las concentraciones de nitrato entre las transectas variaron desde 0,320 a 0,703 mg/l, en tanto, a nivel superficial fluctuaron de 0,320 a 0,567 mg/l, de 0,336 a 0,703 mg/l a nivel medio, y de 0,330 a 0,660 mg/l en el fondo respectivamente.

Nitrógeno Kjeldahl

La concentración de nitrógeno Kjeldahl fluctuó entre 0,392 a 1,540 mg/l entre las transectas, a nivel superficial fluctuó entre 0,418 a 1,54 mg/l, entre 0,435 a 1,34 mg/l a nivel medio, y entre 0,392 a 1,16 mg/l en el fondo respectivamente.

Nitrógeno Total

La concentración de nitrógeno total osciló entre 0,753 a 1,95 mg/l, obteniendo valores en el rango de 0,753 a 1,95 mg/l en superficie, 0,803 a 1,85 mg/l en sector medio y entre 0,832 a 1,64 mg/l en el fondo de las transectas.

Coliformes fecales

La concentración de Coliformes fecales (<2 NMP/100ml) no fueron analíticamente detectables en ninguno de los estratos de las estaciones de la red de transectas de la columna de agua.

Coliformes totales

La concentración de Coliformes totales (<1,8 NMP/100ml) no fueron analíticamente detectables en ninguno de los estratos de las estaciones de la red de transectas de la columna de agua, a excepción de la estación A3 a nivel medio que registró un valor de 27 NMP/100ml.

Aceites y Grasas

Las concentraciones de aceites y grasas (<1.00 mg/l) no fueron analíticamente detectables en ninguno de los estratos de las estaciones de la red de transectas de la columna de agua.

DBO₅

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) osciló entre <2 a 9 mg/l, obteniendo valores en el rango de <2 a 9 mg/l en la superficie, en el sector medio y en el fondo de las transectas.

Conductividad

La conductividad describe mediciones que van desde los 47.400 a 50.700 $\mu\text{S}/\text{cm}$ entre las transectas y directamente proporcional a la profundidad del estrato.

Sólidos suspendidos totales

La concentración de sólidos suspendidos totales osciló en <5,0 a 14,0 mg/l, obteniendo valores en el rango para los tres estratos similares.

Potencial de hidrógeno

El potencial de hidrógeno medido *in situ* entre las transectas fluctuó en 0,2 unidades de pH, obteniendo entre las transectas mediciones que van desde los 7,8 a 8,0 unidades de pH.

Temperatura

Las mediciones de la temperatura obtenidas *in situ* oscilaron en 8,0°C, con valores que van desde los 13,0°C a 13,8°C, describiendo mayores temperaturas en los estratos superficiales.

Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto medido *in situ* obtuvo concentraciones en el rango de 8,2 mg/l a 9,6 mg/l, presentando una variación de 1,4 mg/l, exhibiendo concentraciones más homogéneas en estratos más profundos.

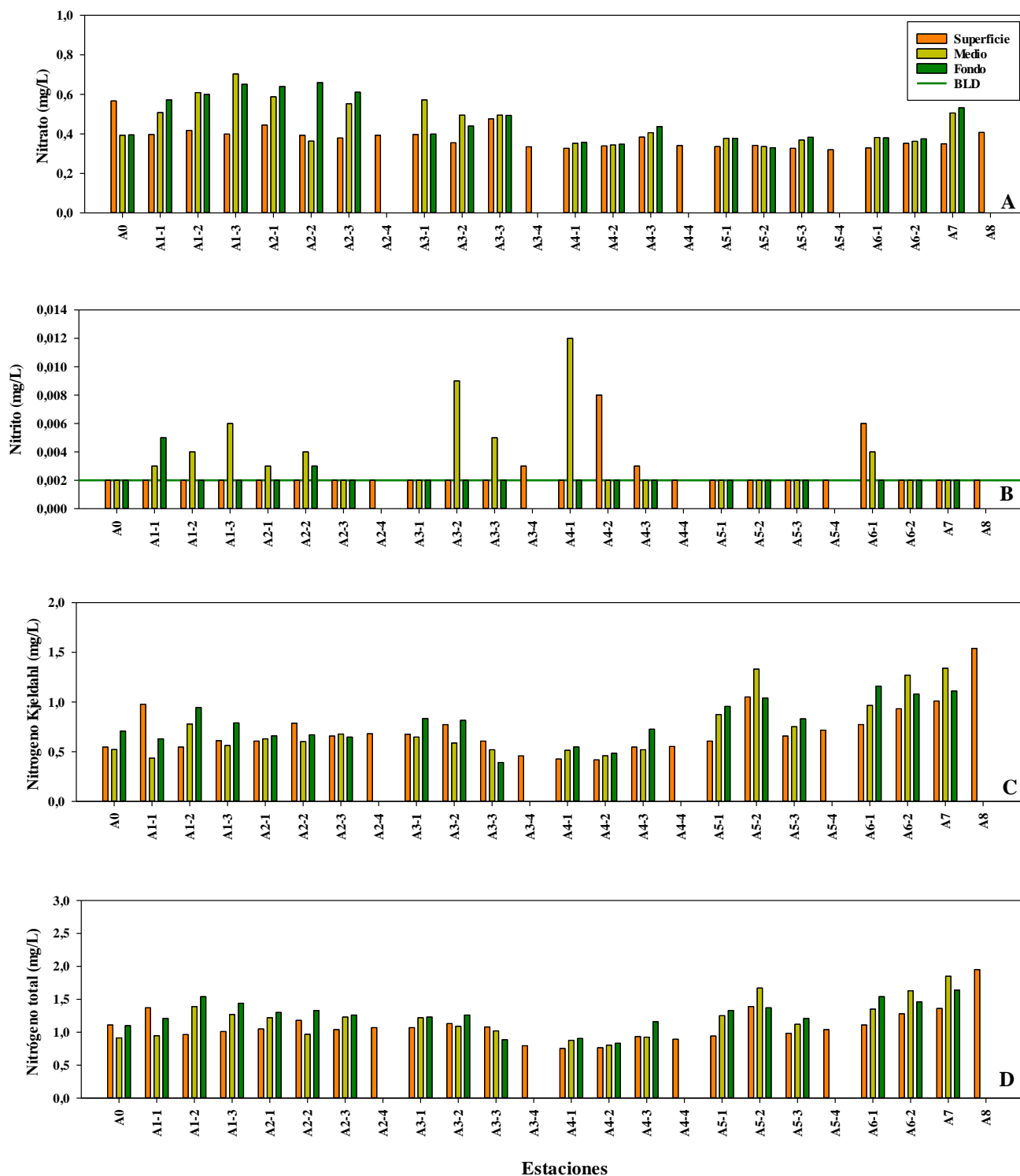


Figura 2. Gráficos de resultados de nitrato (A), nitrito (B), nitrógeno Kjeldahl (C) y nitrógeno total (D) obtenidos de la red de estaciones de la columna de agua de la bahía de Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.

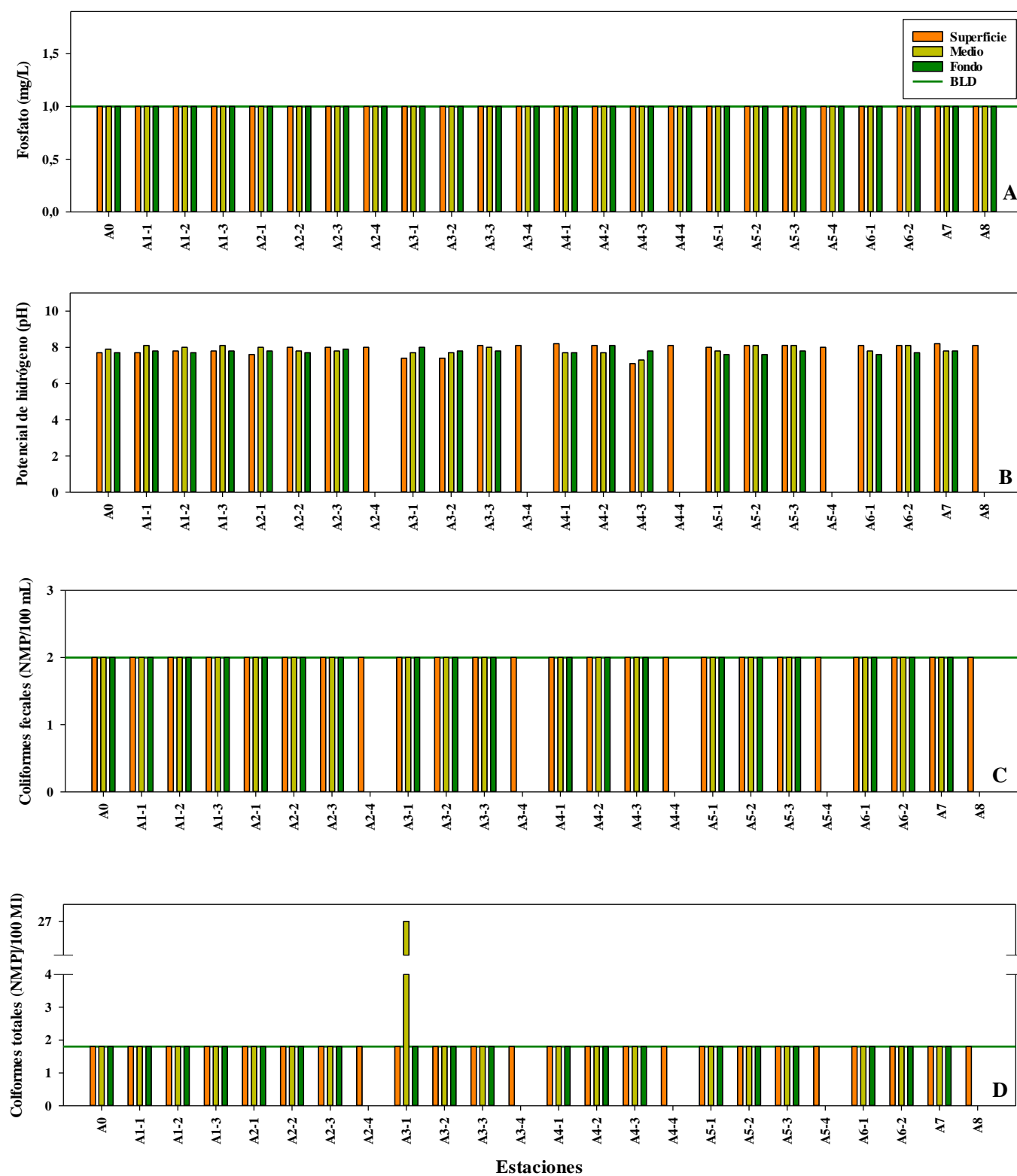


Figura 3. Gráfico de resultados de fosfato (A), potencial de hidrógeno (B), coliformes fecales (C) y totales (D) de la red de estaciones de la columna de agua de la bahía de Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.

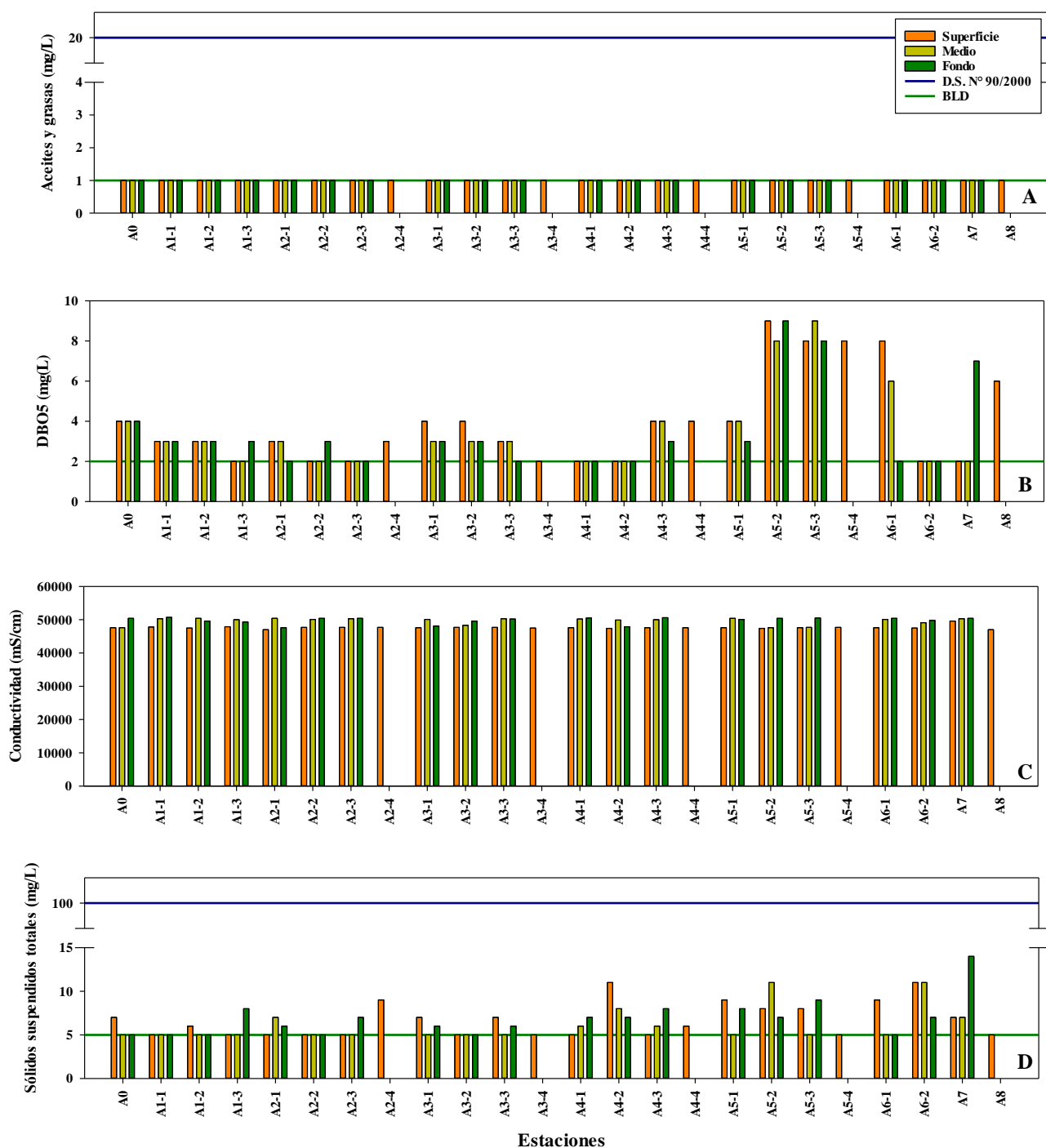


Figura 4. Gráfico de resultados de aceites y grasas (A), DBO₅ (B), conductividad (C), sólidos suspendidos (D) totales de la red de estaciones de la columna de agua de la bahía de Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.

