ESTUDIO MEDIO BIÓTICO

LIMNOLOGÍA

PROYECTO “PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS PUERTO MONTT”

NOVIEMBRE 2026

ÍNDICE DE CONTENIDO

1 Introducción....10
2 Objetivos....12
2.1 Objetivo General....12
2.2 Objetivos específicos....12
3 Área de estudio....13
3.1 Área de Intervención....13
3.2 Área de Influencia....15
4 Metodología....17
4.1 Estaciones y áreas de muestreo....17
4.2 Revisión Bibliográfica....19
4.3 Periodo de Muestreo....19
4.4 Descripción General de los Componentes Estudiados....25
4.4.1 Calidad de Agua del Cuerpo Receptor....25
4.4.2 Caracterización Morfológica del Cauce....29
4.4.3 Caracterización Sedimentológica....31
4.5 Fauna Acuática....32
4.5.1 Comunidades Bentónicas....32
4.5.2 Comunidades Ícticas....37
4.5.3 Materiales y Equipos utilizados....44
5 Resultados....45
5.1 Características Morfológicas del Cauce....45
5.1.1 Campaña invierno – 6 septiembre 2023....45
5.1.2 Campaña primavera – 15 noviembre 2023....46

5.1.3 Campaña otoño – 7 mayo 2026 50
5.2 Calidad de Agua 54
5.2.1 Parámetros Medidos *in situ* 54
5.2.2 Parámetros medidos en laboratorio 66
5.3 Fauna Acuática 72
5.4.1 Comunidades bentónicas 72
5.4.2 Fauna Íctica 89
6 Discusión y Conclusiones 97
7 Bibliografía 102
8 Anexos 105
8.1 Permiso de Pesca de Investigación 105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3-1: Ubicación del proyecto a nivel regional y comunal. 13
Figura 3-2: Ubicación general del área del proyecto. 14
Figura 3-3: Área de influencia limnológica del proyecto "Planta de Tratamiento de Aguas Servidas Puerto Montt". 16
Figura 4-1: Estaciones de muestreo ubicadas en el área de influencia del Proyecto, durante las cuatro campañas. 18
Figura 4-2: Estaciones de muestreo totales, levantadas en las 3 primeras campañas (septiembre 2023, noviembre 2023 y octubre 2024, respectivamente). 21
Figura 4-3: Estaciones de muestreo levantadas añadidas en la cuarta campaña (mayo 2006). 22
Figura 4-4: Instrumento utilizado para medición calidad de agua in situ. Medidor Multiparámetro Hanna HI98194. 26
Figura 4-5: Fotografía referencial de muestreo de macroinvertebrados bentónicos con red Surber. 34
Figura 4-6: Registro fotográfico de actividad de pesca eléctrica con equipo SAMUS 725 MP. Campaña otoño 2026 39
Figura 4-7: Fotografía referencial desinfección de trajes de agua. 41
Figura 5-1: Fotografías de las estaciones de muestreo asociadas al proyecto "PTAS Puerto Montt". 49
Figura 5-2: Fotografías de las estaciones de muestreo asociadas al proyecto "PTAS Puerto Montt", campaña otoño 2026. 54
Figura 5-3: Algunos macroinvertebrados bentónicos registrados durante la campaña de muestreo realizada de septiembre-2023. A. Larva de efemeróptero de la familia Leptophlebiidae.; B. Larva de tricóptero de la familia Leptoceridae.; C. Larva de díptero de la familia Chironomidae.; y D. Larva de plecóptero *Limnoperla sp*. 74

Figura 5-4: Variabilidad de parámetros comunitarios de macroinvertebrados bentónicos en las 4 estaciones de muestreo analizadas; a) abundancia (N), b) Riqueza (S), c) Diversidad de Shannon (H') y d) Equidad de Pielou (J'). Invierno 2023 76
Figura 5-5:Clasificación y ordenación de las cuatro estaciones de muestreo, mediante análisis de clúster (ligamiento promedio), los análisis se realizaron sobre la base de una matriz de disimilitud de Bray & Curtis. 78
Figura 5-6: Variabilidad de parámetros comunitarios de macroinvertebrados bentónicos en las 4 estaciones de muestreo analizadas; a) abundancia (N), b) Riqueza (S), c) Diversidad de Shannon (H') y d) Equidad de Pielou (J'). Primavera 2023.....81
Figura 5-7:Clasificación y ordenación de las tres estaciones de muestreo, mediante análisis de clúster (ligamiento promedio), los análisis se realizaron sobre la base de una matriz de disimilitud de Bray & Curtis. 83
Figura 5-8: Algunos macroinvertebrados bentónicos registrados durante la campaña de muestreo realizada de marzo-2026. A. Anélido de la familia Lumbriculidae; B. Larva de Ephemenoptera de la familia Leptophlebiidae, taxa Meridialaris sp; C. Plecóptero de la familia Grypopterigidae; D) Gastrópodo de la familia Hydrobiidae.....85
Figura 5-9: Variabilidad de parámetros comunitarios de macroinvertebrados bentónicos en las 4 estaciones de muestreo analizadas; a) abundancia (N), b) Riqueza (S), c) Diversidad de Shannon (H') y d) Equidad de Pielou (J'). Otoño 2026. 87
Figura 5-10:Clasificación y ordenación de las cuatro estaciones de muestreo, mediante análisis de clúster (ligamiento promedio), los análisis se realizaron sobre la base de una matriz de disimilitud de Bray & Curtis.....89

ÍNDICE DE FIGURAS

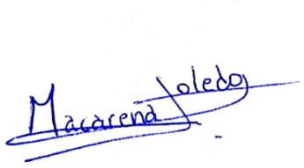
Tabla 3-1: Coordenadas referenciales de la ubicación del proyecto.....14
Tabla 4-1: Coordenadas geográficas de las estaciones analizadas.....18
Tabla 4-2. Resumen de las actividades realizadas para cada estación, durante la 1era campaña, invierno 2023. 23
Tabla 4-3. Resumen de las actividades realizadas para cada estación, durante la 2da campaña, primavera 2023. 24
Tabla 4-4. Resumen de las actividades realizadas para cada estación, durante la 3ra campaña, primavera 2024. 24
Tabla 4-5. Resumen de las actividades realizadas para cada estación, durante la 4ta campaña, otoño 2026. 25
Tabla 4-6: Instrumentos utilizados para medición calidad de agua in situ. 25
Tabla 4-7: Lista de parámetros y métodos utilizados para el análisis de calidad del agua en laboratorio.....27
Tabla 4-8: Requisitos generales de aguas destinadas a vida acuática, según lo establecido en la NCh1333.Of.78 Tabla 4. 28
Tabla 4-9: Tabla granulométrica de Wentworth, 1922.....31
Tabla 4-10: Sistema de clasificación de calidad de agua basado en los valores del Índice Biótico de Familias (IBF). 35
Tabla 4-11: Valores de tolerancia de macroinvertebrados bentónicos utilizados en la determinación del Índice Biótico de Familias (IBF).....35
Tabla 4-12: Resultados del sistema de clasificación de calidad de agua basado en los valores del índice biótico de familias (Ch IBF) para los esteros asociados al área de estudio. 37
Tabla 4-13: Categorías de conservación según la RCE. 43
Tabla 5-1: Características del hábitat fluvial y condiciones de muestreo de las estaciones estudiadas. Campaña primavera 2023.....47
Tabla 5-2: Características del hábitat fluvial y condiciones de muestreo de las estaciones estudiadas. Campaña otoño 2026. 51

Tabla 5-3: Parámetros fisicoquímicos determinados in situ en la columna de agua para cada una de las estaciones muestreadas. Campaña invierno 2023. 55
Tabla 5-4: Parámetros fisicoquímicos determinados in situ en la columna de agua para cada una de las estaciones muestreadas. Campaña primavera 2023. 57
Tabla 5-5: Parámetros fisicoquímicos determinados in situ en la columna de agua para cada una de las estaciones muestreadas. Campaña primavera 2024. 60
Tabla 5-6: Parámetros fisicoquímicos determinados in situ en la columna de agua para cada una de las estaciones muestreadas. Campaña Otoño 2026. 64
Tabla 5-7: Parámetros analizados en el laboratorio ANAM para cada una de las estaciones muestreadas. Campaña invierno 2023. 66
Tabla 5-8: Parámetros analizados en el laboratorio ANAM para cada una de las estaciones muestreadas. Campaña primavera 2024.....69
Tabla 5-9: Abundancias de macroinvertebrados bentónicos Ind/m^2 (>250µm) (n=2) registrados en las 4 estaciones de muestreo del proyecto "PTAS Puerto Montt". El color verde indica la especie más abundante y el color naranjo destaca la estación con mayor cantidad de individuos (Ind/m^2). 73
Tabla 5-10: Resultados del sistema de clasificación de calidad de agua basado en los valores del índice biótico de familias (Ch IBF) para las estaciones asociados al área de estudio.....77
Tabla 5-11: Resultados del sistema de clasificación de calidad de agua basado en los valores del índice biótico de familias (Ch IBF) para las estaciones asociados al área de estudio.....77
Tabla 5-12: Abundancias de macroinvertebrados bentónicos Ind/m^2 (>250µm) (n=2) registrados en las 3 estaciones de muestreo del proyecto "PTAS Puerto Montt". El color verde indica la especie más abundante y el color naranjo destaca la estación con mayor cantidad de individuos (Ind/m^2). 79
Tabla 5-13: Resultados del sistema de clasificación de calidad de agua basado en los valores del índice biótico de familias (Ch IBF) para las estaciones asociados al área de estudio.....82
Tabla 5-14: Resultados del sistema de clasificación de calidad de agua basado en los valores del índice biótico de familias (Ch IBF) para los esteros asociados al área de estudio. 82

Tabla 5-15: Abundancias de macroinvertebrados bentónicos Ind/m^2 (>250µm) (n=2) registrados en las 8 estaciones de muestreo del proyecto "PTAS Puerto Montt". El color verde indica la especie más abundante y el color naranjo destaca la estación con mayor cantidad de individuos (Ind/m^2). 84
Tabla 5-16. Resultados del sistema de clasificación de calidad de agua basado en los valores del índice biótico de familias (ChIBF). 87
Tabla 5-17. Resultados de la clasificación de Calidad de agua según el índice biótico EPT durante mayo 2026. 88
Tabla 5-18: Listado de especies potenciales a encontrar en el área de influencia del proyecto. Estado de Conservación: EN=En Peligro; LC=Preocupación menor; NT=Casi amenazada; R=Rara; VU=Vulnerable. 91
Tabla 5-19: Especies de Ictiofauna registradas en el área de estudio. 92
Tabla 5-20: Peso, longitud y factor de condición (K) de ejemplares capturados. 92
Tabla 5-21: Especies de Ictiofauna registradas en el área de estudio. 94
Tabla 5-22: Peso, longitud y factor de condición (K) de ejemplares capturados. 94

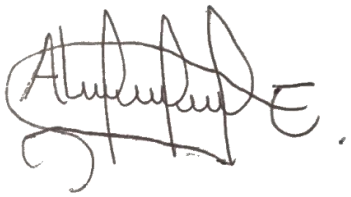
Equipo de Profesionales

Con relación a la campaña en terreno y elaboración del informe han participado los siguientes profesionales:



MACARENA IVETTE TOLEDO MUÑOZ

Bióloga, Magíster en Ciencias con Mención en Zoología



ÁLVARO MATIAS ESPARZA MORENO

Ingeniero en Recursos Naturales



DANIELA BELÉN VILLANUEVA ABARZA

Bióloga Marina Magíster en Gestión Integrada

Elaboración del Informe:



GABRIEL CRUZ GONZÁLEZ

Biólogo

1 Introducción

Se presentan los resultados de la caracterización limnológica asociada al Proyecto **"Planta de Tratamiento de Aguas Servidas Puerto Montt"**, desarrollada mediante cuatro campañas de terreno efectuadas en distintas épocas del año, con el propósito de evaluar la variabilidad temporal de los componentes bióticos y abióticos del ecosistema acuático. La primera campaña se realizó el 6 de septiembre de 2023, durante el periodo invernal, mientras que la segunda se ejecutó el 15 de noviembre de 2023, en periodo primaveral; ambas estuvieron orientadas a la caracterización integral de los componentes físicos, químicos y biológicos del sistema fluvial. Posteriormente, el 23 de octubre de 2024, se llevó a cabo una tercera campaña en periodo primaveral, enfocada exclusivamente en la evaluación de componentes abióticos. De manera complementaria, el 7 de mayo de 2026 se efectuó una cuarta campaña durante la estación otoñal, fortaleciendo la representatividad temporal de la información recopilada. Todas las campañas fueron desarrolladas en el río Arenas, cuerpo de agua ubicado próximo al área propuesta para el emplazamiento del Proyecto.

El Proyecto "Planta de Tratamiento de Aguas Servidas Puerto Montt" contempla la construcción y operación de una Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS), cuyo sistema considera una etapa de pretratamiento destinada a la remoción de sólidos gruesos y fibras, seguida de un tratamiento biológico mediante lodos activados en modalidad de aireación extendida, con un tiempo de retención celular de 25 días y oxigenación mediante difusores y sopladores. Posteriormente, el efluente será sometido a una etapa de pulido para la reducción de sólidos remanentes y a un proceso de desinfección mediante irradiación ultravioleta, previo a su descarga final al río Arenas, cumpliendo con los límites establecidos en la Tabla N° 3 del D.S. N° 90/2000 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. El desarrollo de la PTAS se proyecta de manera modular, considerando cuatro subfases de implementación, iniciando con una capacidad de tratamiento de caudal medio de hasta 2

L/s y alcanzando, en su fase final, un caudal medio estimado de 14 L/s, en concordancia con la proyección de demanda poblacional al año 2057.

Los ecosistemas dulceacuícolas poseen una alta relevancia ecológica y funcional, debido a los múltiples servicios ecosistémicos que proveen, entre ellos el abastecimiento de agua, la regulación hidrológica y el soporte de comunidades biológicas altamente especializadas. Estos sistemas albergan una importante diversidad de organismos que interactúan a distintas escalas espaciales y temporales, configurando dinámicas ecológicas complejas y sensibles a perturbaciones ambientales (Smith & Smith, 2007).

En este contexto, la ictiofauna continental chilena se caracteriza por presentar una baja riqueza específica, altos niveles de endemismo y adaptaciones a sistemas fluviales con marcadas fluctuaciones estacionales de caudal. Asimismo, predominan especies de pequeño tamaño corporal, muchas de las cuales poseen distribuciones restringidas y elevados grados de especialización ecológica (Campos et al., 1993a; Vila et al., 1999; Dyer, 2000a). La configuración geomorfológica del territorio nacional, particularmente el levantamiento de la cordillera de Los Andes ha desempeñado un rol fundamental en los procesos de aislamiento y diferenciación evolutiva de la ictiofauna chilena respecto del resto de Sudamérica, favoreciendo el desarrollo de una fauna con un importante valor biológico y un elevado número de especies exclusivas (Habit & Victoriano, 2005).