Tabla 8. Resultados de estadística descriptiva de los parámetros conductividad, fosfato, nitrato y nitrógeno Kjeldahl de la red de estaciones de columna de agua pertenecientes a las transectas A0, A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7 y A8 de Bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.

T	Conductividad (us/cm)			Fosfato (mg/l)			Nitrato (mg/l)			Nitrógeno Kjeldahl (mg/l)		
	Min.	Max.	Prom.	Min.	Max.	Prom.	Min.	Max.	Prom.	Min.	Max.	Prom.
A0	47600	50400	49000	<1,0	<1,0	<1,0	0,393	0,567	0,48	0,521	0,707	0,614
A1	47800	50700	49250	<1,0	<1,0	<1,0	0,397	0,703	0,55	0,435	0,977	0,706
A2	47000	50400	48700	<1,0	<1,0	<1,0	0,364	0,66	0,51	0,601	0,787	0,694
A3	47500	50300	48900	<1,0	<1,0	<1,0	0,335	0,572	0,45	0,392	0,834	0,613
A4	47400	50600	49000	<1,0	<1,0	<1,0	0,327	0,437	0,38	0,418	0,726	0,572
A5	47400	50500	48950	<1,0	<1,0	<1,0	0,32	0,383	0,35	0,606	1,33	0,968
A6	47500	50400	48950	<1,0	<1,0	<1,0	0,329	0,382	0,36	0,772	1,27	1,021
A7	49600	50400	50000	<1,0	<1,0	<1,0	0,35	0,532	0,44	1,01	1,34	1,175
A8	47000	47000	47000	<1,0	<1,0	<1,0	0,407	0,407	0,41	1,54	1,54	1,540
Min.	47000	47000	47000	---	---	---	0,32	0,382	0,35	0,392	0,707	0,550
Max.	49600	50700	50150	---	---	---	0,407	0,703	0,56	1,54	1,54	1,540
Pm.	48300	48850	48575	---	---	---	0,3635	0,5425	0,45	0,966	1,1235	1,045

Pm= Promedio; T= Transectas; El parámetro nitrato no fue cuantificable analíticamente por cuanto no fue incluido en tabla.

T	Coliformes fecales (NMP/100ml)			Coliformes totales (NMP/100ml)			DBO ₅ (mg/l)			Aceites y grasas (mg/l)		
	Min.	Max.	Prom.	Min.	Max.	Prom.	Min.	Max.	Prom.	Min.	Max.	Prom.
A0	<2	<2	<2	<1,8	<1,8	<1,8	2	3	2,50	<1,0	<1,0	<1,0
A1	<2	<2	<2	<1,8	<1,8	<1,8	2	3	2,50	<1,0	<1,0	<1,0
A2	<2	<2	<2	<1,8	<1,8	<1,8	<2	4	--	<1,0	<1,0	<1,0
A3	<2	<2	<2	<1,8	27	--	<2	4	--	<1,0	<1,0	<1,0
A4	<2	<2	<2	<1,8	<1,8	<1,8	3	9	6,00	<1,0	<1,0	<1,0
A5	<2	<2	<2	<1,8	<1,8	<1,8	<2	8	--	<1,0	<1,0	<1,0
A6	<2	<2	<2	<1,8	<1,8	<1,8	<2	7	--	<1,0	<1,0	<1,0
A7	<2	<2	<2	<1,8	<1,8	<1,8	6	6	6,00	<1,0	<1,0	<1,0
A8	<2	<2	<2	<1,8	<1,8	<1,8	2	3	2,50	<1,0	<1,0	<1,0
Min.	---	---	---	---	---	---	<2	3	--	---	---	---
Max.	---	---	---	---	---	---	6	9	7,50	---	---	---
Pm.	---	---	---	---	---	---	--	6	--	---	---	---

Tabla 9. Resultados de estadística descriptiva de los parámetros nitrógeno total, sólidos suspendidos totales, pH, temperatura y OD de la red de estaciones de columna de agua pertenecientes a las transectas A0, A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7 y A8 de Bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.

T	Nitrógeno total (mg/l)			Sólidos suspendidos totales (mg/l)			(*) pH (unidad)			(*) Temperatura <i>in situ</i>			(*) Oxígeno disuelto (mg/l)		
	Min.	Max	Pm.	Min.	Max	Pm.	Min.	Max	Pm.	Min.	Max	Pm.	Min.	Max	Pm.
A0	0,914	1,11	1,01	<5,0	7	--	7,8	7,9	7,9	13,4	13,4	13,4	8,7	8,8	8,75
A1	0,946	1,54	1,24	<5,0	8	--	7,9	8	8,0	13,4	13,8	13,6	8,2	8,8	8,5
A2	0,969	1,33	1,15	<5,0	9	--	7,9	7,9	7,9	13,3	13,6	13,5	8,7	8,9	8,8
A3	0,795	1,26	1,03	<5,0	7	--	7,8	7,9	7,9	13,1	13,6	13,4	8,7	9,1	8,9
A4	0,753	1,26	1,01	<5,0	8	--	7,8	7,9	7,9	13,2	13,4	13,3	8,7	9,1	8,9
A5	0,942	1,67	1,31	<5,0	11	--	7,8	7,9	7,9	13,1	13,5	13,3	8,5	9,1	8,8
A6	1,11	1,63	1,37	<5,0	11	--	7,8	7,9	7,9	13	13,5	13,3	8,8	9,5	9,15
A7	1,36	1,85	1,61	7	14	10,5	7,9	8	8,0	13,3	13,5	13,4	8,9	9,5	9,2
A8	1,95	1,95	1,95	<5,0	<5,0	<5,0	7,9	7,9	7,9	13,7	13,7	13,7	9,6	9,6	9,6
Min.	0,753	1,11	0,93	<5,0	<5,0	<5,0	7,8	7,9	7,9	13	13,4	13,2	8,2	8,8	8,5
Max.	1,95	1,95	1,95	7	14	10,5	7,9	8	8,0	13,7	13,7	13,7	9,6	9,6	9,6
Pm.	1,352	1,530	1,44	--	--	--	7,9	8,0	7,9	13,4	13,6	13,5	8,9	9,2	9,05

(*) Parámetro puntual tomado *in situ*; OD= Oxígeno disuelto.; Pm= Promedio; T= Transecta; Los parámetros coliformes fecales, totales, DBO₅, aceites y grasas no fueron cuantificables analíticamente por cuanto no fue incluido en tabla.

Tabla 10. Resultados de estadística descriptiva de los parámetros conductividad, fosfato, nitrato, nitrógeno Kjeldahl nitrógeno total, sólidos suspendidos totales, Coliformes fecales, Coliformes totales, pH, temperatura y OD a nivel superficial (S), medio (M) y fondo (F) de la red de estaciones de columna de agua pertenecientes a las transectas A0, A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7 y A8 de Bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.

Parámetro	Transecta	Estrato								
		S			M			F		
		Min.	Max.	Prom.	Min.	Max.	Prom.	Min.	Max.	Prom.
Conductividad (us/cm)	A0	47600	47600	47600	47600	47600	47600	50400	50400	50400
	A1	47500	47900	47700	50000	50400	50200	49300	50700	50000
	A2	47000	47700	47350	50100	50400	50250	47600	50400	49000
	A3	47500	47700	47600	48300	50300	49300	48100	50200	49150
	A4	47400	47600	47500	49900	50200	50050	47900	50600	49250
	A5	47400	47700	47550	47600	50400	49000	50100	50500	50300
	A6	47500	47600	47550	49100	50100	49600	49800	50400	50100
	A7	49600	49600	49600	50300	50300	50300	50400	50400	50400
	A8	47000	47000	47000						
Nitrito (mg/l)	A0	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
	A1	<0,002	<0,002	<0,002	0,003	0,006	0,005	<0,002	0,005	--
	A2	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,004	--	<0,002	0,003	--
	A3	<0,002	0,003	--	<0,002	0,009	--	<0,002	<0,002	<0,002
	A4	<0,002	0,008	--	<0,002	0,012	--	<0,002	<0,002	<0,002
	A5	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
	A6	<0,002	0,006	--	<0,002	0,004	--	<0,002	<0,002	<0,002

Parámetro	Transecta	Estrato								
		S			M			F		
		Min.	Max.	Prom.	Min.	Max.	Prom.	Min.	Max.	Prom.
	A7	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
	A8	<0,002	<0,002	<0,002						
Nitrato (mg/l)	A0	0,567	0,567	0,567	0,393	0,393	0,393	0,395	0,395	0,395
	A1	0,397	0,418	0,408	0,508	0,703	0,606	0,572	0,651	0,612
	A2	0,379	0,445	0,412	0,364	0,588	0,476	0,611	0,660	0,636
	A3	0,335	0,476	0,406	0,495	0,572	0,534	0,399	0,494	0,447
	A4	0,327	0,384	0,356	0,344	0,406	0,375	0,348	0,437	0,393
	A5	0,320	0,342	0,331	0,336	0,378	0,357	0,330	0,383	0,357
	A6	0,329	0,352	0,341	0,363	0,382	0,373	0,375	0,380	0,378
	A7	0,350	0,350	0,350	0,506	0,506	0,506	0,532	0,532	0,532
	A8	0,407	0,407	0,407						
Nitrógeno Kjeldahl (mg/l)	A0	0,546	0,546	0,546	0,521	0,521	0,521	0,707	0,707	0,707
	A1	0,546	0,977	0,762	0,435	0,778	0,607	0,629	0,944	0,787
	A2	0,606	0,787	0,697	0,601	0,677	0,639	0,647	0,670	0,659
	A3	0,457	0,772	0,615	0,519	0,647	0,583	0,392	0,834	0,613
	A4	0,418	0,552	0,485	0,459	0,519	0,489	0,484	0,726	0,605
	A5	0,606	1,05	0,828	0,751	1,33	1,04	0,831	1,04	0,936
	A6	0,772	0,931	0,852	0,965	1,27	1,12	1,08	1,16	1,12
	A7	1,01	1,01	1,01	1,34	1,34	1,34	1,11	1,11	1,11
	A8	1,54	1,54	1,54						
Nitrógeno total (mg/l)	A0	1,11	1,11	1,11	0,914	0,914	0,914	1,10	1,10	1,10
	A1	0,964	1,37	1,17	0,946	1,39	1,17	1,21	1,54	1,38
	A2	1,04	1,18	1,11	0,969	1,23	1,10	1,26	1,33	1,30
	A3	0,795	1,13	0,963	1,02	1,22	1,12	0,886	1,26	1,07
	A4	0,753	0,933	0,843	0,803	0,925	0,864	0,832	1,16	0,996
	A5	0,942	1,39	1,17	1,12	1,67	1,40	1,21	1,37	1,29
	A6	1,11	1,28	1,20	1,35	1,63	1,49	1,46	1,54	1,50
	A7	1,36	1,36	1,36	1,85	1,85	1,85	1,64	1,64	1,64
	A8	1,95	1,95	1,95						
Sólidos suspendidos totales (mg/l)	A0	7,0	7,0	7,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
	A1	<5,0	6,0	--	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	8,0	--
	A2	<5,0	9,0	--	<5,0	7,0	--	<5,0	7,0	--
	A3	<5,0	7,0	--	<5,0	6,0	--	<5,0	6,0	
	A4	<5,0	11,0	--	6,0	8,0	7,0	7,0	8,0	7,5
	A5	<5,0	9,0	--	<5,0	11,0	--	7,0	9,0	8,0
	A6	9,0	11,0	10,0	<5,0	11,0	--	<5,0	7,0	--
	A7	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	14,0	14,0	14,0
	A8	<5,0	<5,0	<5,0						