Actualmente, la fauna íctica continental de Chile está compuesta por aproximadamente 40 especies nativas estrictamente dulceacuícolas y diádromas, agrupadas en 12 familias y 17 géneros (Dyer, 2000a). En particular, en los sistemas fluviales de la Región de Los Lagos se ha descrito la presencia de 12 especies, de las cuales 8 corresponden a especies endémicas.

De acuerdo con los procesos de clasificación establecidos en el Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres (RCE) del Ministerio del Medio Ambiente desde el primero al duodécimo proceso, en el área de estudio se han identificado 18 especies con categoría de conservación, incluyendo especies nativas y exóticas, las cuales serán descritas en detalle en los apartados siguientes.

2 Objetivos

2.1 Objetivo General

Registrar y determinar los componentes abióticos y bióticos (ictiofauna, macroinvertebrados y otros) en el río Arenas asociado al área de influencia del proyecto **"Planta de Tratamiento de Aguas Servidas Puerto Montt"**, en la región de Los Lagos, con la finalidad de generar información de línea de base para determinar posibles impactos en las comunidades existentes.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar morfológicamente los tramos asociados al área de influencia del proyecto.
- Realizar una caracterización sedimentológica del tramo del río Arenas asociado al área de influencia del proyecto.
- Registrar parámetros fisicoquímicos in situ en el tramo del río Arenas asociado del área de influencia del proyecto.
- Determinar la riqueza, abundancia y diversidad biológica de la ictiofauna presente en el tramo de estudio prospectado, perteneciente al río Arenas, asociado al área de influencia del proyecto.
- Determinar la riqueza, abundancia y diversidad biológica de macroinvertebrados presente en la zona de estudio asociadas al área de influencia del Proyecto.
- Determinar estados de conservación de las especies registradas, según los procesos clasificatorios del Ministerio del Medio Ambiente (1° al 20° Proceso de clasificación RCE).

3 Área de estudio

3.1 Área de Intervención

La zona de estudio del Proyecto **"Planta de Tratamiento de Aguas Servidas Puerto Montt"**, se encuentra ubicada en la comuna de Puerto Montt, provincia de Llanquihue, Región de Los Lagos (Figura 3-1) y contempla la construcción y operación de una Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS).

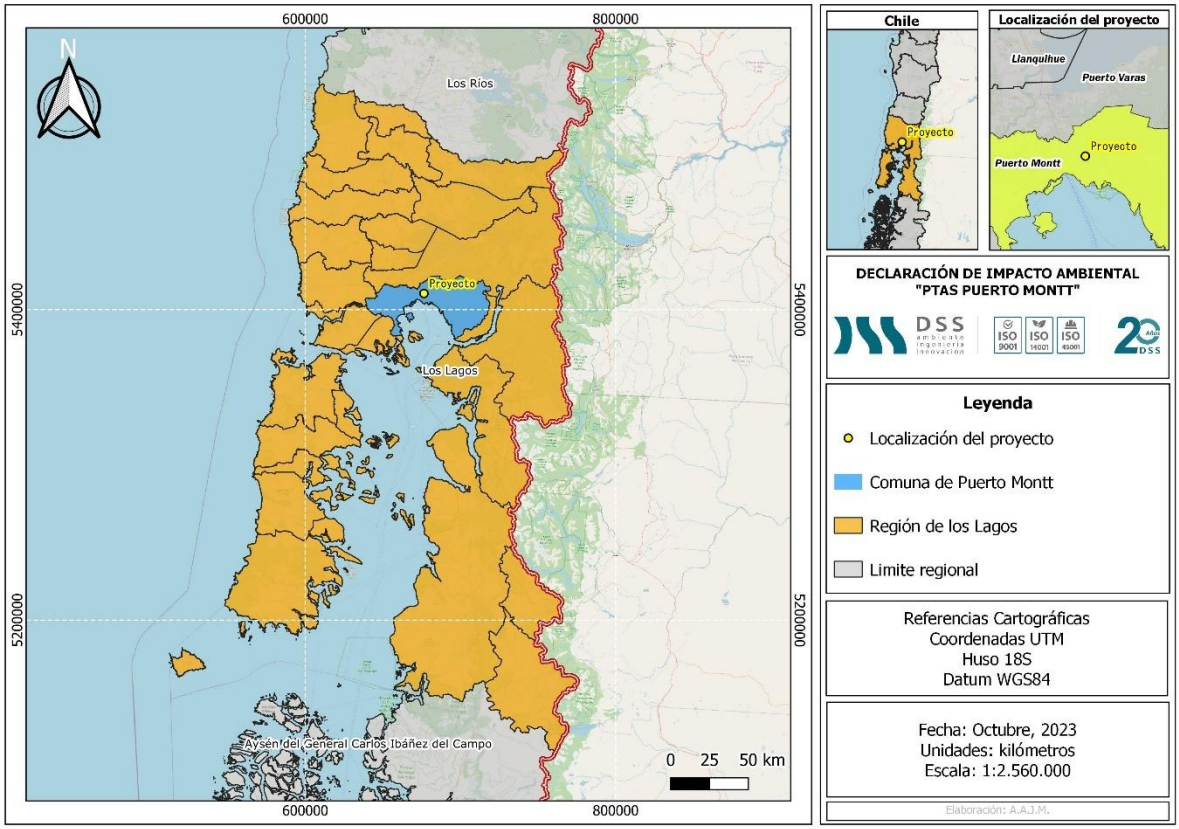


Figura 3-1: Ubicación del proyecto a nivel regional y comunal.

Fuente: Elaboración propia a partir de QGIS.

La Figura 3-2 presenta el área del proyecto, mientras que en la Tabla 3-1 se indican las coordenadas geográficas de cada uno de los polígonos que componen el proyecto **"Planta de Tratamiento de Aguas Servidas Puerto Montt"**.

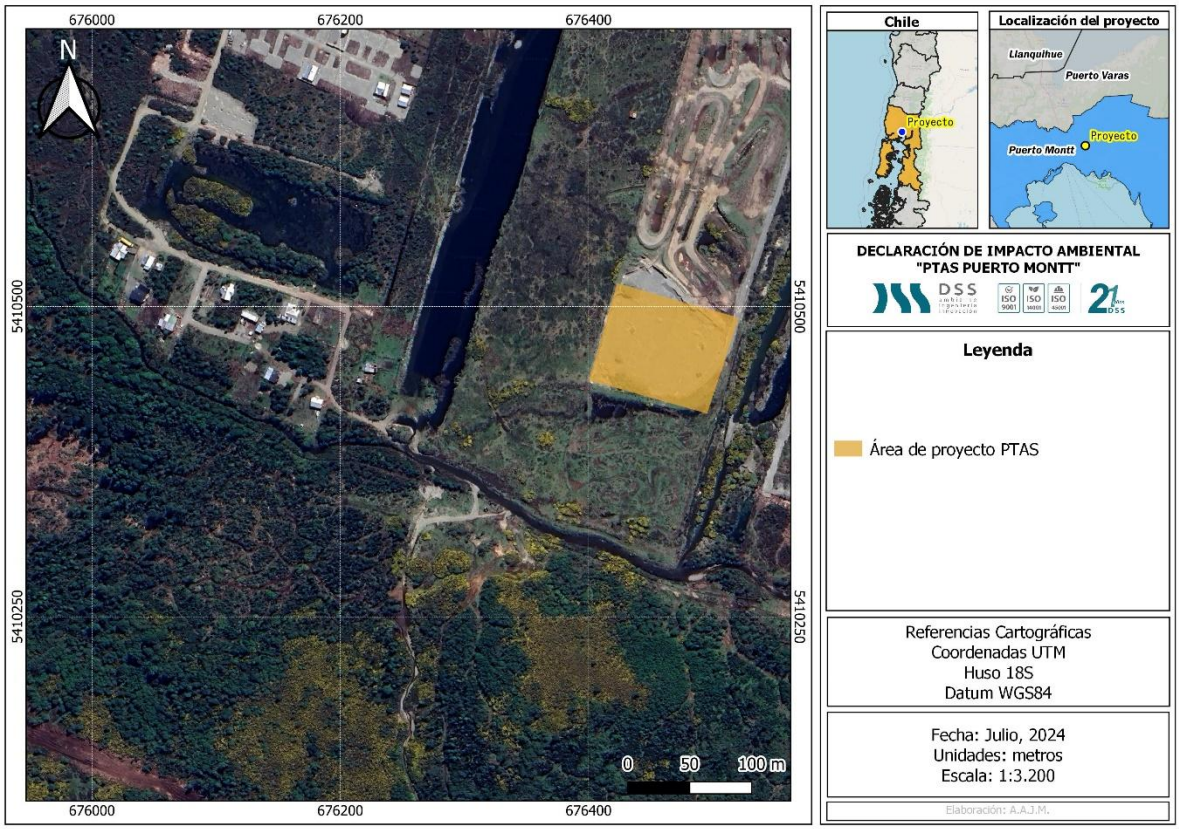


Figura 3-2: Ubicación general del área del proyecto.

Fuente: Elaboración propia a partir del software QGIS.

Tabla 3-1: Coordenadas referenciales de la ubicación del proyecto.

Lugar	Datum WGS 84 HUSO 18		
	Vértice	Este (m E)	Sur (m S)
Área del proyecto	V1	676.398,567	5.410.437,186
	V2	676.422,922	5.410.518,623
	V3	676.494,773	5.410.410,175
	V4	676.494,529	5.410.409,313

Fuente: Elaboración propia.

3.2 Área de Influencia

La definición de área de influencia de acuerdo al Decreto N°40/2012, del Reglamento del Sistema de Evaluación Ambiental (RSEIA), vigente desde el 24 de diciembre del 2013, especifica en la letra a) del artículo 2°, como: "*El área o espacio geográfico, cuyos atributos, elementos naturales o socioculturales deben ser considerados con la finalidad de definir si el proyecto o actividad genera o presenta alguno de los efectos, características o circunstancias del artículo 11 de la Ley, o bien para justificar la inexistencia de dichos efectos, características o circunstancias*". Así, el área de influencia de un proyecto está determinada por los impactos ambientales potenciales que pueda tener el proyecto sobre cada componente ambiental. En este sentido, se toma en consideración de acuerdo con la tipología de proyecto, que la principal afectación proviene de la alteración de los parámetros de calidad de agua de los distintos elementos presentes en la columna de agua asociado al río Arenas, por ello se consideró como un atributo válido para su determinación la longitud en el cauce donde las concentraciones de los parámetros evaluados alcanzan los valores históricos del Río Arenas establecidos en su Línea Base.

La estimación de estos parámetros comprendió una extensión total de 2.250 metros, desde un punto ubicado 100 metros aguas arriba de la descarga del proyecto hasta un tramo situado a 2.150 metros aguas abajo de dicha descarga. Los antecedentes asociados se encuentran detallados en el "Estudio de Calidad de Agua", correspondiente al Anexo 4.8 de la DIA.

Tomando en consideración esta extensión se definieron para todo el estudio limnológico 8 estaciones de muestreo a lo largo del río Arenas, con el fin de establecer una caracterización del cuerpo de agua y el componente limnológico, considerando como uno de los potenciales elementos de intervención, la descarga y dispersión de las aguas tratadas por la futura planta proyectada (Figura 3-3). En este sentido, la representatividad de las estaciones definidas para el estudio está definida de acuerdo con la similitud de los variables

caracterizadas a través de la caracterización morfológica de cauce, los ensambles de ictiofauna y macroinvertebrados.

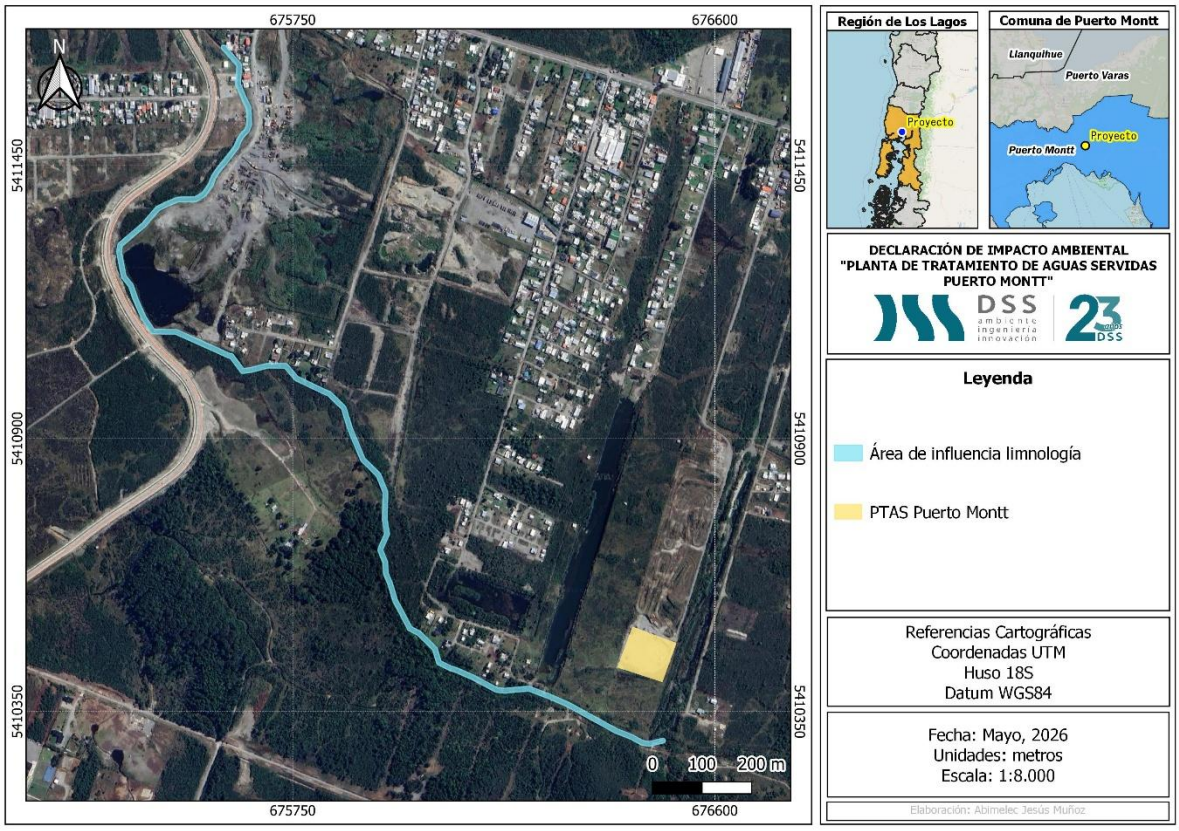


Figura 3-3: Área de influencia limnológica del proyecto "Planta de Tratamiento de Aguas Servidas Puerto Montt".

Fuente: Elaboración propia a partir del software QGIS.

4 Metodología

Los lineamientos metodológicos fueron basados en la "Guía Metodológica Para el Muestreo de Flora y Fauna Acuática en Aguas Continentales de Chile" (SubPesca, 2018).