Parámetro	Transecta	Estrato								
		S			M			F		
		Min.	Max.	Prom.	Min.	Max.	Prom.	Min.	Max.	Prom.
(*) pH	A0	7,8	7,8	7,8	7,9	7,9	7,9	7,8	7,8	7,8
	A1	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	8,0	8,0
	A2	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
	A3	7,8	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,0	7,9	7,5
	A4	7,8	7,8	7,8	7,8	7,9	7,9	7,8	7,9	7,9
	A5	7,8	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
	A6	7,8	7,9	7,9	7,8	7,9	7,9	7,8	7,9	7,9
	A7	8,0	8,0	8,0	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
	A8	7,9	7,9	7,9						
DBO ₅ (mg/l)	A0	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	A1	2	3	3	2	3	3	3	3	3
	A2	2	3	3	2	3	3	2	3	3
	A3	<2	4	--	3	3	3	2	3	3
	A4	<2	4	--	2	4	3	2	3	3
	A5	4	9	7	4	9	7	3	9	6
	A6	<2	8	--	<2	6	--	<2	2	--
	A7	<2	<2	<2	<2	<2	<2	7	7	7
	A8	6	6	6						
Coliformes totales (NMP/100ml)	A0	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8
	A1	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8
	A2	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8
	A3	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	27,0	--	<1,8	<1,8	<1,8
	A4	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8
	A5	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8
	A6	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8
	A7	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8
	A8	<1,8	<1,8	<1,8						
(*) Temperatura (°C)	A0	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4
	A1	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,8	13,6
	A2	13,4	13,6	13,5	13,3	13,4	13,4	13,3	13,3	13,3
	A3	13,3	13,6	13,5	13,1	13,6	13,4	13,2	13,4	13,3
	A4	13,4	13,4	13,4	13,3	13,4	13,4	13,2	13,4	13,3
	A5	13,4	13,5	13,5	13,3	13,4	13,4	13,1	13,3	13,2
	A6	13,3	13,5	13,4	13,1	13,3	13,2	13,0	13,3	13,2
	A7	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,3	13,3	13,3
	A8	13,7	13,7	13,7						
(*) Oxígeno disuelto	A0	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7	8,8	8,8	8,8
	A1	8,2	8,8	8,5	8,2	8,8		8,2	8,8	

Parámetro	Transecta	Estrato								
		S			M			F		
(mg/l)		Min.	Max.	Prom.	Min.	Max.	Prom.	Min.	Max.	Prom.
	A2	8,7	8,9	8,8	8,8	8,9	8,9	8,8	8,9	8,9
	A3	8,8	8,9	8,9	8,7	8,9	8,8	8,7	9,1	9,0
	A4	8,7	8,9	8,8	8,9	9,1	9,0	8,8	9,1	
	A5	8,7	8,7	8,7	8,5	8,7	8,6	8,7	9,1	9,0
	A6	9,5	9,5	9,5	9,2	9,2	9,2	8,8	9,0	8,9
	A7	9,5	9,5	9,5	9,2	9,2	9,2	8,9	8,9	8,9
	A8	9,6	9,6	9,6						

(*) Parámetro puntual tomado *in situ*; Los parámetros fosfato, coliformes fecales, aceites y grasas no fueron cuantificables analíticamente por cuanto no fue incluido en tabla.

4.1.3. Parámetros de cámara de monitoreo del emisario

En cuanto a la calidad del agua de descarga se realizó una comparación con el D.S. N°90 Tabla N°5. Los parámetros comparables con dicha normativa se encuentran dentro del límite máximo permitido (*e.i.*, pH, Aceites y grasas, Sólidos suspendidos totales y cobre). Los parámetros fosfato, nitrito, nitrato, nitrógeno Kjeldahl, coliformes fecales, coliformes totales, DBO₅, conductividad y temperatura no presentan límite para esta normativa, sin embargo, se encuentran en bajas concentraciones.

Tabla 11. Resultados correspondientes al monitoreo puntual de la cámara de monitoreo del emisario.

Estación	Fosfato (mg/l)	Nitrato (mg/l)	Nitrito (mg/l)	Nitrógeno Kjeldahl (mg/l)	pH (unidad)
RIL	<1,0	<0,20	<0,03	1,74	8,2
DS 90 ¹	NA	NA	NA	NA	5,5 - 9,0
Estación	Coliformes fecales (NMP/100 ml)	Coliformes totales (NMP/100 ml)	Cobre (mg/l)	AyG (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)
RIL	240,0	240,0	<0,005	<1,00	6
DS 90 ¹	NA	NA	3	150	NA
Estación	Conductividad (μS/cm)	SST (mg/l)	pH	Temperatura (°C)	
RIL	449,0	35	7,5	13,7	
DS 90 ¹	NA	300	5,5 - 9,0	NA	

¹Tabla N°5 D.S. N°90 N.A. no aplica

4.1.4. Correntometría Euleriana

Las velocidades a nivel superficial (12-14 m), fluctuaron entre los 2,0 y 30,3 cm/s, con una velocidad promedio de 13,6 cm/s, mientras que a nivel medio (64-66 m), fluctuaron entre los 10,5 y 0,2 cm/s, con una media de 3,4 cm/s. Por último, la capa de fondo (120-128 m) presentó magnitudes entre 5,7 y 0,1 cm/s, con un promedio de 2,4 cm/s (Tabla 12).

A nivel superficial, la partícula tomó un desplazamiento inicial en dirección Noreste, para luego cambiar su trayectoria en dirección Sureste, y finalmente cambiar el curso en dirección Norte. En la capa media, la partícula presentó un desplazamiento inicial de forma variable en dirección Este, hasta finalmente alcanzar un movimiento en dirección Norte. Por último, la capa profunda describe un movimiento preferencial en dirección Noreste. Por último, la capa profunda describe un movimiento inicial en dirección Noreste, para luego alternar entre Sureste y Noreste, y finalmente cambiar de rumbo en dirección Este. La capa superficial muestra mayores velocidades en dirección Este y sureste, con mayor frecuencia de velocidades en dirección Norte. La capa media, muestra mayor frecuencia de velocidades en dirección Noreste y Este. No obstante, las mayores velocidades tomaron rumbo en dirección Este, Norte y Oeste. Finalmente, la capa profunda presentó mayor velocidad en dirección.

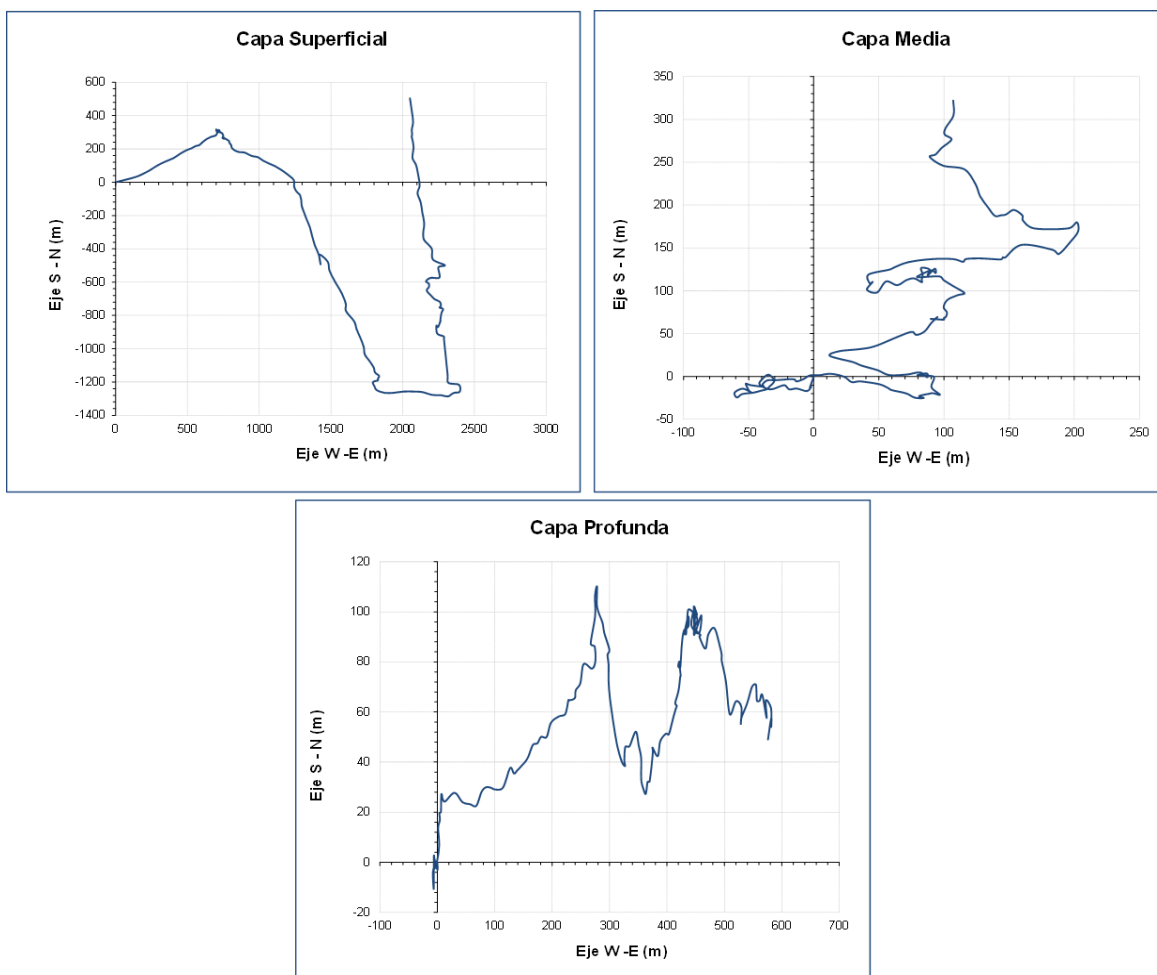


Figura 5. Gráficos de vector progresivo de las capas superficial, medio y fondo de la columna encontradas durante las mediciones del 29 y 30 de marzo 2020 en el punto de descarga del emisario, Bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.

Tabla 12. Estadística básica del análisis velocidades (cm/s) encontradas durante las mediciones del 29 y 30 de marzo 2020 en el punto de descarga del emisario, Bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.

Estratos	Profundidad (m) (Capas efectivas de medición)	Máximo (cm/s)	Mínimo (cm/s)	Promedio (cm/s)
1	12 - 14	30,3	2,0	13,6
2	14 - 16	39,8	2,7	11,2
3	16 - 18	41,1	1,1	11,1
4	18 - 20	32,5	1,8	9,4
5	20 - 22	59,2	0,5	9,4
6	22 - 24	80,9	0,6	9,8
7	24 - 26	34,7	0,5	8,5
8	26 - 28	34,8	0,5	7,3
9	28 - 30	32,0	0,5	7,9
10	30 - 32	52,9	0,1	7,9
11	32 - 34	48,8	0,5	8,1
12	34 - 36	29,0	0,4	6,2
13	36 - 38	31,2	0,3	6,9
14	38 - 40	34,0	0,2	5,7
15	40 - 42	23,6	0,2	5,6
16	42 - 44	39,6	0,1	5,3
17	44 - 46	13,2	0,1	3,9
18	46 - 48	32,2	0,5	4,9
19	48 - 50	18,2	0,3	4,7
20	50 - 52	15,7	0,1	3,9
21	52 - 54	16,3	0,0	3,9
22	54 - 56	11,8	0,2	3,9
23	56 - 58	11,2	0,8	3,4
24	58 - 60	12,9	0,2	3,3
25	60 - 62	9,6	0,6	3,2
26	62 - 64	8,7	0,4	2,9
27	64 - 66	10,5	0,2	3,4
28	66 - 68	14,0	0,2	4,5
29	68 - 70	7,2	0,1	2,7
30	70 - 72	12,1	0,4	3,6
31	72 - 74	9,1	0,3	4,0
32	74 - 76	9,7	0,5	3,8
33	76 - 78	8,5	0,2	3,7
34	78 - 80	16,5	0,7	4,7
35	80 - 82	9,7	0,4	4,1
36	82 - 84	12,9	0,1	4,0
37	84 - 86	10,6	0,2	3,6
38	86 - 88	15,6	0,5	4,3
39	88 - 90	14,5	0,1	4,0
40	90 - 92	10,9	0,1	3,9
41	92 - 94	9,1	0,5	4,1

Estratos	Profundidad (m) (Capas efectivas de medición)	Máximo (cm/s)	Mínimo (cm/s)	Promedio (cm/s)
42	94 - 96	11,8	0,2	4,0
43	96 - 98	8,6	0,5	3,9
44	98 - 100	7,9	0,2	3,7
45	100 - 102	8,7	0,4	3,1
46	102 - 104	7,9	0,4	3,2
47	104 - 106	6,9	0,6	3,4
48	106 - 108	6,7	0,2	2,9
49	108 - 110	7,2	0,3	3,0
50	110 - 112	7,7	0,1	2,7
51	112 - 114	6,9	0,3	2,7
52	114 - 116	6,7	0,2	2,6
53	116 - 118	5,5	0,3	2,4
54	118 - 120	5,9	0,0	2,4
55	120 - 122	5,7	0,3	2,4
56	122-124	5,7	0,3	2,4
57	124-126	5,7	0,1	2,2
58	126-128	5,7	0,3	2,2

Sedimentos submareales

4.1.5. Medición parámetros *in situ*

Los resultados de los parámetros *in situ* de potencial de hidrógeno, temperatura y potencial redox muestran en la Tabla 13. Para el caso del potencial de hidrógeno presentan valores entre 7,1 a 7,7 unidades de pH. En estos se aprecia que en todas las estaciones se presentan valores de pH superiores o iguales a 7,1 lo que indica condición aeróbica del sedimento según lo indicado por la Res. Ex. N°3612/09 y sus modificaciones (Tabla 13, Figura 6). Por otro lado, la temperatura registrada fluctuó entre los 12,5°C a 13,2°C. El potencial de óxido-reducción normalizado a electrodo de hidrógeno estándar (NHE) varió entre 264,0 mV a y 375,0 mV. En todas las estaciones de monitoreo, los valores de potencial de óxido-reducción estuvieron por aceptables según el límite referencial de aceptabilidad establecido en la Res. Ex. N°3612/2009 y sus modificaciones (Tabla 13, Figura 7).