La realización del levantamiento limnológico se autorizó a través de un Permiso de Pesca de Investigación emitido mediante la Resolución Exenta N° E-2023-440 y Resolución Exenta N° E-2026-263 por la Subsecretaría de Pesca (Anexo 8.1). Cabe destacar que toda actividad se realizó estrictamente bajo las condiciones técnicas descritas en dicha resolución.

4.1 Estaciones y áreas de muestreo

El estudio limnológico fue desarrollado en el río Arenas, ubicado en la comuna de Puerto Montt, en el área de influencia del Proyecto "Planta de Tratamiento de Aguas Servidas Puerto Montt".

Las estaciones de muestreo correspondieron a: E-1, ubicada a 100 m aguas arriba del punto de descarga; E-2, posicionada en el sitio de descarga; E-3, ubicada a 300 m aguas abajo; E-4, a 500 m aguas abajo; E-5, a 700 m aguas abajo; E-6, a 1.300 m aguas abajo; E-7, a 1.700 m aguas abajo; y E-8, a 2.150 m aguas abajo del punto de descarga. Cabe señalar que, en todas las estaciones, el muestreo fue ejecutado en sentido contrario a la corriente del cauce.

A continuación, se ilustra cartográficamente la ubicación de las estaciones de monitoreo realizadas en cada campaña de monitoreo:



Figura 4-1: Estaciones de muestreo ubicadas en el área de influencia del Proyecto, durante las cuatro campañas.

Fuente: Elaboración propia a partir del software QGIS.

Tabla 4-1: Coordenadas geográficas de las estaciones analizadas.

Sector	Estación	Descripción	Datum WGS 84 HUSO 18	
			Este (m E)	Norte (m S)
Río Arenas	**E-1**	100 m aguas arriba descarga	676.495	5.410.291
	E-2	Zona descarga	676.399	5.410.305
	E-3	300 m aguas abajo descarga	676.127	5.410.410
	E-4	500 m aguas abajo descarga	675.979	5.410.529
	E-5	700 m aguas abajo descarga	675.935	5.410.716
	E-6	1.300 m aguas abajo	675.565	5.411.087
	E-7	1.700 m aguas abajo	675.476	5.411.359
	E-8	2.150 m aguas abajo	675.610	5.411.685

Fuente: Elaboración propia.

4.2 Revisión Bibliográfica

Previo a la ejecución de las campañas de terreno, se realizó una revisión bibliográfica especializada con el objetivo de caracterizar la cuenca en estudio e identificar las potenciales especies ícticas presentes en el área de influencia del Proyecto. Este análisis permitió establecer un marco de referencia para la interpretación de los resultados obtenidos durante las actividades de muestreo y evaluación de la ictiofauna.

En relación con las amenazas que afectan a los ecosistemas dulceacuícolas, una de las principales corresponde a la introducción de especies exóticas de peces, registrándose actualmente 22 especies introducidas en el territorio nacional. En la mayoría de los casos, los efectos ecológicos de estas especies sobre la ictiofauna nativa aún no se encuentran completamente determinados, particularmente en términos de competencia, depredación y alteración del hábitat (Habit et al., 2006). En consideración a lo anterior, la revisión bibliográfica incorporó antecedentes tanto de especies nativas como introducidas potencialmente presentes en la cuenca evaluada.

La revisión de antecedentes consideró, entre otras, las siguientes fuentes bibliográficas especializadas:

- Estado de conocimiento de los peces dulceacuícolas de Chile.
- Ictiofauna de aguas continentales chilenas.
- Peces Límnicos de Chile.

4.3 Periodo de Muestreo

El componente limnológico fue evaluado mediante cuatro campañas de terreno ejecutadas en distintas épocas del año entre septiembre de 2023 y mayo de 2026, con el objetivo de caracterizar las condiciones ambientales y biológicas del río Arenas. La primera campaña se realizó el 6 de septiembre de 2023, correspondiente a la estación invernal; la segunda campaña se ejecutó el 15 de noviembre de 2023, durante la estación primaveral; la tercera

campaña se efectuó el 23 de octubre de 2024, también en periodo primaveral; y la cuarta campaña se desarrolló el 7 de mayo de 2026, correspondiente a la estación otoñal.

Las estaciones de muestreo fueron georreferenciadas mediante coordenadas UTM, Datum WGS84, Huso 18, y se ubicaron en sectores representativos del área de influencia del Proyecto, considerando ambientes con variabilidad de microhábitats asociados a diferencias de sustrato, condiciones hidráulicas y cobertura vegetal ribereña. Las campañas contemplaron la evaluación de parámetros de calidad de agua in situ, toma de muestras para análisis de laboratorio, caracterización de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad ambiental, caracterización sedimentológica y levantamiento de información ictiológica orientada a determinar la composición y estructura del ensamble de peces presente en el sistema fluvial.

El esfuerzo de muestreo presentó una duración promedio de 90 minutos por estación y fue ajustado de acuerdo con las características morfológicas e hidráulicas del cauce, considerando variables tales como profundidad, velocidad de corriente, complejidad operativa y efectividad de captura. Asimismo, durante el desarrollo de las campañas se incorporaron progresivamente estaciones de monitoreo, totalizando ocho estaciones distribuidas aguas arriba y aguas abajo del punto de descarga de la PTAS.

Cabe señalar que existieron diferencias entre campañas respecto al número de estaciones efectivamente evaluadas y al alcance de la caracterización limnológica, debido principalmente a restricciones de acceso identificadas durante las actividades de terreno. En particular, la estación E-4 presentó limitaciones de ingreso asociadas a restricciones de acceso por parte de propietarios de predios privados, condicionando parcialmente la ejecución de algunos levantamientos y actividades de muestreo.

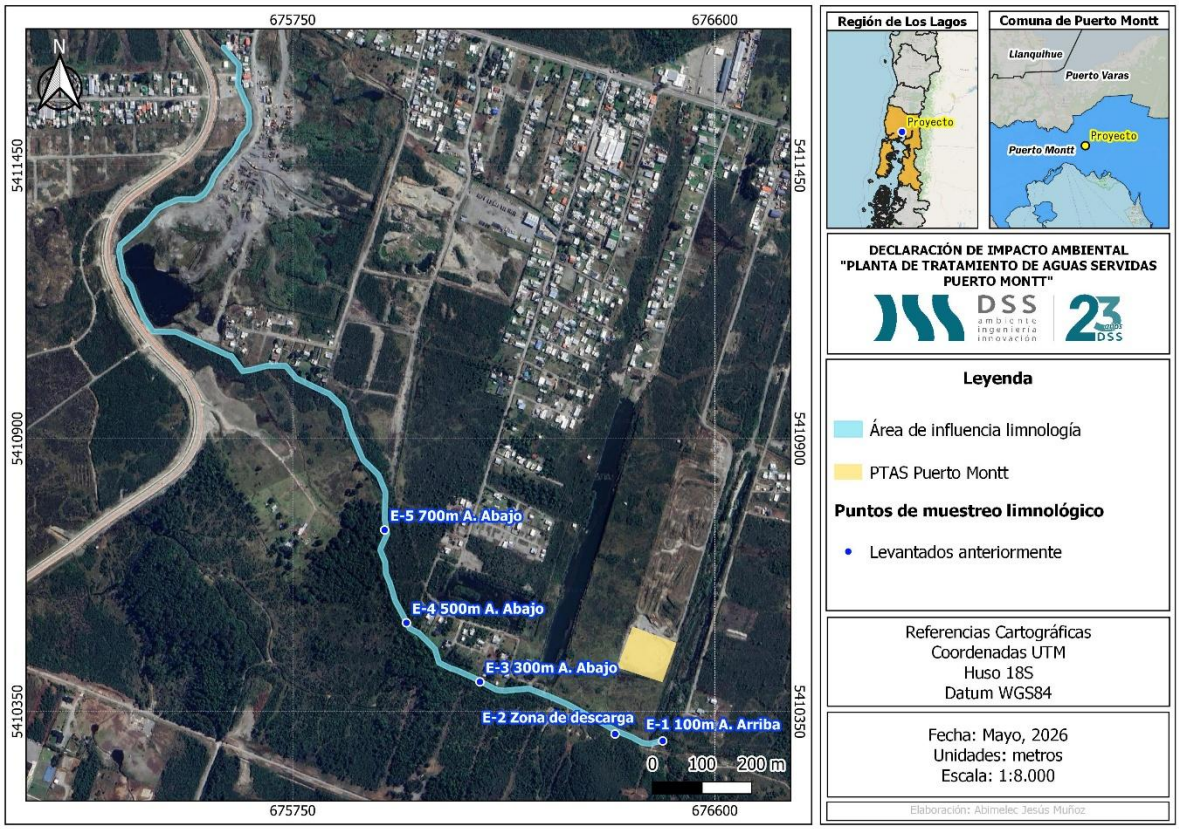


Figura 4-2: Estaciones de muestreo totales, levantadas en las 3 primeras campañas (septiembre 2023, noviembre 2023 y octubre 2024, respectivamente).

Fuente: Elaboración propia a partir del software QGIS.

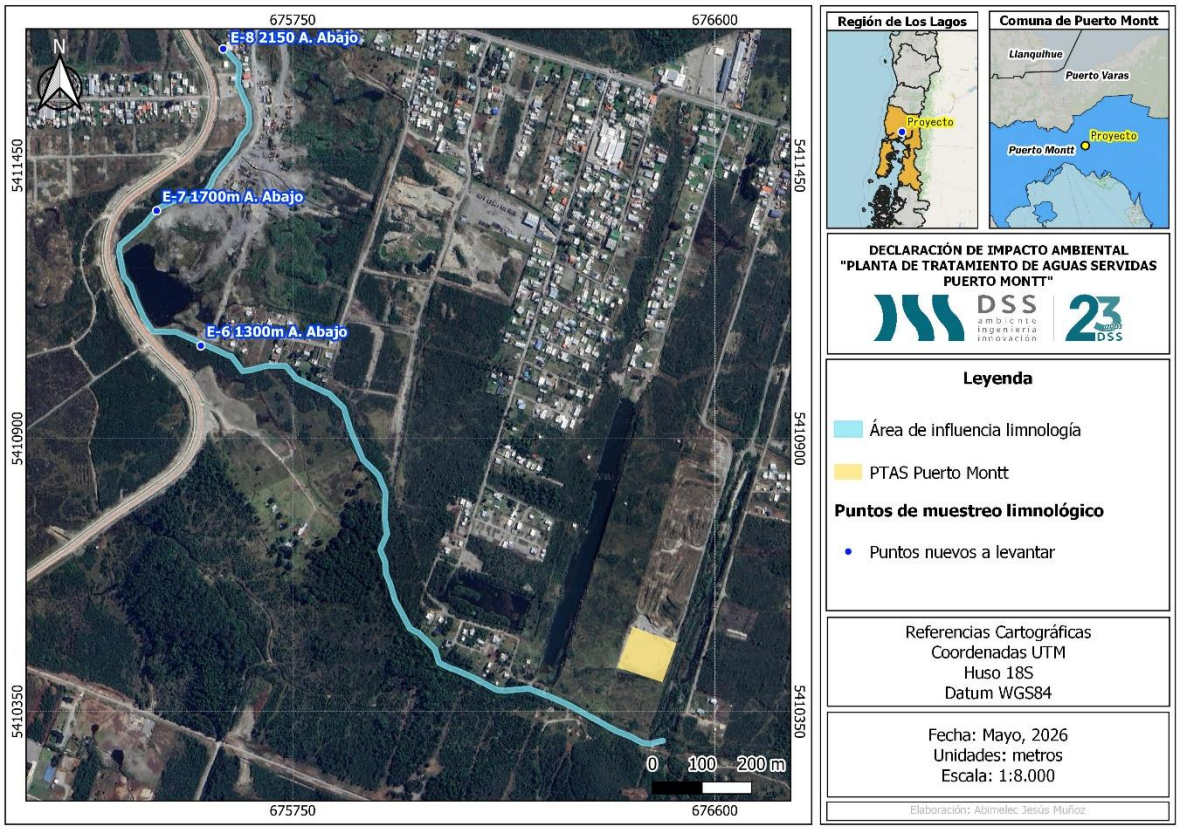


Figura 4-3: Estaciones de muestreo levantadas añadidas en la cuarta campaña (mayo 2026).

Fuente: Elaboración propia a partir del software QGIS.

A continuación, se describe detalladamente las actividades realizadas para cada campaña:

Durante la primera campaña de muestreo, ejecutada el 6 de septiembre de 2023, correspondiente a la estación de invierno, se definieron cuatro estaciones de monitoreo: E-1, ubicada a 100 metros aguas arriba del punto de descarga; E-2, correspondiente al sector de descarga de la PTAS; E-3, ubicada a 300 metros aguas abajo del punto de descarga; y E-4, localizada a 500 metros aguas abajo del punto de descarga.

En estas cuatro estaciones se evaluaron los siguientes componentes: calidad de agua in situ, calidad de agua para análisis en laboratorio, macroinvertebrados bentónicos, ejecución de pesca eléctrica y caracterización morfológica del cauce.

Cabe señalar que, debido a dificultades de acceso detectadas durante la prospección en terreno, no fue posible efectuar el muestreo de calidad de agua para análisis de laboratorio en la estación E-4.

Tabla 4-2. Resumen de las actividades realizadas para cada estación, durante la 1era campaña, invierno 2023.

Parámetro	Campaña 1 Invierno 2023			
	E-1	E-2	E-3	E-4
Calidad de Agua in situ	✓	✓	✓	✓
Calidad de Agua en laboratorio	✓	✓	✓	**NM**
Macroinvertebrados	✓	✓	✓	✓
Pesca eléctrica	✓	✓	✓	✓
Caracterización morfológica de cauce	✓	✓	✓	✓

Fuente: Elaboración propia.

*(NM): *Estaciones no muestreadas por dificultades de acceso al momento de la prospección.*

En la segunda campaña de monitoreo, ejecutada el 15 de noviembre de 2023, correspondiente a la estación primaveral, se evaluaron únicamente tres estaciones de muestreo (E-1, E-2 y E-3). En dichas estaciones se midieron los siguientes componentes: calidad de agua in situ, macroinvertebrados bentónicos, ejecución de pesca eléctrica y caracterización morfológica del cauce.

Cabe señalar que, debido a dificultades de acceso registradas durante las actividades en terreno, no fue posible realizar el muestreo de calidad de agua destinado a análisis de laboratorio.

Tabla 4-3. Resumen de las actividades realizadas para cada estación, durante la 2da campaña, primavera 2023.

Parámetro	Campaña 2 Primavera 2023		
	E-1	E-2	E-3
Calidad de agua in situ	✓	✓	✓
Calidad de agua en laboratorio	**NM**	**NM**	**NM**
Macroinvertebrados	✓	✓	✓
Pesca eléctrica	✓	✓	✓
Caracterización morfológica de cauce	✓	✓	✓

Fuente: Elaboración propia.

*(NM): *Estaciones no muestreadas por dificultades de acceso al momento de la prospección.*

Durante la tercera campaña de monitoreo, ejecutada el 23 de octubre de 2024 y correspondiente a la estación primaveral, se evaluaron las cuatro estaciones previamente monitoreadas (E-1, E-2, E-3 y E-4). Adicionalmente, se incorporó una nueva estación de monitoreo, denominada E-5. En las cinco estaciones se efectuaron mediciones de calidad de agua in situ y se realizó la toma de muestras para análisis de calidad de agua en laboratorio.