Tabla 13. Resultados de las mediciones *in situ* realizadas en la red de estaciones de sedimentos submareales de Bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.

Estación	Temperatura (°C)	Potencial hidrógeno (pH)	Potencial óxido-reducción (mV Ag/AgCl)	Factor de corrección	Potencial óxido-reducción Eh (NHE)
S0	12,5	7,1	135	217	352
S1	12,8	7,1	145	217	362
S2	13,2	7,4	158	217	375
S3	12,8	7,1	68	217	285
S4	13,1	7,4	62	217	279
S5	13,2	7,7	47	217	264
S6	13,1	7,5	89	217	306
Min.	12,5	7,1	47	217	264
Max.	13,2	7,7	158	217	375
Promedio	13,0	7,3	101	217,0	318

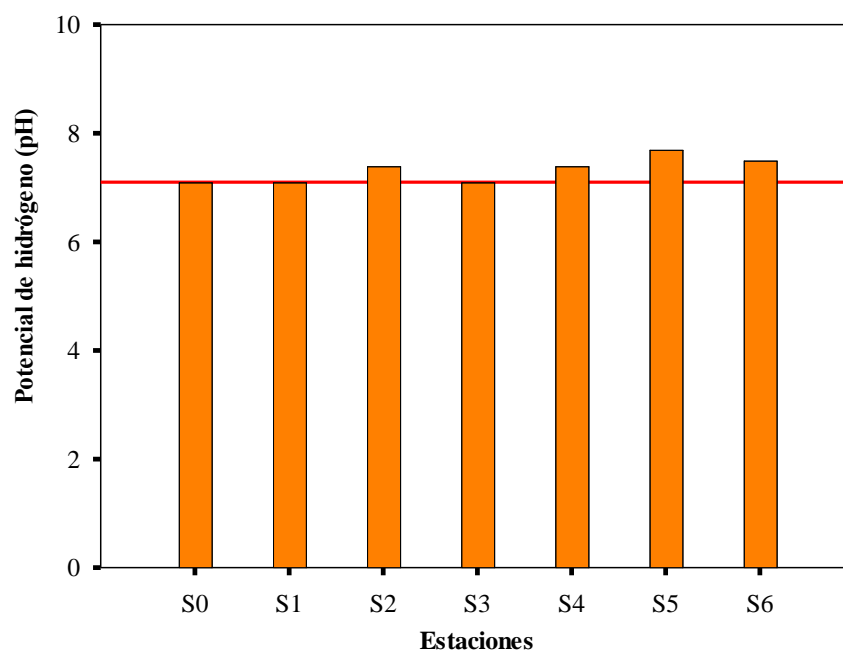


Figura 6. Gráficos de resultados *in situ* de potencial de hidrógeno de la red de estaciones de sedimentos submareales, Bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.

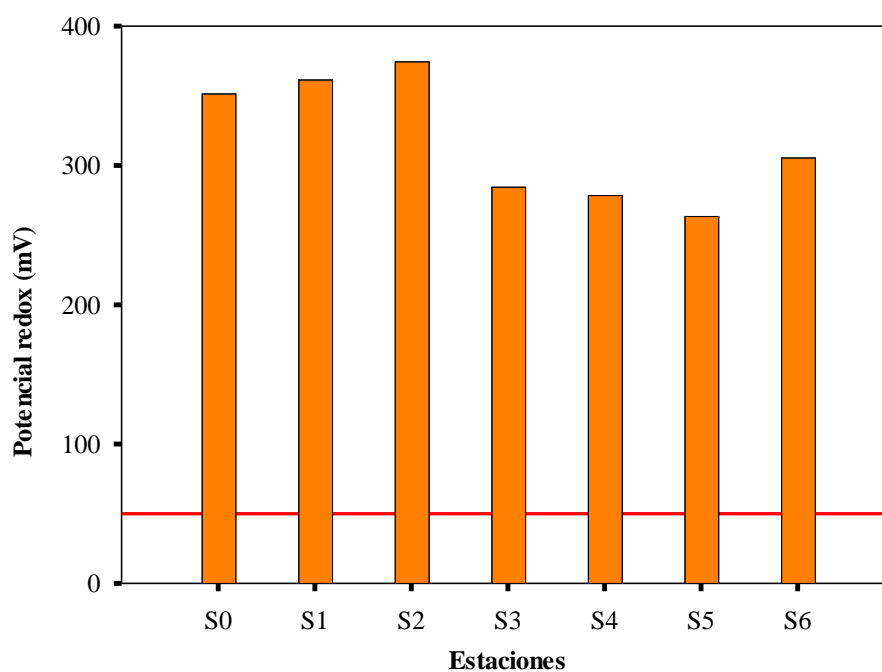


Figura 7. Gráficos de resultados *in situ* de potencial redox de la red de estaciones de sedimentos submareales, Bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.

4.1.6. Materia orgánica

Los contenidos de materia orgánica presente en los sedimentos bentónicos variaron en un 0,8 % entre concentraciones, comprendidas entre un 0,7% a 1,0% de contenido orgánico en la red de estaciones. En todas las estaciones de monitoreo, los valores de MOT estuvieron por aceptables según el límite referencial de aceptabilidad establecido en la Res. Ex. N°3612/2009 y sus modificaciones que considera un valor <9% (Tabla 14, Figura 8).

Tabla 14. Resultados de los análisis de materia orgánica realizadas en la red de estaciones de sedimentos submareales de Bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.

Estación	Masa sedimento seco (g)	Materia orgánica total (%)
S0	7,8	0,8
S1	7,8	0,8
S2	7,8	0,8
S3	8,0	0,7
S4	7,7	0,8
S5	7,8	0,8
S6	7,6	1,0
Min.	7,6	0,7
Max.	8,0	1,0
Promedio	7,8	0,8

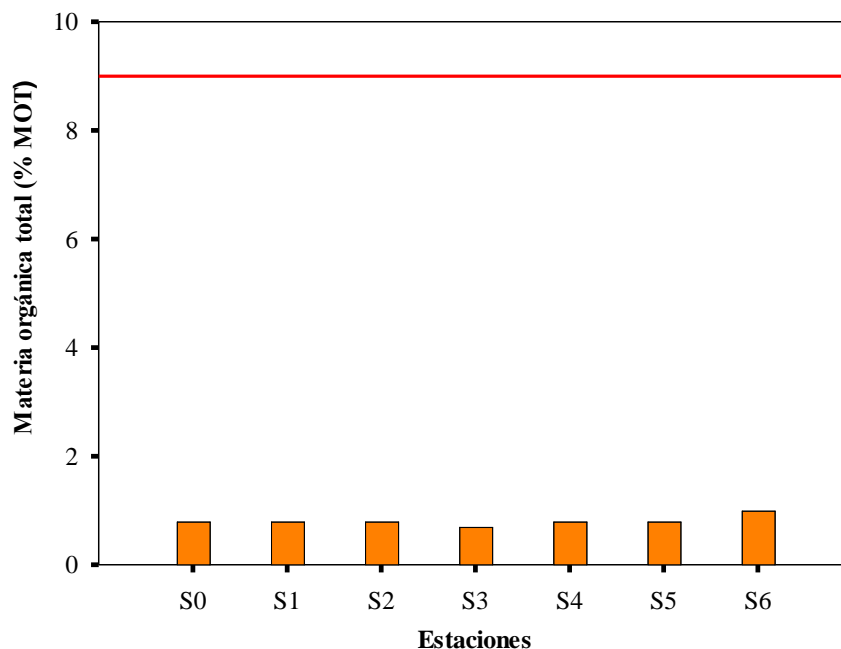


Figura 8. Gráficos de resultados de materia orgánica de la red de estaciones de sedimentos submareales de Bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.

4.1.7. Granulometría

Según Folk & Ward (1957), las fracciones sedimentarias más representativas en las estaciones de monitoreo fueron arena media (ϕ 2: S0, S1, S2, S3, S4 y S5) y arena muy fina (ϕ 4: S6). El grado de selección en el área de influencia tipificó de moderada seleccionado. La composición granulométrica de los sedimentos submareales estuvo definida principalmente por arenas (98,0%) y, en menor medida por las fracciones grava (0,2%) y fango (0,8%) respectivamente (Tabla 15; Figura 9 y 10).

Tabla 15. Resultados de abundancia (ind/m²) obtenidos a partir de la macrofauna bentónica de la red de estaciones de sedimentos submareales de Bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.

Fracción sedimentaria seca	Phi (ϕ)	Abertura del tamiz (mm)	Fracciones sedimentarias (%)						
			S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Grava	-1	> 2,000	0,32	0,04	0,07	0,12	0,14	0,36	0,02
Arena muy gruesa	0	1	0,47	0,90	0,63	0,89	0,54	0,71	0,20
Arena gruesa	1	0,5	16,53	23,97	17,72	18,12	16,35	16,87	2,93
Arena media	2	0,25	54,88	40,96	54,10	53,17	52,64	54,06	20,33
Arena fina	3	0,125	25,42	31,13	24,80	25,15	27,91	25,52	34,63
Arena muy fina	4	0,063	2,20	2,81	2,49	2,36	2,28	2,27	37,12
Fango	5	< 0,063	0,18	0,20	0,18	0,20	0,12	0,19	4,77
Grado de selección			MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS

Phi (ϕ): indica tamaño del clasto, expresado en mm, que caracteriza el tamaño de granos de una muestra de rocas; MS: Moderadamente seleccionado.

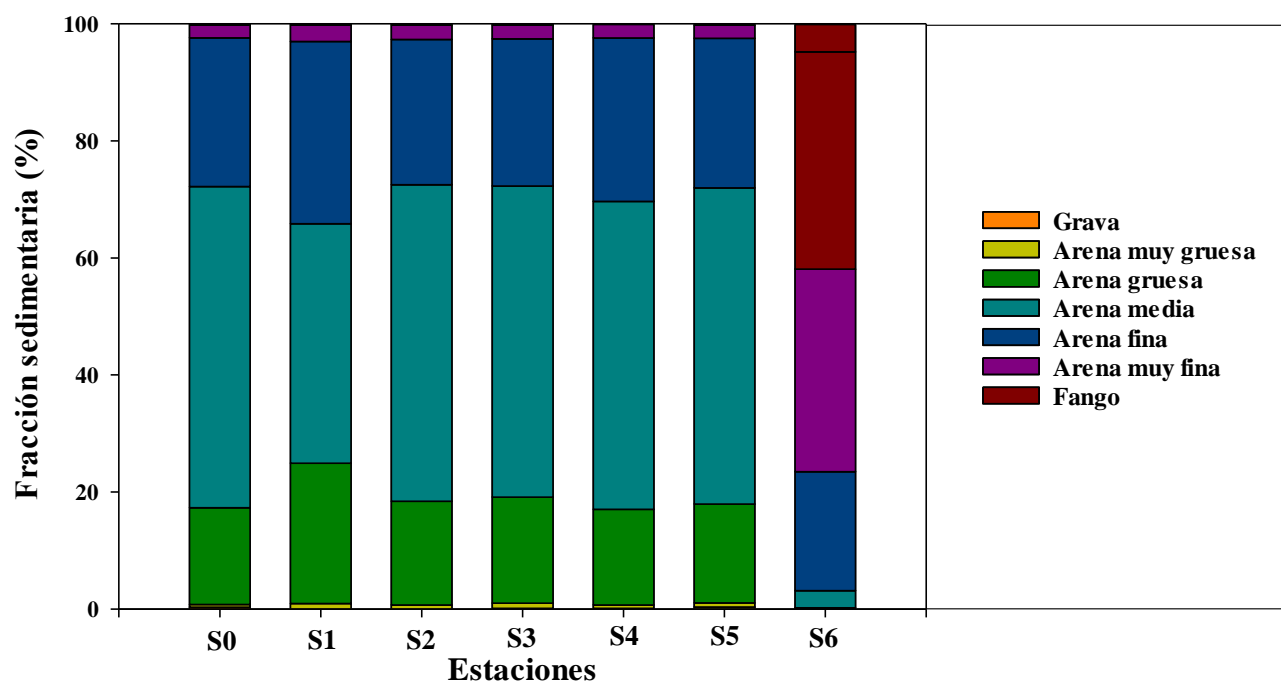


Figura 9. Composición granulométrica de la red de estaciones de sedimentos submareales de Bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.

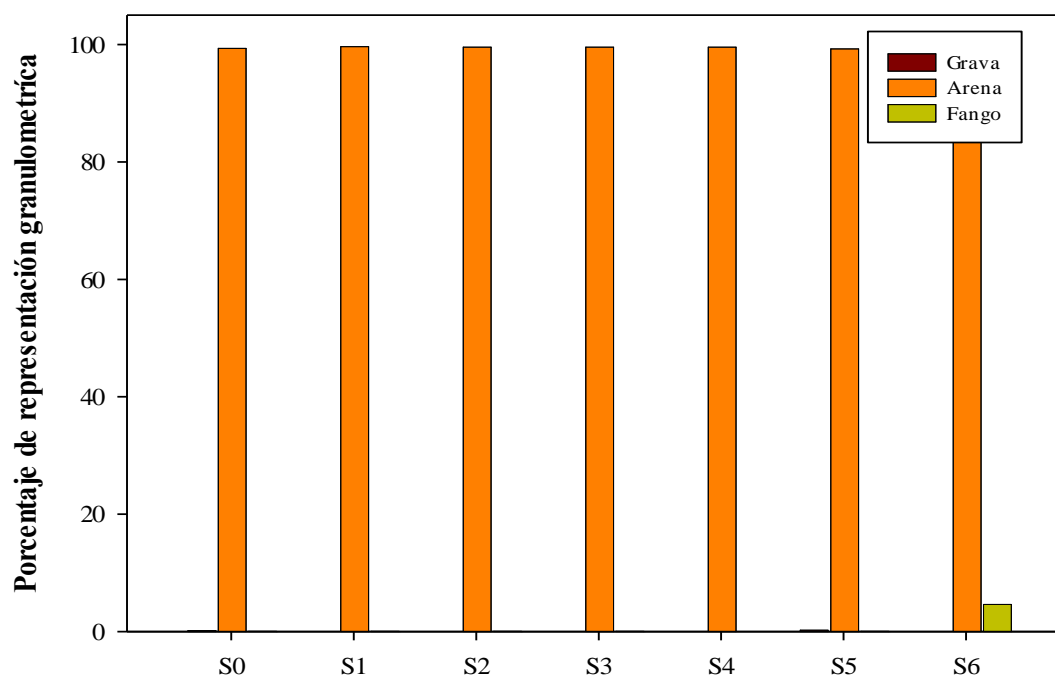


Figura 10. Gráficos de resultados de granulométrico de la red de estaciones de sedimentos submareales de Bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.

4.1.8. Macrofauna bentónica

La comunidad estuvo compuesta por los siguientes grupos faunísticos; Annelida (50,0%), Mollusca (44,0%) y Echinodermata (6,0%) (Figura 11 y 12), mientras que, a nivel de taxas la especie más abundante en la muestra fue de la familia Nephtyidae (Nephtyidae; *Aglaophamus* sp.) con un total de 140 ind/m², en tanto, a nivel de estación la misma especie fue mayormente encontrada en S1 con un valor de 140 ind/m².

Por otra parte, los índices comunitarios describen un total de 7 taxas, exhibiendo una comunidad de baja a moderada diversidad, baja a moderada dominancia de algún taxa por sobre los demás y con una abundancia distribuida de manera homogénea dentro de la población ($S = 1 - 3$ taxas; $H' = 0,64 - 0,77$; $J' = 0,65 - 0,96$) (Figura 13).

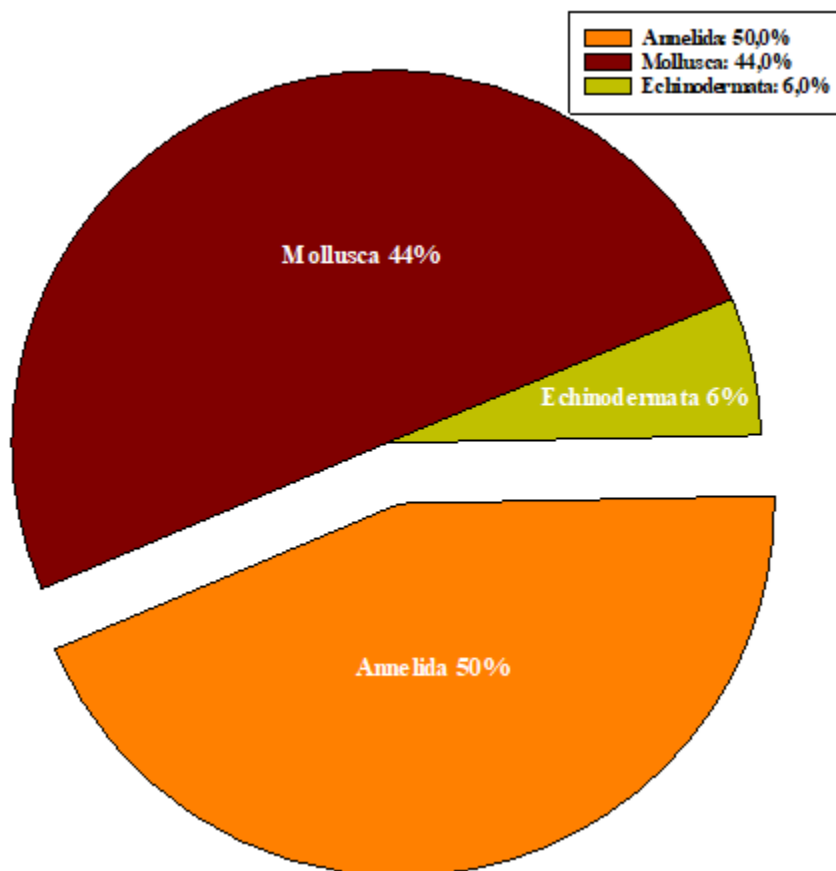


Figura 11. Gráficos de resultados de abundancia porcentual de los grupos faunísticos de la red de estaciones de sedimentos submareales de Bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.

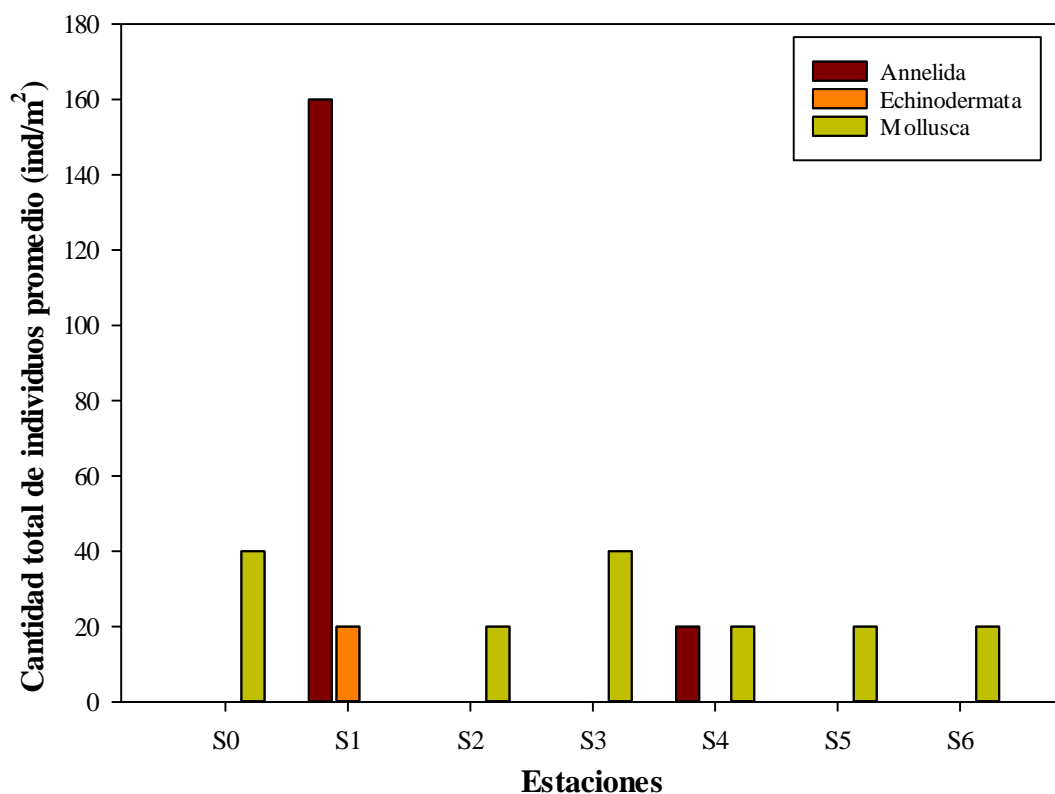


Figura 12. Gráficos de resultados de abundancia total de los grupos faunísticos de la red de estaciones de sedimentos submareales de Bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.

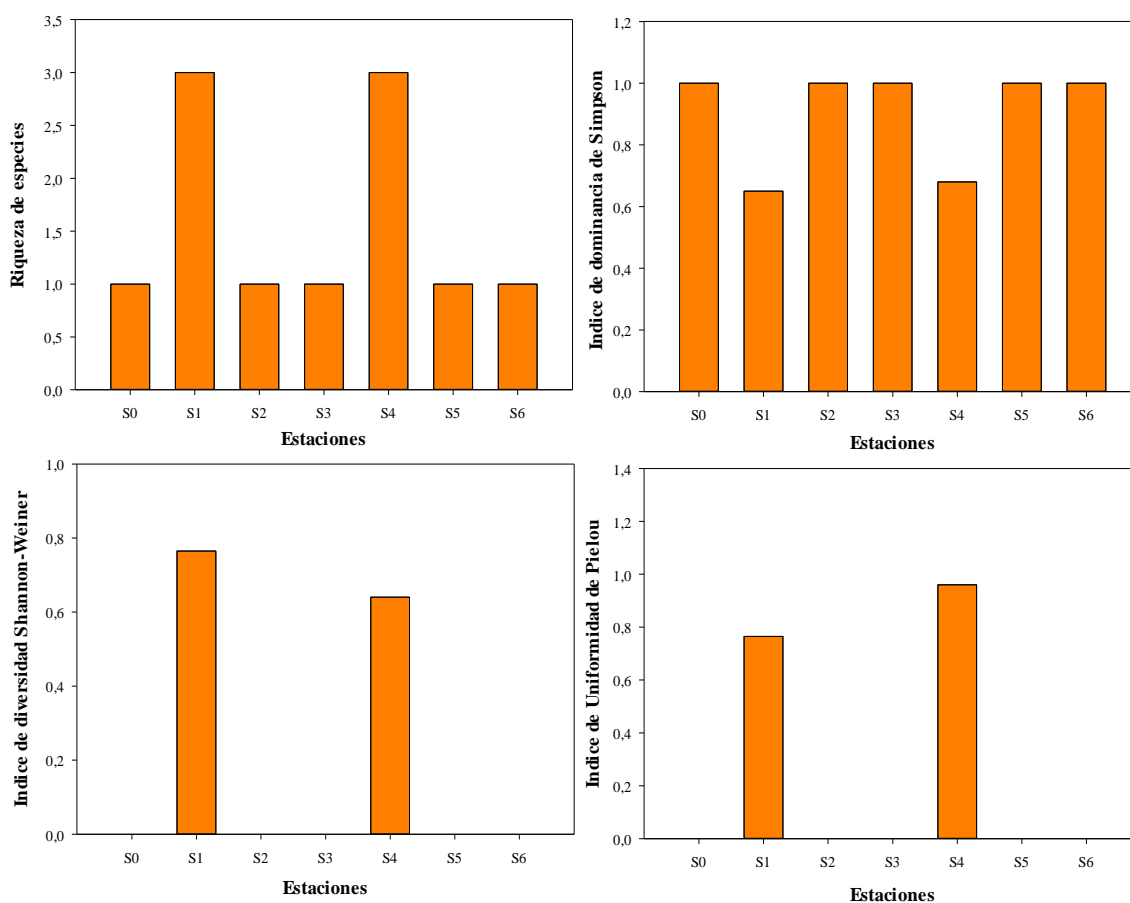


Figura 13. Gráficos de resultados de índices comunitarios de la red de estaciones de sedimentos submareales de Bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.

Tabla 16. Resultados del análisis textural de los sedimentos realizadas en la red de estaciones de sedimentos submareales de Bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.

Phylum/ Subphylum	Clase/Orden/Familia	Taxa menor	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Annelida	Cirratulidae	<i>Cirriiformia</i> sp.	0	20	0	0	20	0	0
Annelida	Nephtyidae	<i>Aglaophamus</i> sp.	0	140	0	0	0	0	0
Echinodermata	Holothuridea	Holothuridea indet.	0	20	0	0	0	0	0
Mollusca	Nassariidae	<i>Nassarius gayii</i>	0	0	0	0	20	0	0
Mollusca	Solecurtidae	<i>Tagelus dombeii</i>	0	0	0	0	0	20	0
Mollusca	Tegulidae	<i>Tegula atra</i>	0	0	0	0	20	0	0
Mollusca	Veneridae	<i>Ameghinomya antiqua</i>	40	0	20	40	0	0	20
Riqueza (N° de taxa)			1	3	1	1	3	1	1
Abundancia (ind./m ²)			40	180	20	40	120	20	20
Dominancia (λ)			1	0,65	1	1	0,68	1	1
Diversidad de Shannon-Wiener (H')			0	0,765	0	0	0,64	0	0
Uniformidad (J')			***	0,765	***	***	0,96	***	***

Tabla 17. Resultados de biomasa (g/m²) obtenidos a partir de la macrofauna bentónica de la red de estaciones de sedimentos submareales de Bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.

Phylum/ Subphylum	Clase/Orden/ Familia	Taxa menor	Estaciones						
			S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Annelida	Cirratulidae	<i>Cirriiformia</i> sp.		0,14					
Annelida	Nephtyidae	<i>Aglaophamus</i> sp.		2,36					
Echinodermata	Holothuridea	Holothuridea indet.		2					
Mollusca	Nassariidae	<i>Nassarius gayii</i>					9,8		
Mollusca	Solecurtidae	<i>Tagelus dombeii</i>						11,48	0
Mollusca	Tegulidae	<i>Tegula atra</i>					153,48	0	0
Mollusca	Veneridae	<i>Ameghinomya antiqua</i>	379,68		1387,6	79,1	1573,8	0	16,7

Las curvas ABC muestran en todas las estaciones un índice W positivo (Tabla 18), la abundancia se encuentra por debajo de la curva de biomasa, siendo esta condición indicadores de un sistema sin perturbación en la comunidad bentónica asociada a la descarga para las estaciones de monitoreo (Figura 14).

Tabla 18. Resultados del índice W para la macrofauna bentónica de la red de estaciones de sedimentos submareales de Bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.