Tabla 4-4. Resumen de las actividades realizadas para cada estación, durante la 3ra campaña, primavera 2024.

Parámetro	Campaña 3 Primavera 2024				
	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5
Calidad de agua in situ	✓	✓	✓	✓	✓
Calidad de agua en laboratorio	✓	✓	✓	✓	✓

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, durante la cuarta campaña de monitoreo, ejecutada el 7 de mayo de 2026 y correspondiente a la estación otoñal, se incorporaron tres nuevas estaciones de muestreo (E-6, E-7 y E-8), totalizando ocho estaciones de monitoreo.

En dichas estaciones se evaluaron los siguientes componentes: calidad de agua in situ, macroinvertebrados bentónicos, ejecución de pesca eléctrica y caracterización morfológica del cauce.

Tabla 4-5. Resumen de las actividades realizadas para cada estación, durante la 4ta campaña, otoño 2026.

Parámetro	Campaña 4 Otoño 2026							
	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8
Calidad de agua in situ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Pesca Eléctrica	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Macroinvertebrados	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Caracterización morfológica de cauce	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Fuente: Elaboración propia.

4.4 Descripción General de los Componentes Estudiados

4.4.1 Calidad de Agua del Cuerpo Receptor

4.4.1.1 Calidad de Agua *in situ*

Para el muestreo de calidad de agua *in situ* realizado en las 4 estaciones durante invierno 2023, las 3 estaciones durante primavera 2023, las 5 estaciones en primavera 2024 y las 8 estaciones en otoño 2026, se consideraron los siguientes parámetros: oxígeno disuelto, pH, conductividad y temperatura (Tabla 4-6: Instrumentos utilizados para medición calidad de agua in situ.). Estos fueron medidos con el instrumento Multiparámetro Hanna HI98194, el cual fue calibrado de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, previo a la ejecución de cada campaña (Figura 4-4).

Tabla 4-6: Instrumentos utilizados para medición calidad de agua in situ.

Parámetro	Instrumento
Oxígeno disuelto	Multiparámetro Hanna HI98194
pH	
Temperatura	
Conductividad	

Fuente: Elaboración propia.



Figura 4-4: Instrumento utilizado para medición calidad de agua in situ. Medidor Multiparámetro Hanna HI98194.

4.4.1.2 Calidad de agua en Laboratorio

Para el muestreo de calidad de agua en laboratorio fue realizado en 3 estaciones durante la campaña de invierno 2023 con los siguientes parámetros: Aceites y grasas, Coliforme Fecales, DBO5, DQO, Nitrógeno Kjeldahl, Sólidos suspendidos totales. Mientras que en la campaña de primavera 2024 fue realizado en 5 estaciones, incorporando además de los parámetros indicados, los siguientes: Fósforo total, Nitrato, Nitrito, Nitrógeno total, Sólidos sedimentables y Turbiedad. Estos parámetros son medidos para evaluar su condición basal respecto a ellos.

La toma de muestras puntuales, en las campañas de invierno 2023 y primavera 2023 fue realizada por el equipo de terreno del laboratorio ANAM, siendo las directrices establecidas en la norma NCh 5667/6:2015, "Guía para el muestreo de ríos y cursos de agua", siguiendo las mismas directrices, durante la campaña de primavera 2024 estas muestras fueron tomadas por profesionales de DSS S.A, dispuestas todas en el río Arenas. Con respecto a la técnica de muestreo puntual en ríos, y la elección de recipientes para muestras de aguas, se realizó de a acuerdo a la norma NCh411/2 Of.96 "Guía sobre técnicas de muestreo". Para la preparación de recipientes, identificación, llenado, preservación, y transporte de muestras, se siguieron las técnicas señaladas en la NCH 411/3 Of.96. "Guía sobre preservación y manejo de muestras".

El análisis de las muestras fue realizado por el laboratorio ANAM, basados en la metodología propuesta por Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (2017). Este laboratorio se encuentra acreditado actualmente por el Instituto Nacional de Normalización bajo las acreditaciones LE 111 - LE 112 - LE 651 - LE 652 - LE 773; por el INN, además, se encuentra se encuentra certificado bajo las normas ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, ISO 45001 2018.

4.4.1.2.1 Análisis de parámetros calidad de agua

Los parámetros listados en la tabla 4-4 fueron analizados en el laboratorio ANAM, el cual se encuentra acreditado por el INN bajo las acreditaciones LE 111 - LE 112 - LE 651 - LE 652 - LE 773.

La metodología de análisis para cada uno de los parámetros se detalla en la Tabla 4-7.

Tabla 4-7: Lista de parámetros y métodos utilizados para el análisis de calidad del agua en laboratorio.

Parámetro	Límite de detección	Método
Aceites y Grasas	4 mg/L	SM 5520 B
Alcalinidad Total	1,2 mg $CaCO_3$/L	SM 2320 B Ed.23
Coliformes fecales	1,8 NMP/100ml	SM 9221 Ed.23/2017
Fósforo	0,07 mg/L	SM 3120 B Ed.23
Nitrógeno total	1 mg/L	Cálculo
Nitrito	0,06 mg/L	ME-16-2007
Nitrato	0,003 mg/L	SM 4500 NO3 B Ed. 23
Nitrógeno total Kjeldahl	1 mg/L	SM 4500 Norg B-C NH_3 D 2017
Sólidos Sedimentables	0,5 mL/L 1H	SM 2540 F Ed.23/2017
Sólidos Suspendidos Totales	1 mg/L	SM 2540 D Ed.23
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5)	2 mg/L	SM 5210 B Ed.23/2017
Demanda química de oxígeno (DQO)	2 mg/L	SM 5220 D Ed.23/2017
Turbiedad	0,03 NTU	ME-03-2007

Fuente: Elaboración propia basado en informes de laboratorio ANAM. SM = Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

4.4.1.3 Normativa ambiental

4.4.1.3.1 Norma Chilena NCh1333 Of.78

Los resultados obtenidos fueron comparados con los parámetros de la Norma Chilena Oficial 1.333 Of. 78 "*Tabla 4 - Requisitos de calidad de agua para diferentes usos*", esta norma fija un criterio de calidad de agua de acuerdo con requerimiento científicos referidos a aspectos físicos, químicos, biológicos, según el uso determinado. Estos criterios tienen como objeto proteger y preservar la calidad de las aguas que se destinen a usos específicos, de la degradación producida por contaminación con residuos de cualquier tipo.

Tabla 4-8: Requisitos generales de aguas destinadas a vida acuática, según lo establecido en la NCh1333.Of.78 Tabla 4.

Características	Requisitos
Oxígeno disuelto, mg/l	> 5
pH	6,0 a 9,0
Alcalinidad total mg/l de $CaCo_3$	> 20
Turbiedad debido a la descarga, unidades Escaña de Sílice	No debe aumentar el valor natural en más de 30 unidades
Temperatura	En flujos de agua corriente, no debe aumentar el valor natural en más de 3°C
Color	Ausencia de colorantes artificiales
Sólidos flotantes visibles y espumas no naturales	Ausentes
Sólidos sedimentales	No debe exceder el valor natural
Petróleo o cualquier tipo de hidrocarburo	No debe haber detección visual No debe haber cubrimiento de fondo, orilla o ribera No debe haber olor perceptible

Fuente: Norma Chilena 1.333Of. 78, Tabla 4, modificada en 1987. Requisitos de calidad de agua para diferentes usos.

4.4.2 Caracterización Morfológica del Cauce.

La morfología fluvial constituye un componente fundamental en los estudios limnológicos orientados a la determinación del caudal ambiental, debido a que las características geomorfológicas e hidráulicas del cauce condicionan la disponibilidad y mantención de hábitats adecuados para el desarrollo de las comunidades acuáticas. En este contexto, modificaciones en el régimen de caudales dentro del área de influencia de un proyecto pueden generar variaciones en parámetros tales como profundidad, velocidad de escurrimiento y dinámica sedimentaria, provocando potenciales alteraciones en la estructura y funcionalidad del hábitat fluvial.

En consideración a lo anterior, se efectuó una clasificación morfológica del cauce siguiendo los criterios metodológicos propuestos por Montgomery & Buffington (1993, 1997). Dicha clasificación se basó en la caracterización de parámetros estructurales obtenidos mediante observación directa en terreno, considerando atributos asociados a la configuración del canal, tipo de sustrato, unidades hidráulicas y condiciones geomorfológicas presentes en las estaciones de muestreo.

Tipo de Sustrato: Granulometría predominante del lugar de estudio

1. Fino (< 0,75 mm)
2. Arenas (0,75-2 mm)
3. Gravas, Cantos y Piedras (2-600 mm)
4. Bolones (> 600 mm)

Tasa de Relleno: Proporción que posee cada tipo de sustrato en el sitio de muestreo

1. Solo bolones
2. Bolones dispersos, sobre un sustrato fino a medio
3. Solo sustrato fino

Entorno Directo: Caracterizada según el tipo de vegetación ribereña presente en el sitio de muestreo, desde la orilla hacia tierra, con límite imaginario de 20 m.

1. Matorral o Bosque Nativo
2. Matorral no Nativo
3. Plantaciones Forestales
4. Cultivo o Pastizal
5. Viviendas
6. Áridos

Entorno Indirecto: caracterizada por el tipo de vegetación, presente en el sitio de muestreo, más allá de 20 m. de la orilla. Para la definición de este parámetro se consideran los mismos seis intervalos definidos para "Entorno Directo".

Vegetación Sumergida: caracterizada por la presencia o ausencia de vegetación sumergida dentro del área de muestreo.

Vegetación Ribereña: caracterizada por la presencia o ausencia de vegetación en la ribera del área de muestreo.

Tipo de Ambiente: Caracterizado por la presencia o ausencia de sedimentos finos (limo/arcilla) en los intersticios del sustrato (tasa de colmatación) del área de muestreo. Se registra como hábitat Enfangado o No Enfangado.

Ambiente: Se refiere a si el hábitat muestreado se ubica en la planicie de inundación o directamente en el lecho del río.

Meso hábitat: Se basan en la topografía del lecho, en la forma de la lámina del agua, y en la velocidad del agua, entre otros. Existen dos grandes grupos: rápidos y lentos.

- Rápido Somero
- Rápido Profundo
- Lento Somero
- Lento Profundo

4.4.3 Caracterización Sedimentológica

La estructura física de los cauces es una de las características que más influyen, tanto en la estructura como en el funcionamiento del ecosistema fluvial y por lo tanto su descripción tiene un gran interés. Específicamente la heterogeneidad de formas en el cauce (tipo de sustrato), determina la formación de hábitats, y en consecuencia la diversidad de organismos. Se realizó una estimación visual en las diferentes estaciones de monitoreo, tomando como referencia las siguientes fracciones:

Tabla 4-9: Tabla granulométrica de Wentworth, 1922.

Tipo de Sustrato	Diámetro (mm)
Roca madre	-
Bolones	>250
Cantos	60 -250
Guijarros	20-60
Grava	0,2-20
Arena	0,006-0,2
Limo	<0,006

Fuente: Wentworth, C. K. (1922).

4.5 Fauna Acuática

La caracterización ecológica del sistema acuático está referida esencialmente al estudio de las comunidades y poblaciones de la biota en el ecosistema fluvial. El estudio de las poblaciones implica conocer su composición taxonómica, riqueza y abundancia. Las distintas metodologías utilizadas para la determinación de los niveles tróficos, que componen la fauna acuática, se describen a continuación:

4.5.1 Comunidades Bentónicas

Los macroinvertebrados bentónicos, son organismos utilizados como bioindicadores para la evaluación de los sistemas fluviales, específicamente para determinar la calidad del agua (Moya et al., 2009). Este grupo presenta ventajas respecto a otros componentes de la biota acuática, ya que es posible encontrarlos prácticamente en todos los sistemas acuáticos continentales, posibilitando estudios comparativos, además son organismos de hábitos sedentarios, lo que permite efectuar análisis espaciales, así como también los monitoreos cuantitativos y análisis de las muestras pueden ser realizados con equipos simples y de bajo costo, y por último, existe una amplia disponibilidad de métodos e índices para el análisis de datos de estos organismos, los cuales han sido validados en diferentes ríos del mundo (Rosenberg y Resh, 1993; Chessman, 1995).

Las muestras fueron obtenidas en sitios de baja profundidad, y en condiciones de sustrato más o menos similares. Los muestreos se llevaron a cabo empleando una red surber de 30 cm^2 de tamaño de boca y 250 µm de abertura de trama (Figura 4-5). En cada sitio se obtuvieron dos muestras (réplicas). Las muestras fueron almacenadas en bolsas de polietileno, donde fueron inmediatamente conservadas con etanol al 70%, e instaladas en cajas aislantes para su almacenamiento y posterior análisis en laboratorio.

La separación, identificación y recuento de las diferentes especies o taxa se realizó con la ayuda de un estereomicroscopio A. KRUSS Optronic GmbH (Alemania).

La identificación de los organismos se realizó siguiendo principalmente a Benedeto (1974), Caamaño (1985), Cekalovic *et al.* (1976), Csiro (1979), Domínguez *et al.,* (1992), Flint (1973, 1974, 1979, 1983), Illies (1963), Jara (1996), McCafferty (1983) y Merritt & Cummins (1984).

Posteriormente, se realizó un análisis estadístico a través del software Primer 6 (Clark & Gorley, 2005), con el cual se efectuaron análisis de clúster basado en el índice de similitud según Bray-Curtis calculada con los datos de abundancia. Las diversidades entre estaciones fueron comparadas empleando Riqueza específica, Índice de Diversidad de Shannon (H´) y Equidad de Pielou (J´), dónde:

- Riqueza (S), corresponde al número de especies registradas.
- Abundancia (N), corresponde al número de individuos por especie registrada.
- Diversidad de Shannon (H'), el cual corresponde a un estimador de diversidad especifica basado en la relación riqueza-abundancia. Se expresa:

$$H' = \sum_{i=1}^{S} (p_i * log_2 p_i)$$

Donde:

H'= Índice de Shannon

S= corresponde al número de especies (Riqueza)

p_i= representa la proporción de cada especie dentro de la población, el cual se obtiene a partir de la ecuación ni/N, en donde ni: número de individuos de una especie; N: población total.

- Equidad de Pielou (J'), mide la proporción de la diversidad observada en relación con la máxima diversidad esperada. Se expresa:

$$J' = \frac{H'}{log_2 * S}$$

Donde:

J'= Índice de Pielou

S= corresponde al número de especies (Riqueza)

H'= corresponde al índice de Shannon.



Figura 4-5: Fotografía referencial de muestreo de macroinvertebrados bentónicos con red Surber.

Fuente: Elaboración propia.