Estación	Índice W
S0	---
S1	0,340
S2	---
S3	---
S4	0,318
S5	---
S6	---

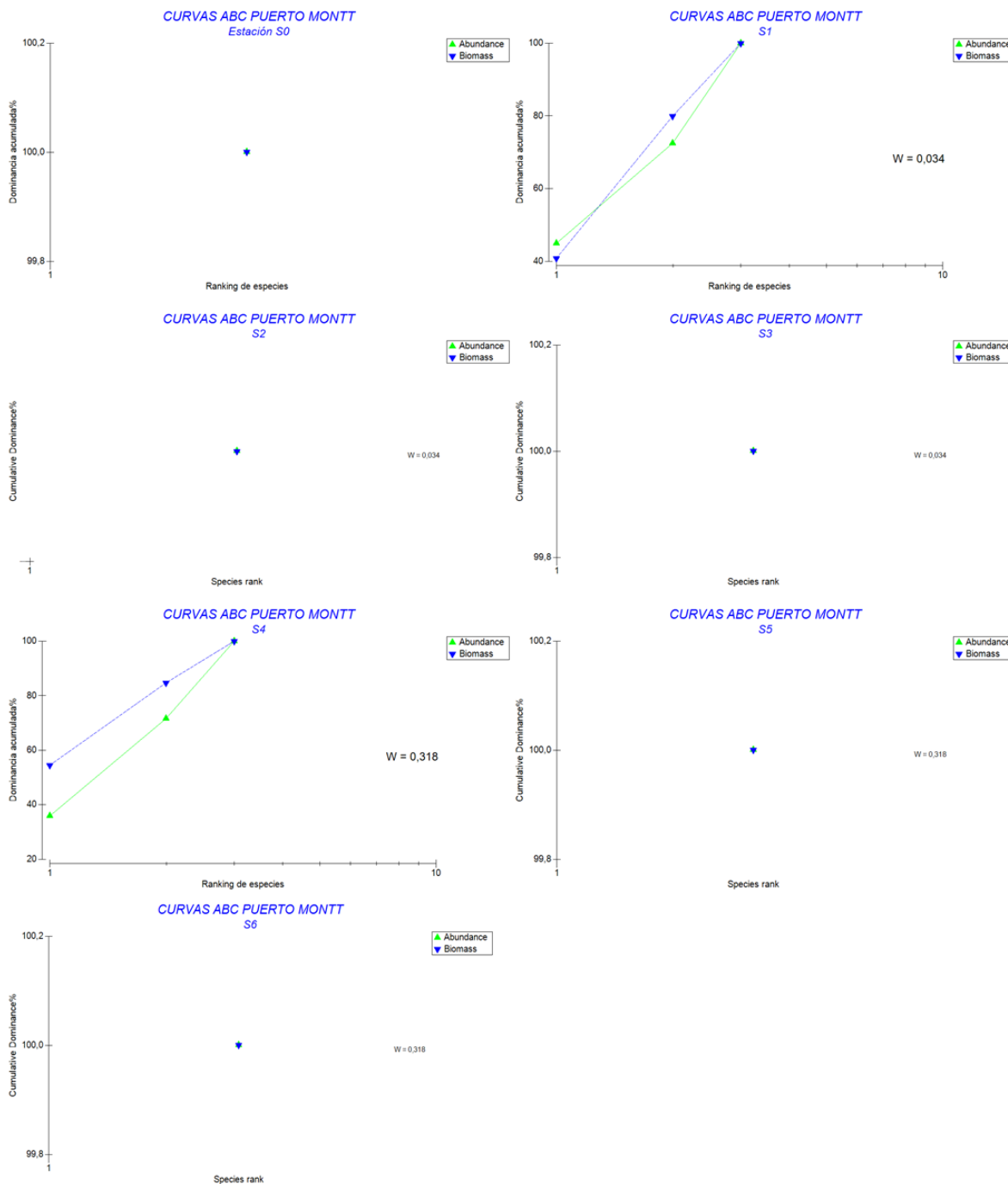


Figura 14. Comparación de abundancia y biomasa de la macrofauna asociada al fondo de estaciones de monitoreo.

El análisis de conglomerados Cluster muestra la conformación de tres grupos definidos por las estaciones S0 y S3 (100%), un segundo compuesto por S2 y S6 (100%) y finalmente un tercer agrupamiento dado entre las estaciones S1 y S5 (8%) (Figura 15). Por otra parte, el

análisis de escalamiento dimensional no métrico (n-MDS) muestra una tendencia similar a lo anteriormente descrita (Figura 16).

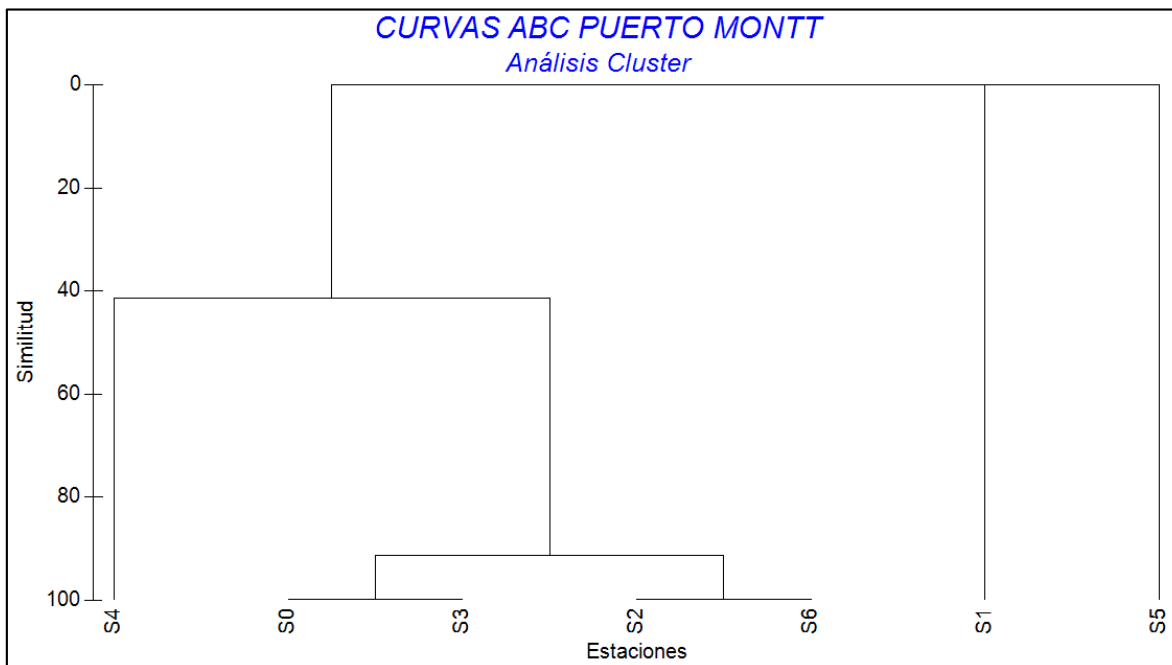


Figura 15. Análisis de clúster basado en matrices de similitud de Bray-Curtis (UPGMA) para las estaciones de monitoreo.

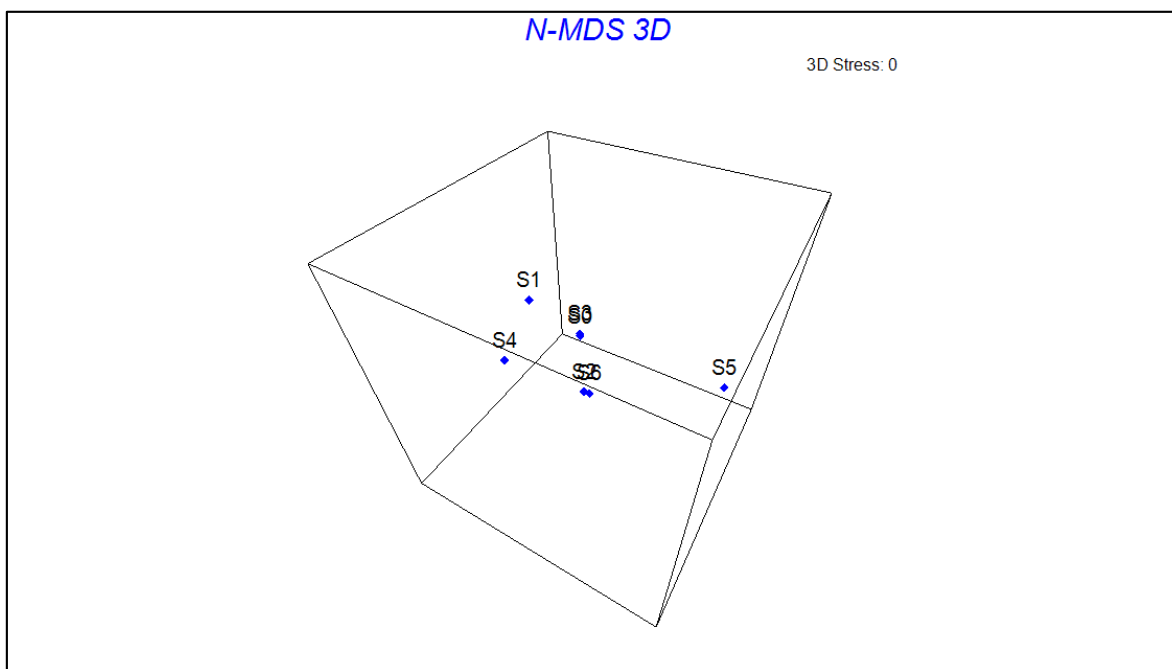


Figura 16. Análisis de ordenación comunitaria sobre matrices de similitud de Bray-Curtis para las estaciones de monitoreo.

5. DISCUSIÓN

La columna de agua describe un patrón de estratificación del oxígeno disuelto (4,1 - 9,7 mg/l) y temperatura (10,9 - 13,8°C) en los primeros 20 metros, para posteriormente ser homogénea a mayor profundidad, en tanto, la salinidad varió en 2,2 UPS, describiendo una baja influencia costera de la masa de agua del fiordo de Reloncaví y cursos adyacentes de agua dulce respecto a la influencia de la masa de agua ASAA (Agua Subantártica).

Por otra parte, los coliformes fecales (LD <2 NMP/100 ml), coliformes totales (LD < 1,8 NMP/100 ml a 27 NMP/100 ml), DBO₅ (LD <2 mg/l a 9 mg/l), sólidos sedimentables (LD < 5,0 a 14,0 mg/l), aceites y grasas (LD <1,00 mg/l) no fueron analíticamente detectables (LD) o apenas cuantificables, lo cual sería potenciado por las velocidades costeras encontradas en el estrato superficial (0,3-41,0 cm/s) favoreciendo la dilución del vertido.

Por su parte, las mediciones realizadas *in situ* muestran valores de pH (7,8-8,0 unidades), temperatura (13,0-13,8°C) y oxígeno disuelto (8,2 – 9,6 mg/l), acordes un cuerpo de agua aeróbico en el periodo de muestreo (estival) (Tabla 19).

Cabe destacar que, las concentraciones obtenidas están acorde a los registros previos para la zona, además, Amaya (2020) describe la estrecha correlación positiva reportada por entre el pH y el oxígeno disuelto para el Seno de Reloncaví. Esta autora sugiere que producto de la actividad biológica (fotosíntesis) se intercepta CO₂ y aumenta el pH y el oxígeno disuelto. A pesar de que estos valores corresponden a un muestreo puntual realizado en época de verano, es esperable que presenten gran variabilidad temporal debido a la gran dinámica reportada al interior del Seno Reloncaví, la cual es modulada principalmente por corrientes de marea (Cáceres et al. 2003; Cáceres y Valle-Levinson, 2010) y stress por viento (Amaya 2020; Pérez-Santos *et al.* 2019).

Tabla 19. Registros promedios históricos de parámetros de la columna de agua en la bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.