Junto a lo anterior, considerando que los macroinvertebrados han sido reconocidos como potenciales indicadores de calidad biológica de los sistemas acuáticos fluviales (Hallawell, 1986), esencialmente por su amplia distribución, diversidad y sensibilidad a las perturbaciones y contaminantes (Allan, 2004), se obtuvo el Índice Biológico de Familias (IBF), en donde, según Hinsenhoff (1988), los taxa se agrupan en sus respectivas familias, asignando el puntaje de tolerancia propuesto por Figueroa et al. (2003, 2007). Este análisis, corresponde a un índice rápido, que permite hacer un seguimiento del estado de la calidad de agua a partir de la composición de las comunidades biológicas, como lo indica la siguiente tabla:

Tabla 4-10: Sistema de clasificación de calidad de agua basado en los valores del Índice Biótico de Familias (IBF).

Clase	ChIBF	Características ambientales	Color
I	0,00-3,75	Muy Bueno, no perturbado	Azul
II	3,76-4,63	Bueno, moderadamente perturbado	Verde
III	4,64-6,12	Regular, perturbado	Amarillo
IV	6,13-7,25	Malo, muy perturbado	Naranjo
V	7,26-10,00	Muy Malo, fuertemente perturbado	Rojo

Fuente: Figueroa *et al*. 2007.

Para el cálculo del IBF, los taxa fueron agrupados en sus respectivas familias, asignando el puntaje de tolerancia sugeridos por Hauer & Lamberty (1996) (Tabla 4-11), y se determinó el número total de individuos pertenecientes a cada familia. Para el cálculo del índice se siguió a Hilsenhoff (1988), para lo cual los puntajes de tolerancia fueron multiplicados por su correspondiente número de individuos. Posteriormente, los resultados obtenidos para cada familia fueron sumados y luego divididos por el número total de individuos de todas las familias obtenidos en la estación de muestreo.

Tabla 4-11: Valores de tolerancia de macroinvertebrados bentónicos utilizados en la determinación del Índice Biótico de Familias (IBF).

Orden/Clase	Familia	Valor de Tolerancia	Orden/Clase	Familia	Valor de Tolerancia
Plecoptera	Gripopterygiidae	1	Megaloptera	Corydalidae	0
	Notonemouridae	0		Sialidae	4
	Perlidae	1	Lepidoptera	Pyralidae	5
	Diamphipnoidae	0	Platyhelminthes	Turbellaria	4
	Eustheniidae	0	Acari		4
	Austroperlidae	1	Decapoda		6
Ephemeroptera	Baetidae	4	Coleoptera	Elmidae	4
	Caenidae	7		Psephenidae	4
	Leptophlebiidae	2	Diptera	Athericidae	2

Orden/Clase	Familia	Valor de Tolerancia	Orden/Clase	Familia	Valor de Tolerancia
	Siphlonuridae	7		Blephariceridae	0
	Oligoneuridae	2		Ceratopogonidae	6
	Ameletopsidae	2		Chironomidae	7
	Coloburiscidae	3		Empididae	6
	Oniscigastridae	3		Ephydridae	6
Odonata	Aeshnidae	3		Psychodidae	10
	Calopterygidae	5		Simuliidae	6
	Gomphidae	1		Tipulidae	3
	Lestidae	9	Amphipoda	Gammaridae	4
	Libellulidae	9		Hyalellidae	8
	Coenagrionidae	9	Mollusca	Amnicolidae	6
	Cordulidae	5		Lymnaeidae	6
	Petaluridae	5		Physidae	8
Trichoptera	Calamoceratidae	3		Sphaeriidae	8
	Glossosomatidae	0		Chilinidae	6
	Helicopsychidae	3	Oligochaeta		8
	Hydropsychidae	4	Hirudinea		10
	Hydroptilidae	4			
	Leptoceridae	4			
	Ecnomidae	3			
	Helicophidae	6			
	Polycentropodidae	3			
	Philopotamidae	2			
	Hydrobiosidae	0			
	Sericostomatidae	3			

Fuente: Fuente: Figueroa et al, 2007.

El índice EPT se refiere a la presencia o ausencia de los órdenes Ephemeroptera, Plecóptera y Tricóptera en una comunidad biológica. En general, las especies de estos grupos de insectos son sensibles a las perturbaciones humanas (Alonso & Camargo, 2005), de aquí su uso como indicadores en el cálculo del índice.

El análisis EPT se realizó mediante la utilización de estos tres grupos de macroinvertebrados (i.e. Ephemeroptera, Plecóptera y Tricóptera). Se obtiene sumando el número de individuos de cada taxa de estos órdenes presentes en la muestra. Posteriormente se divide el total de EPT presentes por el total de abundancia de Individuos. El valor obtenido se compara en un cuadro de calidad de agua (Carrera & Fierro 2001).

Tabla 4-12: Resultados del sistema de clasificación de calidad de agua basado en los valores del índice biótico de familias (Ch IBF) para los esteros asociados al área de estudio.

Clase	Índice EPT	Calidad de Agua
1	75-100 %	Muy buena
2	50-75 %	Buena
3	25-50 %	Regular
4	0-25 %	Mala

Para definición los Estados de Conservación de las especies de crustáceos decápodos, éstas se determinaron de acuerdo con las listas oficiales de especies con problemas de conservación para Chile, en base al: Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres (RCE) que comprende hasta el décimo noveno proceso de clasificación de especies, considerando los estados de conservación que están definidos por regiones o zonas del país.

4.5.2 Comunidades Ícticas

Para la ejecución de los monitoreos de ictiofauna se gestionó el correspondiente permiso de pesca de investigación ante la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, el cual fue otorgado mediante la Resolución Exenta N° E-2023-410, emitida con fecha 28 de junio de 2023, con una vigencia de 24 meses. Dicho permiso autorizó la realización de actividades de prospección y muestreo de especies ícticas en el área de estudio.

Posteriormente, con el propósito de dar continuidad a las actividades de monitoreo asociadas a la campaña otoñal de 2026, se obtuvo un nuevo permiso de pesca de investigación, otorgado mediante la Resolución Exenta N° E-2026-263.

4.5.2.1 Pesca Eléctrica

En las estaciones de muestreo se aplicó la técnica de pesca eléctrica, metodología ampliamente utilizada para la captura de especies ícticas de pequeño tamaño corporal, particularmente individuos de hasta aproximadamente 20 cm de longitud total, asociados preferentemente a sectores ribereños de baja profundidad (inferior a 1 m).

El muestreo fue ejecutado mediante recorridos paralelos y perpendiculares al cauce del río o estero, estrategia que permitió prospectar de manera representativa los distintos microhábitats presentes en el sistema fluvial, incluyendo sectores de rápidos, remansos, zonas someras y áreas con cobertura vegetal marginal.

Para la ejecución de esta metodología se utilizó un equipo de pesca eléctrica marca SAMUS 725 MP, conectado a un sistema de cátodo y ánodo, el cual genera pulsos eléctricos controlados en la columna de agua. La descarga eléctrica provoca la inmovilización temporal o atracción de los individuos hacia el ánodo, dependiendo de la posición de los peces respecto del campo eléctrico y de la intensidad aplicada. El equipo utilizado permite ajustar la intensidad de descarga en función de la conductividad del agua registrada en cada estación de muestreo, optimizando la eficiencia de captura y minimizando potenciales efectos sobre los organismos. Asimismo, la metodología permite regular el esfuerzo de muestreo, evitando la extracción excesiva de individuos y favoreciendo su liberación en condiciones adecuadas al medio natural una vez finalizado el procedimiento.

El número de operadores involucrados durante el muestreo fue definido de acuerdo con las características hidráulicas y geomorfológicas del sitio prospectado, así como en función de la abundancia de peces observada. En sectores de rápidos someros y mayor velocidad de corriente, los asistentes de terreno se posicionaron aguas abajo del operador principal, utilizando chinguillos auxiliares para capturar los individuos desplazados por la corriente tras la aplicación del estímulo eléctrico.



Figura 4-6: Registro fotográfico de actividad de pesca eléctrica con equipo SAMUS 725 MP. Campaña otoño 2026

Fuente: Elaboración propia.

Consideraciones:

Para dar cumplimiento a las medidas establecidas al programa de vigilancia, detección y control establecido por el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura para la plaga *Didymosphenia geminata* (Didymo), se tomaron las siguientes medidas:

- Se contó con un set de limpieza entre ellas: balde, detergente lavalozas, escobilla y bolsas desechables.
- Se utilizaron waders hechos de material NO absorbente.
- Para el lavado de los implementos de pesca, éstos se sumergieron de 1 a 2 minutos en un balde con 10 litros de agua y 2 1/2 tazas (500 ml.) de detergente lavalozas. El agua utilizada no se devolvió al río.
- Cuando el vehículo entró en contacto con el agua, se limpió con una solución desinfectante.
- El transporte de especies se realizó en contenedores herméticos.
- Antes de abandonar el lugar, se realizó una inspección visual del lugar y de todos implementos que estuvieron en contacto con el agua.
- Finalmente, todos los implementos que fueron desinfectados.



Figura 4-7: Fotografía referencial desinfección de trajes de agua.

Fuente: Elaboración propia.

4.5.2.2 Manejo de Peces Capturados

Los individuos son capturados vivos, y mantenidos en contenedores plásticos con abundante agua a baja temperatura y oxigenación continua (en caso de ser requerido). Los ejemplares fueron medidos mediante un ictiómetro manual con precisión 0,1 mm., y pesados mediante una balanza con precisión de 0,1 gr. Una vez realizadas las mediciones los individuos fueron devueltos al mismo sitio de captura.

Además, se procedió a fotografiar a cada uno de los ejemplares para corroborar la identificación taxonómica realizada en terreno. En el contexto anterior, se controló que los contenedores no tuvieran demasiados individuos, para evitar la mortalidad de los peces, por lo que se renovó el agua cada 10 minutos aproximadamente y se mantuvo el contenedor a la sombra, tratando de tomar las medidas en el menor tiempo posible siendo estos ejemplares devueltos al cuerpo de agua en el mismo sitio de captura (sitio y hábitat).

Para la elaboración de este estudio se trabajó preferentemente en zonas someras de baja profundidad (menor a 0,8 m), áreas especialmente utilizadas por las especies ícticas nativas (Habit *et al*., 2003). En cada punto, se aplicó un tiempo de aproximadamente 30 minutos en actividades de pesca, abarcando un área de aproximadamente 400 m^2. La variabilidad del esfuerzo de captura para el estudio de comunidades ícticas de cada punto de muestreo estuvo sujeto a las características morfológicas del cauce (complejidad para muestrear, velocidad de corriente, entre otros) y a la efectividad de captura (número de especies capturadas).

Posterior al trabajo de captura en terreno, las especies fueron identificadas a nivel taxonómico mediante claves especializadas, y se determinó el Índice de Condición (K) para cada ejemplar, a través de la siguiente ecuación:

$$K = \left(\frac{P}{L^3}\right) x100$$

Donde:

- K es el Índice de Condición
- P es el peso en gramos
- L es la longitud del ejemplar en centímetros

El factor de condición (K) es utilizado para comparar la "condición" o "bienestar de un pez o población basándose en que los peces de mayor peso, a una determinada longitud, presentan una mejor condición (Froese, 2006).

4.5.2.3 Estados de Conservación

La categorización de los estados de conservación de las especies ícticas, fue determinado a través del décimo octavo proceso del Reglamento de Clasificación de Especies (RCE), del Ministerio del Medio Ambiente, contenidos en diferentes decretos (D.S. N°151/2007, D.S. N°50/2008, D.S. N°51/2008, D.S. N°23/2009, D.S. N°33/2011, D.S. N°41/2011, D.S. N°42/2011, D.S. N°19/2012, D.S. N°13/2013, D.S. N°52/2014, D.S. N°38/2015, D.S. N°16/2016, D.S. N°6/2017, D.S. N°79/2018, D.S. N°23/2019, D.S. N°16/2020, D.S. N°44/2021, D.S. N°10/2023 y D.S. N°54/2025).

Para la evaluación de los estados de conservación se consideran como categoría de la normativa vigente aquellas descritas en el Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres (RCE), las cuales se presentan a continuación:

Tabla 4-13: Categorías de conservación según la RCE.

Categorías de Conservación			
CR	En Peligro Crítico	**IC**	Insuficientemente conocida
DD	Datos Insuficientes	**LC**	Preocupación Menor
EN	En Peligro	**NT**	Casi Amenazada
EW	Extinta en Estado Silvestre	**VU**	Vulnerable
EX	Extinta		

Fuente: elaboración propia.

4.5.3 Materiales y Equipos utilizados

Para el levantamiento de información en terreno, se utilizó los siguientes materiales y equipos:

Comunidades Bentónicas:

- Cámara fotográfica Nikon
- Red Surber de 30 cm^2 de tamaño de boca y 250 µm de abertura de trama.
- Alcohol al 70%.
- Bolsas plásticas de 20x30 cm.
- Caja plástica de transporte hermética.

Comunidad Íctica

- Cámara fotográfica Nikon D3400
- Pesca Eléctrica SAMUS 725 MP con cátodo y ánodo.
- Chinguillos auxiliares.
- 2 baldes plásticos para depositar ejemplares.
- Balanza ±0,1g.
- Huincha.

Medición de Parámetros *in situ*

- Equipo Multiparámetro Hanna HI98194, con sondas de EC/OD/T°/pH
- GPS

5 Resultados

5.1 Características Morfológicas del Cauce

5.1.1 Campaña invierno – 6 septiembre 2023

Desde el punto de vista meteorológico, durante la campaña realizada el 6 de septiembre de 2023 el área de estudio presentó condiciones de cielo mayormente nublado, con ocurrencia de precipitaciones esporádicas durante la jornada de muestreo.

En el tramo evaluado del río Arenas, las características morfológicas evidenciaron variaciones moderadas entre estaciones. El mayor ancho de cauce se registró en la estación E-2, con aproximadamente 10 m, mientras que el menor correspondió a la estación E-3, con 4 m. Respecto de la profundidad, las estaciones E-2 y E-3 presentaron los valores máximos, alcanzando 30 cm, en tanto que las estaciones E-1 y E-4 registraron profundidades cercanas a 20 cm.

Desde el punto de vista sedimentológico, el cauce presentó una composición heterogénea, observándose una predominancia de sustratos compuestos por gravas, guijarros y cantos, características típicas de ambientes fluviales con dinámica de escurrimiento moderadamente energética. En relación con la cobertura vegetal, el entorno ribereño inmediato se encontró dominado principalmente por matorral nativo, mientras que el entorno circundante correspondió mayoritariamente a bosque nativo.

Las estaciones evaluadas se emplazaron en un sistema de tipo fluvial, caracterizado por ambientes de rápidos someros y ausencia de condiciones de enfangamiento en la totalidad de los puntos muestreados (Tabla 5-1: Características del hábitat fluvial y condiciones de muestreo de las estaciones estudiadas. Campaña).

En términos generales, las variables morfológicas, sedimentológicas y de hábitat registradas evidencian una condición relativamente homogénea entre las estaciones evaluadas, sugiriendo una continuidad estructural del sistema fluvial a lo largo del tramo estudiado, condición que probablemente se extiende hacia sectores ubicados aguas abajo.