Campaña	Estación	Temperatura (°C)	Salinidad (UPS)	Oxígeno disuelto (mg/l)	Saturación oxígeno (%)
2018	A0	12	33,7	7	80,8
	A1-1	12	34,1	6	68,2
	A1-2	12	36,5	5,7	66,2
	A1-3	12,2	33,1	6,6	76,3
	A2-1	12	33	6	68,4
	A2-2	12,3	33,3	4,2	49
	A2-3	13,2	32,5	5	58
	A2-4	13,6	30,4	4,8	56
	A3-1	12,2	33,6	5,1	59
	A3-2	12,1	33,6	4,9	56,7
	A3-3	12,9	33	4,9	56,7
	A3-4	14,3	29,9	4,8	56
	A4-1	12,1	33,6	5,3	60,6
	A4-2	12,4	33,4	6,9	80
	A4-3	12,6	33,4	7,4	85,9
	A4-4	13,6	32,3	7,8	92,1
	A5-1	12,1	33,6	7,9	91,3
	A5-2	12,2	33,4	8,8	103
	A5-3	12,5	33,6	9,9	114,8
	A5-4	13,6	32,3	7,9	93,4
	A6-1	12	33,7	6,7	76,9
	A6-2	12,3	33,4	8,6	99,3
	A7	12	33,7	6	69,4
	A8	12,8	32	9,1	105,2
	A0	10,9	34,1	4,8	53,8
	A1-1	10,9	34,1	5	55,4
	A1-2	11	34	3,8	43,1
	A1-3	10,9	34,1	4,1	46,2
	A2-1	10,7	34,4	8,4	94,2
	A2-2	11	33,9	3,9	44
	A2-3	11	33,9	4,6	52,4
	A2-4	11,3	33,6	9,2	103,9
	A3-1	10,9	34	4,8	53,9
	A3-2	11	33,9	3,4	38,4
	A3-3	11,1	33,8	3,4	37,7
	A3-4	11,3	33,7	3,9	44

2019	1 ^{er} Semestre	A4-1	10,5	34	8,6	96,7
		A4-2	10,6	33,9	8,9	99,5
		A4-3	10,4	34,1	6,1	67,5
		A4-4	10,5	33,9	7,8	87,3
		A5-1	10,5	34	7,6	85,1
		A5-2	10,6	33,8	7	91,9
		A5-3	10,5	33,9	8,9	100,1
		A5-4	10,1	33,9	8,6	95,9
		A6-1	10,6	34	7	79
		A6-2	10,6	33,7	8,7	96,9
		A7	10,6	34	7	79
		A8	10,5	33,4	8,9	99,5
	2 ^{do} Semestre	A0	11,3	32,5	5,0	56
		A1-1	11,7	32,4	5,4	61
		A1-2	12,1	32,3	5,9	68
		A1-3	11,8	32,4	5,7	65
		A2-1	11,7	32,5	5,4	61
		A2-2	12,0	32,0	6,0	70
		A2-3	12,5	32,1	6,3	73
		A2-4	14,4	30,9	8,4	100
		A3-1	12,0	32,3	5,7	65
		A3-2	12,0	32,3	5,8	66
		A3-3	12,2	32,2	6,0	68
		A3-4	14,3	30,9	8,0	95
		A4-1	11,7	32,4	5,4	61
		A4-2	12,0	32,3	5,7	65
		A4-3	12,3	32,1	6,2	71
		A4-4	14,5	30,9	8,2	97
		A5-1	11,8	32,4	5,5	63
		A5-2	12,0	32,3	5,8	66
		A5-3	12,1	32,3	5,9	67
		A5-4	13,7	31,4	7,7	90
		A6-1	11,6	32,5	5,2	59
		A6-2	12,0	32,3	5,9	67
		A7	11,9	32,4	5,7	65
		A8	13,7	31,4	7,5	88
		A0	11,3	32,6	5	63
		A1-1	11,2	32,5	5,4	63
		A1-2	11,2	32,3	5,8	67

		A1-3	11,2	32,5	5,7	64
		A2-1	11,3	32,6	5,2	61
		A2-2	11,1	32,2	6,1	70
		A2-3	11,1	31,8	6,3	80
		A2-4	10,9	30,9	8,4	93
		A3-1	11,2	32,3	5,7	67
		A3-2	11,1	32,2	5,8	69
		A3-3	11,1	32,1	6	72
		A3-4	10,8	30,8	8	95
		A4-1	11,2	32,4	5,4	65
		A4-2	11,2	32,3	5,7	66
		A4-3	11,1	31,8	6,3	78
		A4-4	11	31,1	8,2	89
		A5-1	11,2	32,4	5,5	65
		A5-2	11,2	32,3	5,8	66
		A5-3	11,2	32,3	5,9	69
		A5-4	10,9	31,1	7,7	93
		A6-1	11,3	32,6	5,2	62
		A6-2	11,1	32,2	5,9	68
		A7	11,2	32,3	5,7	66
		A8	10,9	31	7,5	95
<hr/>						
		A0	11	32,6	4,5	50,4
		A1-1	11,1	32,4	5,2	60
		A1-2	11,2	32,4	5,5	64
		A1-3	11,1	32,4	5,3	60,4
		A2-1	11,4	32,6	5	57
		A2-2	11,5	32,3	5,7	59,3
		A2-3	11,7	32,1	8	60,2
		A2-4	12,4	32,2	8,1	90
		A3-1	11,6	32,5	5,2	58,4
		A3-2	11,7	32,5	5,4	61,2
		A3-3	12	32,5	6	68,5
		A3-4	12,2	32,2	8,2	90,6
		A4-1	11,5	32,6	5,2	58,3
		A4-2	11,6	32,5	5,3	59,7
		A4-3	11,8	32,5	6,3	73,2
		A4-4	12,7	32,2	8,2	79,6
		A5-1	11,5	32,5	5,2	58,6
		A5-2	11,7	32,5	5,7	64,8
<hr/>						
2020	1 ^{er} Semestre					

A5-3	11,6	32,5	5,8	66
A5-4	11,9	32,4	7,9	92,5
A6-1	11,4	32,6	5,2	59,1
A6-2	11,8	32,5	5,8	63,8
A7	11,6	32,4	7,3	64,5
A8	12,4	32,2	8,1	75,8

En cuanto a los parámetros medidos en las estaciones como fosfato, coliformes fecales y totales, aceites y grasas, presentaron valores bajo el límite de detección analítica, mientras que para los demás parámetros (i.e. nitrito, nitrato, nitrógeno Kjeldahl, DBO₅, sólidos suspendidos totales se encuentran en bajas concentraciones. Asimismo, los parámetros medidos para el efluente como potencial de hidrógeno, aceites y grasas, sólidos suspendidos totales y cobre se encuentran por debajo de los valores establecidos por el D.S. N° 90/2000, los demás parámetros no presentan límite para esta normativa, sin embargo, se encuentran en bajas concentraciones (Tabla 20).

Tabla 20. Registros promedios históricos de parámetros del cuerpo receptor en tres estratos superficie, medio y fondo de la columna de agua en la bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.

Campaña	Estación	Estrato	Nitrógeno Total (mg/l)	Coliformes fecales (NMP/100ml)	Coliformes totales (NMP/100ml)	DBO ₅ (mg/l)	Aceites y grasas (mg/l)	Sólidos suspendidos totales (mg/l)	Fosfato (mg/l)
2018	1 ^{er} semestre	A0 SUP	0,7	4,5	7,8	4,2	<10	317	<0,2
		A0 MED	1,1	220	490	5,4	<10	510	<0,2
		A0 FOND	1	130	230	4,6	<10	552	<0,2
	A1	SUP	0,6	513,3	23,5	3,8	<10	12	<0,2
		MED	0,867	2633,3	2100	4,5	<10	12	<0,2
		FOND	0,867	213	32	3,8	<10	12,3	<0,2
	A2	SUP	0,6	67,2	143,3	4,1	<10	13,3	<0,2
		MED	0,7	1104,3	794,5	4,5	<10	14	<0,2
		FOND	0,767	54,2	73348	4,6	<10	12,3	<0,2
	A3	SUP	0,625	40,5	113	4	<10	12,3	<0,2
		MED	0,767	1100	569,3	3,8	<10	12	<0,2
		FOND	0,9	45,5	1636,3	4,4	<10	12	<0,2
	A4	SUP	0,735	--	2	4,4	<10	93,3	<0,2
		MED	0,867	189,5	72	3,4	<10	59	<0,2
		FOND	0,877	71,9	16,7	4,4	<10	43	<0,2
	A5	SUP	0,72	2	4,5	5,8	<10	181,8	<0,2
		MED	0,893	269,5	240,7	4,3	<10	152	<0,2

2019	2º semestre	A6	FOND	0,91	72,3	2533444,8	5,5	<10	172,7	<0,2
			SUP	0,685	--	110	4,1	<10	12	<0,2
			MED	0,835	19,3	118,9	3,8	<10	12,5	<0,2
		A7	FOND	0,86	17	21	3,9	<10	12,5	<0,2
			SUP	0,71	79	230	4,3	<10	12	<0,2
			MED	0,92	4	130	5,1	<10	12	<0,2
		A8	FOND	0,84	79	230	3,8	<10	12	<0,2
			SUP	0,64	4,5	9,3	4,3	<10	11	<0,2
		A0	SUP	0,8	330	1700	24	<10	26	<0,2
			MED	0,8	1300	3300	33	<10	30	<0,2
			FOND	0,8	140	490	23	<10	30	<0,2
		A1	SUP	0,9	45	183	21,3	<10	29,7	<0,2
			MED	0,8	55,3	190	22,7	<10	28,7	<0,2
			FOND	0,833	72,3	16480	21	<10	31	<0,2
		A2	SUP	0,8	209,2	13544,8	27,5	<10	25	<0,2
			MED	0,767	190,3	1912	27,3	<10	20	<0,2
			FOND	0,767	96	2806,7	27	<10	26,3	<0,2
		A3	SUP	0,8	113,8	770	21,5	<10	30,3	<0,2
			MED	0,767	443	2233,3	16,7	<10	33,3	<0,2
			FOND	0,8	993,3	2633,3	24	<10	36,3	<0,2
		A4	SUP	0,9	79,9	97,6	24,3	<10	27	<0,2
			MED	0,8	451,9	880,3	27,3	<10	20	<0,2
			FOND	0,867	17,7	47,3	23,3	<10	24,7	<0,2
		A5	SUP	0,825	3,3	24,4	26	<10	24	<0,2
			MED	0,833	12,3	24,3	26,7	<10	25,3	<0,2
			FOND	0,833	2	15,7	24	<10	28,7	<0,2
		A6	SUP	0,85	131,5	250	26	<10	21	<0,2
			MED	0,9	139,5	275	25	<10	18,5	<0,2
			FOND	0,8	22	230	25	<10	15,5	<0,2
		A7	SUP	0,9	49	94	18	<10	34	<0,2
			MED	0,9	790	1300	25	<10	25	<0,2
			FOND	0,9	49	79	27	<10	14	<0,2
		A8	SUP	0,8	33	79	21	<10	17	<0,2
2019	1º semestre	A0	SUP	1,6	<1,8	<1,8	<2	<1,0	<5,0	<0,01
			MED	1,48	<1,8	<1,8	<2	<1,0	<5,0	<0,01
			FOND	1,55	<1,8	<1,8	<2	<1,0	<5,0	<0,01
		A1	SUP	1,6	<1,8	<1,8	<2	<1,0	<5,0	<0,01
			MED	1,58	<1,8	<1,8	<2	<1,0	<5,0	<0,01
			FOND	1,65	<1,8	<1,8	<2	<1,0	<5,0	<0,01
		A2	SUP	1,61	<1,8	<1,8	<2	<1,0	<5,0	<0,01
			MED	1,7	<1,8	<1,8	<2	<1,0	<5,0	<0,01

2 ^{do} semestre	A3	FOND	1,77	<1,8	<1,8	<2	<1,0	<5,0	0,01
		SUP	1,67	<1,8	<1,8	<2	<1,0	<5,0	<0,01
		MED	1,61	<1,8	<1,8	<2	<1,0	<5,0	<0,01
	A4	FOND	1,72	<1,8	<1,8	<2	<1,0	<5,0	0,025
		SUP	1,61	<1,8	<1,8	<2	<1,0	<5,0	0,0185
		MED	1,62	<1,8	<1,8	<2	<1,0	<5,0	<0,01
	A5	FOND	1,62	<1,8	<1,8	<2	<1,0	<5,0	0,011
		SUP	1,79	<1,8	<1,8	<2	<1,0	<5,0	<0,01
		MED	1,79	<1,8	<1,8	<2	<1,0	<5,0	<0,01
	A6	FOND	1,69	<1,8	<1,8	<2	<1,0	<5,0	0,025
		SUP	1,65	<1,8	<1,8	<2	<1,0	<5,0	<0,01
		MED	1,56	<1,8	<1,8	<2	<1,0	<5,0	<0,01
	A7	FOND	1,53	<1,8	<1,8	<2	<1,0	<5,0	<0,01
		SUP	1,59	<1,8	<1,8	<2	<1,0	<5,0	<0,01
		MED	1,64	<1,8	<1,8	<2	<1,0	<5,0	<0,01
	A8	FOND	1,62	<1,8	<1,8	<2	<1,0	<5,0	<0,01
		SUP	1,46	<1,8	<1,8	<2	<1,0	<5,0	<0,01
	A0	SUP	1,16	<1,8	11	<2	<1,0	7	<0,02
		MED	1,61	<1,8	<1,8	<2	<1,0	<5,0	<0,02
		FOND	1,09	4	17	<2	<1,0	6	<0,02
	A1	SUP	2,96	11	17	<2	<1,0	6,7	<0,02
		MED	1,26	6,8	15,5	<2	<1,0	7,5	<0,02
		FOND	1,34	6,8	11	<2	<1,0	13,5	<0,02
	A2	SUP	1,09	<1,8	<1,8	<2	<1,0	8	<0,02
		MED	1,4	3,3	8,9	<2	<1,0	6,5	<0,02
		FOND	1,1	11	22	<2	<1,0	7,7	<0,02
	A3	SUP	0,81	<1,8	<1,8	<2	<1,0	7,8	<0,02
		MED	0,81	<1,8	27	<2	<1,0	8,7	<0,02
		FOND	1,03	<1,8	<1,8	<2	<1,0	9	<0,02
	A4	SUP	1,17	<1,8	<1,8	<2	<1,0	6,5	<0,02
		MED	1,45	<1,8	11	<2	<1,0	8,5	<0,02
		FOND	1,03	<1,8	<1,8	<2	<1,0	10	<0,02
	A5	SUP	1,36	4	17	<2	<1,0	9	<0,02
		MED	1,49	<1,8	<1,8	<2	<1,0	6	<0,02
		FOND	1,12	4	11	<2	<1,0	8,5	<0,02
	A6	SUP	1,42	<1,8	<1,8	<2	<1,0	7	<0,02
		MED	1,04	<1,8	<1,8	<2	<1,0	8,5	<0,02
		FOND	1,14	2	6,8	<2	<1,0	60	<0,02
	A7	SUP	1,22	<1,8	<1,8	<2	<1,0	<5,0	<0,02
		MED	1,76	<1,8	<1,8	<2	<1,0	<5,0	<0,02
		FOND	1,24	<1,8	<1,8	<2	<1,0	<5,0	<0,02