5.1.2 Campaña primavera – 15 noviembre 2023

Durante la campaña realizada el 15 de noviembre de 2023, el área de estudio presentó condiciones meteorológicas caracterizadas por cielo mayormente nublado y ocurrencia de precipitaciones esporádicas durante la jornada de muestreo.

En relación con la morfometría del cauce del río Arenas, el mayor ancho fue registrado en la estación E-2, alcanzando aproximadamente 10 m, mientras que el menor correspondió a la estación E-3, con 4 m. Respecto de la profundidad, la estación E-3 presentó el valor máximo, con 30 cm, en tanto que las estaciones E-1 y E-2 registraron las menores profundidades, cercanas a 20 cm.

Desde el punto de vista sedimentológico, el cauce evidenció una composición heterogénea, observándose un predominio de sustratos compuestos por gravas, guijarros y cantos. En cuanto a la cobertura vegetal, el entorno ribereño inmediato estuvo dominado principalmente por matorral nativo, mientras que el entorno circundante correspondió mayoritariamente a bosque nativo.

El sistema evaluado correspondió a un ambiente fluvial de rápidos someros, sin presencia de condiciones de enfangamiento en ninguna de las estaciones de muestreo (Tabla 5-1). De manera consistente con lo observado en la campaña anterior, las características morfológicas y de hábitat registradas evidencian una condición relativamente homogénea entre las estaciones prospectadas, sugiriendo una continuidad estructural del cauce a lo largo del tramo estudiado y, potencialmente, hacia sectores ubicados aguas abajo.

Tabla 5-1: Características del hábitat fluvial y condiciones de muestreo de las estaciones estudiadas. Campaña primavera 2023.

Cuerpo de agua	Río Arenas						
N° de estación	E-1		E-2		E-3		E-4
Información General							
Fecha	06-09-2023	15-11-2023	06-09-2023	15-11-2023	06-09-2023	15-11-2023	06-09-2023
Nubosidad	Nublado	Nublado	Nublado	Nublado	Nublado	Nublado	Nublado
Precipitaciones	Si	No	No	Si	No	Si	No
Morfometría de Cauce							
Ancho medio	9 m	9 m	10 m	10 m	4 m	4 m	5 m
Profundidad máxima	20 cm	20 cm	30 cm	20 cm	30 cm	30 cm	20 cm
Sedimentología							
Limo	-	-	-	-	-	-	-
Arena	-	-	-	-	-	-	20%
Grava	70%	70%	50%	50%	60%	60%	60%
Guijarros	20%	20%	30%	30%	20%	20%	20%
Cantos	10%	10%	15%	15%	15%	15%	-
Bolones	-	-	5%	5%	5%	5%	-
Roca Madre	-	-	-	-	-	-	-
Tasa de relleno	Bolones dispersos, sobre un sustrato fino a medio	Bolones dispersos, sobre un sustrato fino a medio	Bolones dispersos, sobre un sustrato fino a medio	Bolones dispersos, sobre un sustrato fino a medio	Bolones dispersos, sobre un sustrato fino a medio	Bolones dispersos, sobre un sustrato fino a medio	Bolones dispersos, sobre un sustrato fino a medio

Cuerpo de agua	Río Arenas						
N° de estación	E-1		E-2		E-3		E-4
Entorno Directo	Matorral nativo	Matorral nativo	Matorral nativo	Matorral nativo	Matorral nativo	Matorral nativo	Matorral nativo
Entorno Indirecto	Bosque nativo	Bosque nativo	Bosque nativo	Bosque nativo	Bosque nativo	Bosque nativo	Bosque nativo
Tipo de Ambiente	No Enfangado	No Enfangado	No Enfangado	No Enfangado	No Enfangado	No Enfangado	No Enfangado
Tipo de Hábitat	Lecho de río	Lecho de río	Lecho de río	Lecho de río	Lecho de río	Lecho de río	Lecho de río
Ambiente	Rápido somero	Rápido somero	Rápido somero	Rápido somero	Rápido somero	Rápido somero	Rápido somero

Fuente: Elaboración propia.



Figura 5-1: Fotografías de las estaciones de muestreo asociadas al proyecto "PTAS Puerto Montt".

Fuente: elaboración propia

5.1.3 Campaña otoño – 7 mayo 2026

Desde el punto de vista meteorológico, durante la campaña realizada el 7 de mayo de 2023 el área de estudio presentó condiciones de cielo mayormente nublado, con ocurrencia de precipitaciones esporádicas durante la jornada de muestreo.

El tramo evaluado del río Arenas, mostro características morfológicas que evidenciaron variaciones moderadas entre estaciones con anchos que van desde los 12 m en la estación E-2 a 3 m en la estación E-7. Respecto de la profundidad la menor fue de 40 cm (E-1, E-3 y E-4) y la máxima superó los 150 cm (E-8).

En cuanto a la composición sedimentológica, las estaciones E-1 a la E-4 tiene predominancia de grava, mientras que entre la E-5 y E-8 se detecta un cambio en su composición siendo predominante el bolón.

En relación con la cobertura vegetal, el entorno ribereño inmediato se encontró dominado principalmente por matorral nativo para estaciones E-1 a E-4 y de matorral introducido en las estaciones E-5 a E-8, mientras que el entorno circundante correspondió mayoritariamente a bosque nativo en las estaciones E-1 a E-5 y entorno urbano en las estaciones E-6 a E-8.

Las estaciones evaluadas se emplazaron en un sistema de tipo fluvial, caracterizado en general por ambientes de rápidos someros a excepción de la estación E-8 y ausencia de condiciones de enfangamiento en la totalidad de los puntos muestreados.

Tabla 5-2: Características del hábitat fluvial y condiciones de muestreo de las estaciones estudiadas. Campaña otoño 2026.

N° de estación	Río Arenas							
	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8
Información General								
Fecha	07-05-2026	07-05-2026	07-05-2026	07-05-2026	07-05-2026	07-05-2026	07-05-2026	07-05-2026
Nubosidad	Nublado	Nublado	Nublado	Nublado	Nublado	Nublado	Nublado	Nublado
Precipitaciones	No	No	No	No	No	No	No	No
Morfometría de Cauce								
Ancho medio	9 m	12 m	4 m	5 m	6 m	3,5 m	3	5,5 m
Profundidad máxima	40 cm	50 cm	40 cm	40 cm	50 cm	70 cm	100 cm	>150 cm
Sedimentología								
Limo	-	-	-	-	-	-	-	-
Arena	-	-	-	20%	-	-	-	30%
Grava	70%	50%	60%	60%	20%	20%	20%	10%
Guijarros	20%	30%	20%	20%	10%	10%	10%	10%
Cantos	10%	15%	15%	-	50%	50%	50%	50%
Bolones	-	5%	5%	-	20%	20%	20%	-
Roca Madre	-	-	-	-	-	-	-	-
Tasa de relleno	Bolones dispersos, sobre un sustrato fino a medio	Bolones dispersos, sobre un sustrato fino a medio	Bolones dispersos, sobre un sustrato fino a medio	Bolones dispersos, sobre un sustrato fino a medio	Bolones dispersos, sobre un sustrato fino a medio	Bolones dispersos, sobre un sustrato fino a medio	Bolones dispersos, sobre un sustrato fino a medio	Bolones dispersos, sobre un sustrato fino a medio
Entorno Directo	Matorral nativo	Matorral nativo	Matorral nativo	Matorral nativo	Matorral introducido	Matorral introducido	Matorral introducido	Matorral introducido
Entorno Indirecto	Bosque nativo	Bosque nativo	Bosque nativo	Bosque nativo	Bosque nativo	Urbano	Urbano	Urbano

N° de estación	Río Arenas							
	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8
Tipo de Ambiente	No Enfangado	No Enfangado	No Enfangado	No Enfangado	No Enfangado	No Enfangado	No Enfangado	No Enfangado
Tipo de Hábitat	Lecho de río	Lecho de río	Lecho de río	Lecho de río	Lecho de río	Lecho de río	Lecho de río	Lecho de río
Ambiente	Rápido somero	Rápido somero	Rápido somero	Rápido somero	Rápido somero	Rápido somero	Rápido somero	Rápido profundo

Fuente: Elaboración propia.


E-1
Puerto Montt, Región de Los Lagos


E-2
Puerto Montt, Región de Los Lagos


E-3
07-may-2026 10:57:27
18G 676246 5410387
102° E
Puerto Montt, Región de Los Lagos


E-4
Puerto Montt, Región de Los Lagos


E-5
7 may 2026 13:35:27
18G 675939 5410766
249° W
Senda Sur, Llanquihue
Chile


E-6
Puerto Montt, Llanquihue
Chile



Figura 5-2: Fotografías de las estaciones de muestreo asociadas al proyecto "PTAS Puerto Montt", campaña otoño 2026.

Fuente: elaboración propia

5.2 Calidad de Agua

5.2.1 Parámetros Medidos *in situ*

5.2.1.1 Campaña Invierno – 6 septiembre 2023

A continuación, se detallan los resultados de los análisis de calidad de agua medidos de manera *in situ* durante la campaña de invierno 2023 (Tabla 5-3). Los valores de Oxígeno, pH, Temperatura, Sólidos Flotantes y espumas no naturales y Petróleo u otro hidrocarburo fueron comparados con los límites establecidos en la NCh1333.Of78 -*Requisitos de calidad de agua para diferentes usos"* en específico para la Tabla 4 "Requisitos Generales de Aguas Destinadas para Vida Acuática", se descartan los otros usos debido a que dentro del área de influencia, no fue detectado que esta fuera utilizada para otros usos como riego, contacto directo o consumo humano.

Los parámetros medidos *in situ* en la columna de agua corresponden a Conductividad, Oxígeno disuelto, pH y Temperatura. Además, se evalúa la ausencia o presencia de sólidos flotantes y espumas no naturales; y petróleo u otro hidrocarburo en la columna de agua del río Arenas.

Tabla 5-3: Parámetros fisicoquímicos determinados in situ en la columna de agua para cada una de las estaciones muestreadas. Campaña invierno 2023.

Cuerpo de agua	Río Arenas				Parámetros NCH1333 Tabla 4
Parámetros	E-1 (100m AD)	E-2 (descarga)	E-3 (300m DD)	E-4 (500m DD)	
Conductividad (µS/cm)	31	28	49	56	-
Oxígeno Disuelto (mg/L)	9,56	9,46	9,45	8,86	>5mg/L
pH (unidades)	5,39	5,43	5,84	5,9	6,0 a 9,0
Temperatura (°C)	9,4	9,5	10,85	10,61	En flujos de corriente no debe aumentar el valor natural en más de 3°C
Sólidos Flotantes y espumas no naturales	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausentes
Petróleo u otro hidrocarburo	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausentes

Fuente: Elaboración propia

Conductividad: Los registros obtenidos de este parámetro indican que existe una leve variación entre las estaciones muestreadas, alcanzando su mayor valor en la estación E-4 con 56 µS/cm, mientras que el menor valor fue de 28 µS/cm y se registró en la estación E-2. Dado que no existe referencia de este valor para el desarrollo de la vida acuática, este valor es considerado como información referencial para futuros monitoreos.

Oxígeno disuelto: Este parámetro es esencial para determinar la calidad de las aguas, ya que sustenta las distintas formas de vida de un sistema fluvial, y determina la presencia de agentes contaminantes y procesos de degradación. Durante el muestreo las concentraciones de oxígeno disuelto registradas variaron entre 9,56 mg/L y 8,86 mg/L correspondientes a la estación E-1 y E-4, respectivamente.

Según lo establecido en la NCh1333.Of78 estos valores se encuentran dentro del rango establecido que define como valor mínimo 5 mg/L, por lo cual todas las estaciones cumplen con la norma indicada.

pH: Los valores de pH presentaron una baja variación entre las estaciones de muestreo, con valores de pH que van desde los 5,39 a las 5,9 unidades. Estos valores fueron registrados en todas las estaciones, por lo que corresponde a un valor natural.

Respecto al cumplimiento de la NCh1333.Of78, las 4 estaciones se encuentran levemente bajo al rango permitido que se fija en valores superiores a las 6 unidades e inferiores a las 9 unidades.

Temperatura: Durante la campaña de caracterización realizada, el valor de temperatura registrada en el río Arenas tuvo valores que van desde los 9,4 °C a 10,61°C.

En relación con el uso para la vida acuática, no es posible comparar los resultados del estudio debido a que no se tiene un valor natural del Río Arenas, el presente estudio puede ser considerado como valor natural para la comparación de campañas futuras.

Sólidos Flotantes y espumas no naturales: En las estaciones muestreadas durante la campaña ejecutada, no se registró la presencia de sólidos flotantes y espumas no naturales. Por lo anterior y de acuerdo con lo establecido en la Tabla 4-8: Requisitos generales de aguas destinadas a vida acuática, según lo establecido en la NCh1333.Of.78 Tabla 4. de la NCh1333.Of78 todas las estaciones monitoreadas cumplen con la normativa para vida acuática respecto a sólidos flotantes y espumas no naturales.

Petróleo u otro hidrocarburo: En las estaciones muestreadas durante la campaña ejecutada, no se registró la presencia de petróleo u otro hidrocarburo. Por lo anterior y de acuerdo con lo establecido en la Tabla 4-8: Requisitos generales de aguas destinadas a vida acuática, según lo establecido en la NCh1333.Of.78 Tabla 4. de la NCh1333.Of78 todas las estaciones monitoreadas cumplen con la normativa, la cual indica ausencia de petróleo u otro hidrocarburo.

5.2.1.2 Campaña Primavera - 15 noviembre 2023

A continuación, se detallan los resultados de los análisis de calidad de agua medidos de manera *in situ* durante la campaña de primavera 2023 (Tabla 5-4). Los valores de Oxígeno, pH, Temperatura, Sólidos Flotantes y espumas no naturales y Petróleo u otro hidrocarburo fueron comparados con los límites establecidos en la NCh1333.Of78 -*Requisitos de calidad de agua para diferentes usos"* en específico para la Tabla 4 "Requisitos Generales de Aguas Destinadas para Vida Acuática", se descartan los otros usos debido a que dentro del área de influencia, no fue detectado que esta fuera utilizada para otros usos como riego, contacto directo o consumo humano.

Los parámetros medidos *in situ* en la columna de agua corresponden a Conductividad, Oxígeno disuelto, pH y Temperatura. Además, se evalúa la ausencia o presencia de sólidos flotantes y espumas no naturales; y petróleo u otro hidrocarburo en la columna de agua del río Arenas.

Tabla 5-4: Parámetros fisicoquímicos determinados in situ en la columna de agua para cada una de las estaciones muestreadas. Campaña primavera 2023.

Cuerpo de agua	Río Arenas			Parámetros NCH1333 Tabla 4
Parámetros	E-1 (100 AD)	E-2 (descarga)	E-3 (300m DD)	
Conductividad (µS/cm)	35	45	48	-
Oxígeno Disuelto (mg/L)	12,84	13,22	13,05	>5mg/L
pH (unidades)	6,93	7,21	7,52	6,0 a 9,0
Temperatura (°C)	9,19	9,30	9,25	En flujos de corriente no debe aumentar el valor natural en más de 3°C
Sólidos Flotantes y espumas no naturales	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausentes
Petróleo u otro hidrocarburo	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausentes

Fuente: Elaboración propia

Conductividad: Los registros obtenidos de este parámetro indican que existe una leve variación entre las estaciones muestreadas, alcanzando su mayor valor en la estación E-3 con 48 µS/cm, mientras que el menor valor fue de 35 µS/cm y se registró en la estación E-1. Dado que no existe referencia de este valor para el desarrollo de la vida acuática, este valor es considerado como información referencial para futuros monitoreos.

Oxígeno disuelto: Este parámetro es esencial para determinar la calidad de las aguas, ya que sustenta las distintas formas de vida de un sistema fluvial, y determina la presencia de agentes contaminantes y procesos de degradación. Durante el muestreo las concentraciones de oxígeno disuelto registradas variaron entre 13,22 mg/L y 12,84 mg/L correspondientes a la estación E-2 y E-1, respectivamente.

Según lo establecido en la NCh1333.Of78 estos valores se encuentran dentro del rango establecido que define como valor mínimo 5 mg/L, por lo cual todas las estaciones cumplen con la norma indicada.

pH: Los valores de pH presentaron una baja variación entre las estaciones de muestreo, con valores de pH que van desde los 6,93 a las 7,52 unidades. Estos valores fueron registrados en las estaciones E-1 y E-3, respectivamente.

Respecto al cumplimiento de la NCh1333.Of78, las 3 estaciones se ajustan al rango permitido ya que la norma fija como aceptables valores de pH superiores a las 6,0 e inferiores a las 9,0.

Temperatura: Durante la campaña de caracterización realizada, el valor de temperatura registrada en el río Arenas tuvo valores que van desde los 9,19 °C a 9,30°C.

En relación con el uso para la vida acuática, no es posible comparar los resultados del estudio debido a que no se tiene un valor natural del río Arenas, el presente estudio puede ser considerado como valor natural para la comparación de campañas futuras.

Sólidos Flotantes y espumas no naturales: En las estaciones muestreadas durante la campaña ejecutada, no se registró la presencia de sólidos flotantes y espumas no naturales. Por lo anterior y de acuerdo con lo establecido en la Tabla 4-8: Requisitos generales de

aguas destinadas a vida acuática, según lo establecido en la NCh1333.Of.78 Tabla 4. de la NCh1333.Of78 todas las estaciones monitoreadas cumplen con la normativa para vida acuática respecto a sólidos flotantes y espumas no naturales.

Petróleo u otro hidrocarburo: En las estaciones muestreadas durante la campaña ejecutada, no se registró la presencia de petróleo u otro hidrocarburo. Por lo anterior y de acuerdo con lo establecido en la Tabla 4-8: Requisitos generales de aguas destinadas a vida acuática, según lo establecido en la NCh1333.Of.78 Tabla 4. de la NCh1333.Of78 todas las estaciones monitoreadas cumplen con la normativa, la cual indica ausencia de petróleo u otro hidrocarburo.

5.2.1.3 Campaña Primavera – 23 octubre 2024

A continuación, se detallan los resultados de los análisis de calidad de agua medidos de manera *in situ* durante la campaña de primavera 2024 (Tabla 5-5). Los valores de Oxígeno, pH, Temperatura, Sólidos Flotantes y espumas no naturales y Petróleo u otro hidrocarburo fueron comparados con los límites establecidos en la NCh1333.Of78 -*Requisitos de calidad de agua para diferentes usos*" en específico para la Tabla 4 "Requisitos Generales de Aguas Destinadas para Vida Acuática", se descartan los otros usos debido a que dentro del área de influencia, no fue detectado que esta fuera utilizada para otros usos como riego, contacto directo o consumo humano.

Los parámetros medidos *in situ* en la columna de agua corresponden a Conductividad, Oxígeno disuelto, pH y Temperatura. Además, se evalúa la ausencia o presencia de sólidos flotantes y espumas no naturales; y petróleo u otro hidrocarburo en la columna de agua del río Arenas.

Tabla 5-5: Parámetros fisicoquímicos determinados in situ en la columna de agua para cada una de las estaciones muestreadas. Campaña primavera 2024.

Cuerpo de agua	Río Arenas					Parámetros NCH1333 Tabla 4
Parámetros	E1 (100m AD)	E-2 (descarga)	E-3 (300m DD)	E-4 (500m DD)	E-5 (700m DD)	
Conductividad (µS/cm)	67	123	113	115	114	-
Oxígeno Disuelto (mg/L)	7,67	11,18	9,09	10,28	10,69	>5mg/L
pH (unidades)	6,37	6,68	6,68	6,88	7,07	6,0 a 9,0
Temperatura (°C)	17,27	17,33	14,64	14,46	15,18	En flujos de corriente no debe aumentar el valor natural en más de 3°C
Sólidos Flotantes y espumas no naturales	Ausencia	Presencia	Presencia	Ausencia	Presencia	Ausentes
Petróleo u otro hidrocarburo	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausentes

Fuente: Elaboración propia

Conductividad: Los registros obtenidos de este parámetro indican que existe una leve variación entre las estaciones muestreadas, sin embargo, en la E-1 hay una disminución de este parámetro, obteniéndose un valor de 67 µS/cm y alcanzando su mayor valor en la estación E-2 con 123 µS/cm. Dado que no existe referencia de este valor para el desarrollo de la vida acuática, este valor es considerado como información referencial para futuros monitoreos.

Oxígeno disuelto: Este parámetro es esencial para determinar la calidad de las aguas, ya que sustenta las distintas formas de vida de un sistema fluvial, y determina la presencia de agentes contaminantes y procesos de degradación. Durante el muestreo, las concentraciones de oxígeno disuelto registradas variaron entre 7,67 mg/L y 11,18 mg/L correspondientes a la estación E-1 y E-2, respectivamente.

Según lo establecido en la NCh1333.Of78 estos valores se encuentran dentro del rango establecido que define como valor mínimo 5 mg/L, por lo cual todas las estaciones cumplen con la norma indicada.

pH: Los valores de pH presentaron una baja variación entre las estaciones de muestreo, con valores de pH que van desde los 6,37 a las 7,07 unidades. Estos valores fueron registrados en las estaciones E-1 y E-5 respectivamente.

Respecto al cumplimiento de la NCh1333.Of78, las cinco estaciones se ajustan al rango permitido ya que la norma fija como aceptables valores de pH superiores a las 6,0 e inferiores a las 9,0

Temperatura: Durante la campaña de caracterización realizada, el valor de temperatura registrada en el río Arenas tuvo valores que van desde los 14,46 °C a 18,35°C.

En relación con el uso para la vida acuática, no es posible comparar los resultados del estudio debido a que no se tiene un valor natural del Río Arenas, el presente estudio puede ser considerado como valor natural para la comparación de campañas futuras.

Sólidos Flotantes y espumas no naturales: En las estaciones muestreadas durante la campaña ejecutada, se registró la presencia de espumas de apariencia no naturales en las estaciones E-2, E-3 y E-5 observando estos elementos flotando en el cuerpo de agua, mientras que, para las estaciones E-1 y E-4 no se observó este fenómeno. Por ello, el cumplimiento de la Tabla 4-8: Requisitos generales de aguas destinadas a vida acuática, según lo establecido en la NCh1333.Of.78 Tabla 4. de la NCh1333.Of78 es solo para las estaciones E-1 y E-5 para vida acuática respecto a sólidos flotantes y espumas no naturales.

Petróleo u otro hidrocarburo: En las estaciones muestreadas durante la campaña ejecutada, no se registró la presencia de petróleo u otro hidrocarburo. Por lo anterior y de acuerdo con lo establecido en la Tabla 4-8: Requisitos generales de aguas destinadas a vida acuática, según lo establecido en la NCh1333.Of.78 Tabla 4. de la NCh1333.Of78 todas las estaciones monitoreadas cumplen con la normativa, la cual indica ausencia de petróleo u otro hidrocarburo.

5.2.1.4 Campaña Otoño – 7 mayo 2026

Se presentan los resultados de los análisis de calidad de agua obtenidos mediante mediciones in situ durante la campaña de otoño de 2026 (Tabla 5-6). Los parámetros evaluados en la columna de agua correspondieron a conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, pH y temperatura, variables consideradas relevantes para la caracterización de las condiciones fisicoquímicas del sistema fluvial y su aptitud para el desarrollo de comunidades acuáticas.

Los valores registrados para oxígeno disuelto, pH y temperatura fueron comparados con los criterios establecidos en la NCh1333.Of78 "Requisitos de calidad de agua para diferentes usos", específicamente con los valores de referencia indicados en la Tabla 4 "Requisitos generales de calidad de aguas destinadas a la vida acuática". Los demás usos contemplados en la normativa, tales como riego, recreación con contacto directo o consumo humano, no fueron considerados en el presente análisis, debido a que durante las actividades de terreno

no se identificaron evidencias de utilización del cuerpo de agua para dichos fines dentro del área de influencia del Proyecto.

Tabla 5-6: Parámetros fisicoquímicos determinados in situ en la columna de agua para cada una de las estaciones muestreadas. Campaña Otoño 2026.

Cuerpo de agua	Río Arenas								Parámetros NCH1333 Tabla 4
Parámetros	E1 (100m AD)	E-2 (descarga)	E-3 (300m DD)	E-4 (500m DD)	E-5 (700m DD)	E6 (1.000m DD)	E7 (1.300m DD)	E8 (1.700m DD)	
Conductividad (µS/cm)	90	45	32	34	35	30	34	48	-
Oxígeno Disuelto (mg/L)	10,79	11,01	11,54	11,69	12,02	12,24	12,09	11,57	>5mg/L
pH (unidades)	8,03	5,47	4,77	4,87	4,98	5,2	5,07	5,42	6,0 a 9,0
Temperatura (°C)	10,64	9,23	9,32	9,51	9,73	9,67	9,68	9,76	En flujos de corriente no debe aumentar el valor natural en más de 3°C

Fuente: Elaboración propia

Conductividad: Los registros de conductividad obtenidos durante la campaña evidencian una variación moderada entre las estaciones de muestreo, observándose el menor valor en la estación E-6, con 30 µS/cm, mientras que el valor máximo fue registrado en la estación E-1, alcanzando 90 µS/cm. El resto de las estaciones presentó valores relativamente homogéneos, fluctuando entre 32 y 48 µS/cm.

Oxígeno disuelto: Los registros de oxígeno disuelto obtenidos durante la campaña evidencian valores elevados y relativamente homogéneos entre las estaciones de muestreo, fluctuando entre 10,79 mg/L en la estación E-1 y 12,24 mg/L en la estación E-6. El resto de las estaciones presentó concentraciones comprendidas entre 11,01 y 12,09 mg/L, reflejando condiciones de buena oxigenación en todo el tramo evaluado del río Arenas.

De acuerdo con los criterios establecidos en la NCh1333.Of78 para aguas destinadas a la protección de la vida acuática, las concentraciones registradas superan ampliamente el valor mínimo de referencia de 5 mg/L. En este contexto, los resultados indican condiciones ambientales favorables para el desarrollo y mantención de comunidades acuáticas, particularmente para organismos sensibles a disminuciones en la disponibilidad de oxígeno disuelto.

pH: Los valores de pH registrados durante la campaña evidencian una variación importante entre las estaciones de muestreo, con valores que fluctuaron entre 4,77 en la estación E-3 y 8,03 en la estación E-1. La mayoría de las estaciones presentó condiciones ácidas, registrándose valores entre 4,97 y 5,47 en las estaciones E-2, E-4, E-5, E-6, E-7 y E-8.

De acuerdo con los criterios establecidos en la NCh1333.Of78 para aguas destinadas a la protección de la vida acuática, el rango aceptable de pH corresponde a valores entre 6,0 y 9,0. En este contexto, únicamente la estación E-1 cumple con el rango de referencia normativo, mientras que las restantes estaciones presentan valores inferiores al límite mínimo establecido.

Temperatura: Los registros de temperatura obtenidos durante la campaña evidencian valores homogéneos entre las estaciones de muestreo, fluctuando entre 9,23 °C en la

estación E-2 y 10,64 °C en la estación E-1. El resto de las estaciones presentó temperaturas relativamente similares, con valores comprendidos entre 9,32 °C y 9,76 °C.

La baja variabilidad térmica observada a lo largo del tramo evaluado sugiere condiciones ambientales relativamente estables y una adecuada continuidad hidráulica del sistema fluvial. Asimismo, las temperaturas registradas son coherentes con las características climáticas y estacionales del área de estudio, así como con la presencia de cobertura vegetal ribereña, la cual contribuye a la regulación térmica del cuerpo de agua.

5.2.2 Parámetros medidos en laboratorio

5.2.2.1 Campaña Invierno – 6 septiembre 2023

A continuación, se detallan los resultados de los análisis de calidad de agua en el laboratorio ANAM (Tabla 5-7).

Los parámetros analizados en laboratorio corresponden a Aceites y grasas, Coliformes fecales, DBO5, DQO, Nitrógeno total Kjeldahl y Sólidos suspendidos totales.

Tabla 5-7: Parámetros analizados en el laboratorio ANAM para cada una de las estaciones muestreadas. Campaña invierno 2023.

Parámetro	Unidad	E-1	E-2	E-3	Límite de Detección
Aceites y grasas	**mg/L**	<4	<4	<4	**4**
Coliformes fecales	**NMP/100mL**	7,8	7,8	49	**1,8**
Demanda Bioquímica de Oxígeno	**mg/L**	<2	<2	<2	**2**
Demanda Química de Oxígeno	**mg/L**	32	22	16	**2**
Nitrógeno total Kjeldahl	**mg/L**	2,62	<1	<1	**1**
Sólidos suspendidos totales	**mg/L**	8	6	7	**1**

Fuente: Elaboración propia a través de los datos entregados por ANAM.

Aceites y grasas: Los resultados de aceites y grasas con respecto al límite de detección (<4 mg/L) demuestran encontrarse por debajo, registrando en todas las estaciones valores que

no superan los 4 mg/L. Esta información complementa lo caracterizado *in situ* en donde la observación visual no detecto presencia de estos elementos.

Coliformes Fecales: Los resultados de los ensayos entregados por ANAM con respecto a los coliformes fecales demuestran que en todas las estaciones de monitoreo el límite de detección es altamente superado < 1,8 NMP/100 mL, en donde la estación E-3 fue la con mayor concentración registrando un valor de 49 NMP/100 mL. Por otro lado, las dos estaciones restantes (E-1 y E-2) registraron valores iguales con 7,8 NMP/100 mL.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5): Las concentraciones de demanda química de oxígeno fueron uniformes, en donde las tres estaciones registraron valores inferiores al límite de detección (<2mg/L). Esta información es indicativa de que el oxígeno requerido para el desarrollo de todos los procesos bioquímicos es bajo.

Demanda Química de Oxígeno (DQO): Los resultados entregados para la demanda química de oxígeno nos señalan que estos se encuentran por encima del límite de detección (<2 mg/L) en donde la estación E-1 registró un valor de 32 mg/L, seguida por la estación E-2 con un valor de 22 mg/L. Finalmente encontramos a la estación E-3 que registró un valor de 16 mg/L.