		A8	SUP	1,26	<1,8	2	<2	<1,0	<5,0	<0,02
2020	1 ^{er} semestre		SUP	1,11	<2,0	<1,8	4	<1,0	<5,0	<1,0
		A0	MED	0,914	<2,0	<1,8	4	<1,0	<5,0	<1,0
			FOND	1,1	<2,0	<1,8	4	<1,0	<5,0	<1,0
			SUP	1,17	<2,0	<1,8	3	<1,0	<5,0	<1,0
		A1	MED	1,17	<2,0	<1,8	3	<1,0	<5,0	<1,0
			FOND	1,38	<2,0	<1,8	3	<1,0	<5,0	<1,0
			SUP	1,11	<2,0	<1,8	3	<1,0	<5,0	<1,0
		A2	MED	1,1	<2,0	<1,8	3	<1,0	<5,0	<1,0
			FOND	1,3	<2,0	<1,8	3	<1,0	<5,0	<1,0
			SUP	0,963	<2,0	<1,8	--	<1,0	<5,0	<1,0
		A3	MED	1,12	<2,0	<1,8	3	<1,0	<5,0	<1,0
			FOND	1,07	<2,0	<1,8	3	<1,0	<5,0	<1,0
			SUP	0,843	<2,0	<1,8	--	<1,0	<5,0	<1,0
		A4	MED	0,864	<2,0	<1,8	3	<1,0	<5,0	<1,0
			FOND	0,996	<2,0	<1,8	3	<1,0	<5,0	<1,0
			SUP	1,17	<2,0	<1,8	7	<1,0	<5,0	<1,0
		A5	MED	1,4	<2,0	<1,8	7	<1,0	<5,0	<1,0
			FOND	1,29	<2,0	<1,8	6	<1,0	<5,0	<1,0
			SUP	1,2	<2,0	<1,8	--	<1,0	<5,0	<1,0
		A6	MED	1,49	<2,0	<1,8	--	<1,0	<5,0	<1,0
			FOND	1,5	<2,0	<1,8	--	<1,0	<5,0	<1,0
			SUP	1,36	<2,0	<1,8	<2	<1,0	<5,0	<1,0
		A7	MED	1,85	<2,0	<1,8	<2	<1,0	<5,0	<1,0
			FOND	1,64	<2,0	<1,8	7	<1,0	<5,0	<1,0
		A8	SUP	1,95	<2,0	<1,8	6	<1,0	<5,0	<1,0

Respecto a los sedimentos, a la matriz describió mediciones de pH (7,1 a 7,7 unidades) y potencial oxido-reducción (264 a 375 mV) compatibles con un sedimento oxidante, de bajo contenido de materia orgánica (0,7%-1,0%) en base a los máximos de referencia establecidos en Res. Exe. 3612/09 y sus modificaciones (≤ 7.1 unidades; ≤ 50 mV; $\leq 9\%$ respectivamente), coherente con matriz sedimentaria conformada por un alto porcentaje de arenas (98%) y bajos porcentajes de fango (0,8%) (Tabla 21 y 22).

Tabla 21. Registros promedios históricos de parámetros *in situ* de los sedimentos submareales en la bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.

Parámetros	2018													
	1 ^{er} Semestre							2 ^{do} semestre						
	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Temperatura (°C)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Potencial de hidrógeno (pH)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Potencial redox	588	537	454	394	379	415	427	-193	-101	-81	-5	121	296	105

Parámetros	2019													
	1 ^{er} Semestre							2 ^{do} semestre						
	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Temperatura (°C)	12,2	12,0	12,1	11,6	12,1	12,0	11,2	13,2	13,1	13,1	12,9	13,1	12,0	12,8
Potencial de hidrógeno (pH)	7,1	6,6	7,4	6,8	7,5	6,9	7,0	7,1	7,0	7,3	6,9	7,2	7,0	7,1
Potencial redox	162	376	364	249	272	235	315	157	357	368	252	277	241	317

Parámetros	2020						
	1 ^{er} Semestre						
	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Temperatura (°C)	12,5	12,8	13,2	12,8	13,1	13,2	13,1
Potencial de hidrógeno (pH)	7,1	7,1	7,4	7,1	7,4	7,7	7,5
Potencial redox	352	362	375	285	279	264	306

Los datos obtenidos son similares a los reportados en periodo estival durante los años 2015, 2016 y 2017 para la estación “Centro Bahía” (672538.88 E; 5405524.75 N) del Programa de Observación del Ambiente Litoral (por sus siglas P.O.A.L) (Tabla 23).

Tabla 22. Registros promedios históricos de parámetros asociados al MOT de los sedimentos submareales en la bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.

Materia orgánica (%)	2018													
	1 ^{er} Semestre							2 ^{do} Semestre						
	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6
MOT	1,8	1,3	0,9	2,4	1,1	1,0	2,2	3,7	1,2	0,9	2,1	0,1	0,1	0,1

Materia orgánica (%)	2019													
	1 ^{er} Semestre							2 ^{do} Semestre						
	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6
MOT	1,23	1,48	1,94	1,84	1,23	1,39	1,3	0,82	1,2	1	1,09	0,85	1,19	1,03

Materia orgánica (%)	2020						
	1 ^{er} Semestre						
	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6
MOT	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	1,0

Tabla 23. Registros promedios históricos de parámetros asociados a la fracción sedimentaria de los sedimentos submareales en la bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.

Fracción sedimentaria	2018													
	1 ^{er} Semestre							2 ^{do} semestre						
	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Grava	0.49	0.40	0.01	0.003	0.00	0.03	0.04	1.67	3.83	0.00	0.02	0.01	0.04	0.00
Arena	41,97	59,23	60,7	26,29	64,61	67,32	27,59	61,54	70,03	63,63	32,44	79,19	92,68	89,89
Fango	57.54	40.36	39.30	73.70	35.38	32.64	72.36	36.8	26.2	36.4	67.5	20.8	7.3	10.1

Fracción sedimentaria	2019													
	1 ^{er} Semestre							2 ^{do} semestre						
	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Grava	22,1	0,1	0,1	1,7	1,3	0,7	0,6	0	0,4	0	0	0	0,1	0
Arena	74.3	93.6	82.2	87.5	93.0	93.1	92.6	94,1	97,3	94,5	98	94,5	95,7	94,2
Fango	3.6	6.1	17.5	10.8	5.7	6.2	6.9	6	2,3	5,5	2	5,5	4,2	5,8

Fracción sedimentaria	2020						
	1 ^{er} Semestre						
	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Grava	0,32	0,04	0,07	0,12	0,14	0,36	0,02
Arena	99,5	99,77	99,74	99,69	99,72	99,43	95,21
Fango	0,18	0,2	0,18	0,2	0,12	0,19	4,77

Por otra parte, el análisis faunístico reveló la presencia de 7 taxas identificables. La mayor abundancia se encontró de la especie *Aglaophamus* sp. (Nephtyidae; Annelida), por otro lado, se registraron dos especies (Cirratulidae y Nassariidae) que han sido descritas como bioindicadores de polución orgánica, no obstante, su baja abundancia y contenido orgánico del sedimento no establecerían esta condición (0-20; 0-20 ind/m² respectivamente) (Tabla 24)

Tabla 24. Registros promedios históricos de parámetros comunitarios de los sedimentos submareales en la bahía Puerto Montt, Décima región de Los Lagos.

Parámetros comunitarios	2018													
	1 ^{er} Semestre							2 ^{do} Semestre						
	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Riqueza (N° de taxa)	9	16	20	11	15	19	15	4	5	6	3	5	21	6
Abundancia (ind./m ²)	3610	1080	550	510	530	770	750	8	10	13	6	10	8	13
Dominancia (λ)	0,42	0,27	0,08	0,24	0,12	0,10	0,38	0,29	0,21	0,16	0,37	0,23	0,46	0,16
Diversidad de Shannon-Wiener (H')	1,54	2,70	3,97	2,60	3,38	3,70	2,32	1,83	2,32	2,63	1,52	2,23	1,63	2,64
Uniformidad (J')	0,49	0,68	0,92	0,75	0,87	0,87	0,59	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00	0,67	0,99

Parámetros comunitarios	2019													
	1 ^{er} Semestre							2 ^{do} Semestre						
	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Riqueza (N° de taxa)	2	4	2	5	2	2	4	3	3	5	5	3	4	8
Abundancia (ind./m ²)	120	80	60	180	100	140	330	80	100	220	220	60	100	540
Dominancia (λ)	0,56	0,25	0,56	0,28	0,68	0,51	0,25	0,38	0,44	0,26	0,29	0,33	0,28	0,32
Diversidad de Shannon-Wiener (H')	0,92	2,0	0,92	2,06	0,72	0,99	2,0	1,5	1,37	2,12	2,04	1,59	1,92	2,18
Uniformidad (J')	0,92	1,0	0,92	0,89	0,72	0,99	1,0	0,95	0,87	0,91	0,88	1	0,96	0,72

Parámetros comunitarios	2020						
	1 ^{er} Semestre						
	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Riqueza (N° de taxa)	1	3	1	1	3	1	1
Abundancia (ind./m ²)	40	180	20	40	120	20	20
Dominancia (λ)	1	0,65	1	1	0,68	1	1
Diversidad de Shannon-Wiener (H')	0	0,765	0	0	0,64	0	0
Uniformidad (J')	***	0,765	***	***	0,96	***	***

6. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos correspondiente al primer semestre 2020, se puede indicar que:

- Los parámetros fosfato, coliformes fecales, coliformes totales y aceites y grasas, obtuvieron concentraciones no cuantificables por el método analítico, en contraste, el nitrito, nitrato, nitrógeno Kjeldahl, nitrógeno total, DBO₅, conductividad, potencial de hidrógeno, temperatura y oxígeno disuelto *in situ* fueron cuantificados en bajas concentraciones u obteniendo mediciones coherentes a una matriz marina y datos reportados por estudios científicos.
- La descarga de la planta de tratamiento muestra valores bajo el límite indicado por la normativa ambiental indicada en la Tabla N°5 del D.S. N°90/00.
- La columna de agua describió adecuados niveles de oxígeno disuelto, atribuible a una matriz aeróbica y temperaturas fuertemente estratificadas en los primeros 20 metros, exhibiendo salinidades homogéneas de baja influencia de masas de agua mixta (ASAA-Agua dulce).
- Las corrientes describieron mayores velocidades a nivel superficial en dirección Norte y Noroeste.
- Por su parte, los sedimentos describieron mediciones de pH y potencial oxido reducción, bajo contenido orgánico atribuible a un sedimento aeróbico oxidante compuesto por arenas y de bajo contenido de fango.
- El análisis faunístico describió mayor abundancia de la especie *Aglaophamus* sp. (Nephtyidae; Annelida), y dos especies (Cirratulidae y Nassariidae) descritas como bioindicadores de polución orgánica, no obstante, su baja abundancia y contenido orgánico del sedimento no establecerían esta condición (0-20; 0-20 ind/m² respectivamente).
- En base a lo anterior, se concluye que el proyecto “Sistema de Tratamiento Integral de las Aguas Servidas de Puerto Montt, Primera parte” (RCA N°1223/2001) y “Sistema de Tratamiento Integral de las Aguas Servidas de Puerto Montt, Segunda parte” (RCA N°1119/2002), no han afectado la calidad del agua y sedimentos, dando cumplimiento al seguimiento ambiental establecidos en dichas RCA’s.

7. REFERENCIAS

- Amaya C. (2020) Variabilidad temporal de la capa estuarina del Seno de Reloncaví y su impacto en la mezcla vertical. Tesis de pregrado para optar al título de Geofísico. Universidad de Concepción, Concepción, Chile. 84 pp.
- Cáceres, M., Valle-Levinson, A., Atkinson, L., 2003. Observations of cross-channel structure of flow in an energetic tidal channel. J. Geophys. Res. 108, 3114.
- Cáceres, M., Valle-Levinson, A., 2010. Variabilidad transversal del flujo y salinidad en Paso Nao. Cienc. Tecnol. Mar. 33, 45-58.
- Cañete, J. I., Leighton, G. L. & Soto, E. H., 2000. Proposición de un índice de vigilancia ambiental basado en la variabilidad temporal de la abundancia de dos especies de poliquetos bentónicos de bahía Quintero, Chile. Revista de Biología Marina y Oceanografía 35(2): 185-194.
- Directemar. 2015, 2016 y 2017. Programa de Observación Ambiental Litoral (P.O.A.L). Dirección General de Territorio Marítimo y Marima Mercante.
- NCh N°1333. Of78. Norma de requisitos de calidad de agua para diferentes usos. 15 pp.
- Resolución exenta N° 3612. 2009. Aprueba resolución que fija las metodologías para la elaborar la caracterización preliminar del sitio (CPS) y la información ambiental (INFA). Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción (MINECOM).
- Pérez-Santos I, Díaz P.A., Silva N, Altamirano R, Henríquez C, Montero P, Amaya C, Almendra I, Rodríguez J. Serie de tiempo oceanográfica del Seno Reloncaví: Entendiendo las interacciones océano-estuario-atmósfera. XXXIX Congreso de Ciencias del Mar, 27-31 mayo 2019, Iquique, Chile.



8. ANEXOS

8.1. Permisos



8.2. Acreditaciones



8.3. Informes de Laboratorio



8.4. Participantes