Nitrógeno Total Kjeldahl: Las concentraciones de nitrógeno total de Kjeldahl se encontraron por debajo del límite de detección (<1 mg/L) en la estación E-2 y E-3. En la estación E-1 el límite de detección se vio superado por un valor de 2,62 mg/L.

Sólidos Suspendidos Totales: Los valores de los sólidos suspendidos totales fueron variables para las tres estaciones, en donde la estación E-1 registró un valor de 8 mg/L, seguida por la estación E-3 que registró un valor de 7 mg/L. Finalmente, la estación E-2 registró un valor de 6 mg/L. Si esto lo comparamos con el límite de detección (<1 mg/L) encontramos que todas las estaciones superaron el margen permitido.

5.2.2.2 Primavera 2024

A continuación, se detallan los resultados de los análisis de calidad de agua en el laboratorio ANAM (Tabla 5-8).

Los parámetros analizados en laboratorio corresponden a Aceites y grasas, Coliforme fecales, Demanda bioquímica de oxígeno, Demanda química de oxígeno, Fósforo, Nitrito, Sólidos sedimentables, Sólidos suspendidos totales y Turbiedad.

Tabla 5-8: Parámetros analizados en el laboratorio ANAM para cada una de las estaciones muestreadas. Campaña primavera 2024.

Parámetro	Unidad	E-1 (100)	E-2 (descarga)	E-3 (300)	E-4 (500)	E-5 (700)	Límite de detección
Aceites y Grasas	mg/L	<4	<4	<4	<4	<4	4
Alcalinidad Total	Mg $CaCO_3$/L	19	41	38	38	35	1,2
Coliformes fecales	NMP/100mL	7,8	4,3	4,5	17	7,8	1,8
Fósforo		<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	0,07
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	<2	<2	<2	<2	<2	2
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	24	19	23	30	18	2
Fósforo	mg/L	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	0,07
Nitrógeno total	mg/L	<1	<1	<1	<1	<1	1
Nitrato	mg/L	1,100	1,100	0,951	1,340	1,355	0,003
Nitrito	mg/L	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	0,0
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L	<1	<1	<1	<1	<1	1
Solidos Sedimentables	mL/L 1H	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	1	2	2	1	1	1
Turbiedad	NTU	1,3	0,75	1,0	0,7	0,75	

Fuente: Elaboración propia a través de los datos entregados por ANAM.

Aceites y grasas: Los resultados de aceites y grasas con respecto al límite de detección (<4 mg/L) demuestran encontrarse por debajo, registrando en todas las estaciones valores que no superan los 4 mg/L. Esta información complementa lo caracterizado *in situ* en donde la observación visual no detecto presencia de estos elementos.

Alcalinidad Total: Los valores de alcalinidad total mostraron una variación entre los 19 y 41 mg $CaCO_3$/L, registrados en la estación E-1 y E-2, respectivamente. Este atributo es un indicativo de la capacidad amortiguadora del sistema por lo que sus valores relevan una condición favorable acorde a este parámetro.

Coliformes Fecales: Los resultados de los ensayos entregados por ANAM con respecto a los coliformes fecales demuestran que en todas las estaciones de monitoreo el límite de detección es superado (1,8 NMP/100 mL), en donde la estación E-4 fue la con mayor concentración registrando un valor de 17 NMP/100 mL. Por otro lado, la E-2 registró la menor concentración con un valor de 4,3 NMP/100 mL.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5): Las concentraciones de demanda química de oxígeno fueron uniformes, en donde todas las estaciones registraron valores inferiores al límite de detección (<2mg/L). Al igual que la campaña anterior, estos valores reflejan que el sistema acuático requiere bajas concentraciones de oxígeno para llevar a cabo sus procesos bioquímicos.

Demanda Química de Oxígeno (DQO): Los resultados entregados para la demanda química de oxígeno nos señalan que estos se encuentran por encima del límite de detección (<2 mg/L) en donde la estación E-3 registró el mayor valor con 37 mg/L y la E-5 registró el menor valor con 18 mg/L.

Fósforo: Las concentraciones de Fósforo fueron uniformes, en donde todas las estaciones registraron valores inferiores al límite de detección (<0,07 mg/L). Este valor es indicativo que este recurso limitante para el desarrollo de plantas es bajo por ende es un indicativo de la salud del sistema acuático en términos de procesos de eutrofización

Nitrógeno total: Las concentraciones de Nitrógeno total registrada en los distintos puntos de muestreo fueron inferiores al límite de detección en todas las estaciones de muestreo (<1mg/L). Al igual que con el parámetro de Fosforo, este elemento es un recurso limitante que implicado en el proceso de eutrofización.

Nitrito: Las concentraciones de Nitrito fueron uniformes, en donde todas las estaciones registraron valores inferiores a 0,06 mg/L. Las bajas concentraciones detectadas son un indicativo de que el cuerpo de agua está expuesto a una baja carga contaminante

Nitrato: Para todos los puntos de muestreo, las concentraciones de nitrato mostraron una variación entre 0,951 a 1,340 mg/L registrando su menor valor en la estación E-3 y su máximo en la estación E-5. Las concentraciones detectadas de este parámetro indican que existe una presencia no natural de este en las estaciones de estudio, posiblemente proporcionado por las poblaciones aledañas

Nitrógeno Kjeldahl: Las concentraciones de Nitrógeno Kjeldahl mostró valores inferiores al límite de detección (<1 mg/L) en todas las estaciones muestreadas

Sólidos Sedimentables: Las concentraciones de Sólidos sedimentables fueron uniformes, en donde todas las estaciones registraron valores inferiores a 0,6 mL/L 1H.

Sólidos Suspendidos Totales: Los valores de los sólidos suspendidos totales fueron similares en las diferentes estaciones, en donde la estación E-1, E-4 y E-5 registraron un valor de 1 mg/L, mientras que las estaciones E-2 y E-3 registraron un valor de 2 mg/L.

Turbiedad: Los valores de turbiedad fluctuaron entre 0,7 NTU y 1,3 NTU entre las estaciones E-4 y E-1 respectivamente.

5.3 Fauna Acuática

5.4.1 Comunidades bentónicas

5.4.1.1 Campaña invierno – 6 septiembre 2023

El ensamble de macroinvertebrados bentónicos estuvo compuesto por un total de 13 taxa, la mayor parte de los cuales correspondieron a estados inmaduros de insectos (larvas y pupas), donde el orden Díptera estuvo representado por 4 familias, seguida por el grupo de Plecoptera con dos familias cada grupo, mientras que Ephemeroptera y Trichoptera quedaron representadas por una sola familia respectivamente (Tabla 5-9). Para los taxa que no son insectos, se observaron crustáceos malacostracos que fueron representados por 3 familias Hyalellidae, Janiridae y Parastacidae (18,75%), entognatos y gusanos anélidos (familia Haplotaxida) (Tabla 5-9).

Los taxa más abundantes durante la campaña de invierno 2023 fueron larvas de plecópteros de la familia Gripopterygidae (*Limnoperla* sp.) con un total de 3083,8 Ind/m^2 equivalente al 75,5% del total de la abundancia del ensamble seguido por larvas de dípteros dulceacuícolas de la Familia Chironomidae con 288,9 Ind/m2 equivalente al 7,1%. Larvas de efemerópteros de la familia Leptophlebiidae registraron 238,8 Ind/m2 (5,9% del total), mientras que el anfípodo Hyalella sp. registró 111,1 Ind/m2 lo que equivale al 2,7% del total (Tabla 5-9)

En Figura 5-3 se presentan algunos macroinvertebrados bentónicos registrados durante la campaña de muestreo.

Tabla 5-9: Abundancias de macroinvertebrados bentónicos Ind/m² (>250µm) (n=2) registrados en las 4 estaciones de muestreo del proyecto "PTAS Puerto Montt". El color verde indica la especie más abundante y el color naranjo destaca la estación con mayor cantidad de individuos (Ind/m²).

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE/GRUPO	E-1	E-2	E-3	E-4	Total por especie	% por especie
Clitellata	Haplotaxida	Naididae	Nais	*Nais* sp.	0	22,2	33,3	22,2	77,7	1,90
Entognatha	Poduromorpha	Poduridae Larva	Indeterminado	Poduridae spp. Indet.	11,1	0	0	0	11,1	0,27
Insecta	Diptera	Chironomidae Larva	Indeterminado	Chironomidae spp. Indet.	22,2	0	66,7	200	288,9	7,08
		Empididae Larva	Indeterminado	Empididae spp. Indet.	11,1	0	0	11,1	22,2	0,54
		Psychodidae Larva	Indeterminado	Psychodidae spp. Indet.	0	0	0	11,1	11,1	0,27
		Simuliidae Larva	Indeterminado	Simuliidae spp. Indet.	0	11,1	22,2	61,1	94,4	2,31
	Ephemeroptera	Leptophlebiidae Larva	Indeterminado	Leptophlebiidae spp. Indet.	100	50	44,4	44,4	238,8	5,85
	Plecoptera	Gripopterygidae Larva	Limnoperla	*Limnoperla* sp.	483,3	850	844,4	905,6	3083,3	75,52
		Notonemouridae Larva	Indeterminado	Notonemouridae spp. Indet.	0	11,1	11,1	33,3	55,5	1,36
	Tricoptera	Leptoceridae Larva	Indeterminado	Leptoceridae spp. Indet	0	0	33,3	22,2	55,5	1,36
Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae Larva	Hyalella	*Hyalella* sp.	0	0	77,8	33,3	111,1	2,72
	Isopoda	Janiridae Larva	Indeterminado	*Heterias exul*	0	11,1	0	0	11,1	0,27
	Decapoda	Parastacidae	Samastacus	*Samastacus* sp.	11,1	0	11,1	0	22,2	0,54
				Sumatoria	638,8	955,5	1144,3	1344,3	4082,9	100%

Fuente: Laboratorio Season.



Figura 5-3: Algunos macroinvertebrados bentónicos registrados durante la campaña de muestreo realizada de septiembre-2023. A. Larva de efemeróptero de la familia Leptophlebiidae.; B. Larva de tricóptero de la familia Leptoceridae.; C. Larva de díptero de la familia Chironomidae.; y D. Larva de plecóptero *Limnoperla sp*.

Fuente: Laboratorio Season.

5.2.2.2.1 Abundancia

Según el análisis de los parámetros comunitarios del ensamble de macroinvertebrados bentónicos, durante septiembre, las estaciones de muestreo más abundantes fueron E-4 y E-3 con 1344,3 y 1144,3 Ind/m^2, respectivamente (Figura 5-4: Variabilidad de parámetros comunitarios de macroinvertebrados bentónicos en las 4 estaciones de muestreo analizadas; a) abundancia (N), b) Riqueza (S), c) Diversidad de Shannon (H') y d) Equidad de Pielou (J').A). Estos valores de abundancia están siendo modulados principalmente por organismos de la

familia Gripopterygidae (Tabla 5-9) mientras que la estación con más baja abundancia fue la estación E-1 con 638,8 Ind/m^2 (Figura 5-4A).

5.4.1.1.1 Riqueza

La riqueza de especies, las estaciones de muestreo que presentan la mayor riqueza son la E-4 y E-3 con 10 y 9 especies respectivamente, mientras que la estación de E-1 y E-2 registraron las menores riquezas de especies del muestreo con 6 taxa. (Figura 5-4B).

5.4.1.1.2 Biodiversidad de Shannon (H')

La diversidad de Shannon fue relativamente baja en todas las estaciones estudiadas, con un máximo de 1,20 (H´) para la estación de muestreo E-4, seguido por la estación E-3 con 1,07. El menor valor del índice registrado en este estudio fue 0,50 (H´) en la estación E-2 (Figura 5-4C).

5.4.1.1.3 Equidad de Pielou (J')

El índice de equidad de Pielou mostró un promedio de 0,4579 (J´) siendo la estación E-4 con valor más alto y equitativo de la campaña (J´= 0,5214), seguidas por la estación E-3 con 0,4875, respectivamente) mientras que la estación E-2 registró el valor más bajo y menos equitativo con 0,2797 (J´) (Figura 5-4D).

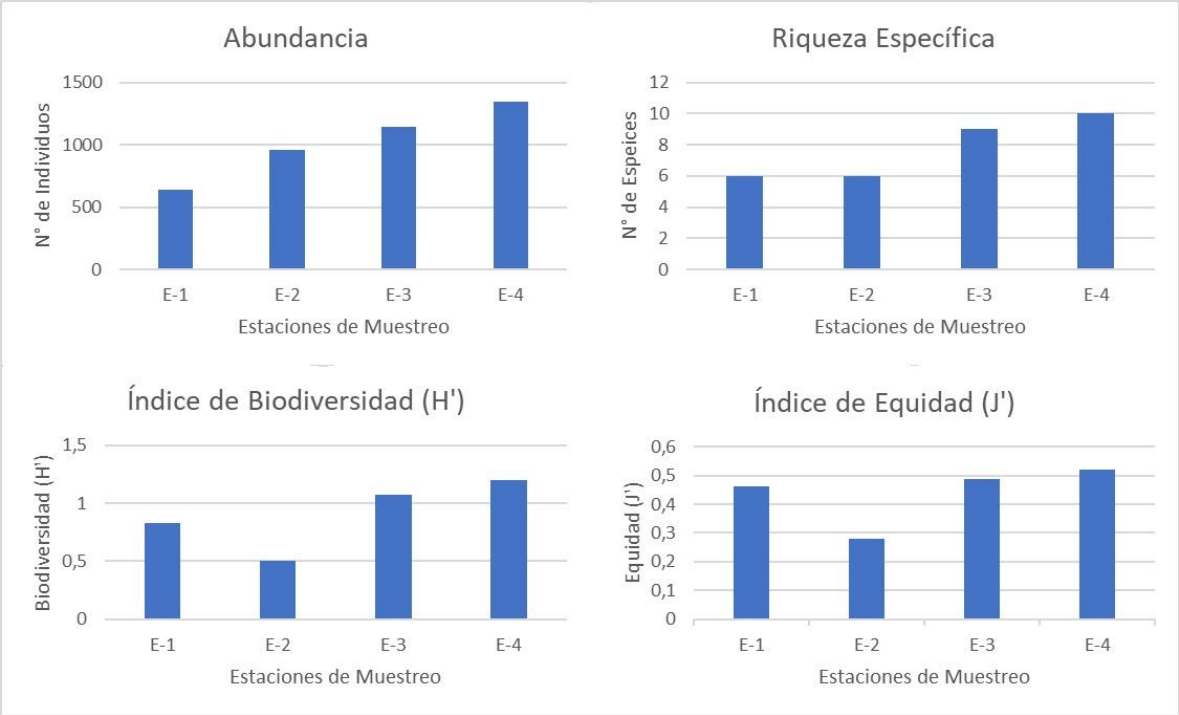


Figura 5-4: Variabilidad de parámetros comunitarios de macroinvertebrados bentónicos en las 4 estaciones de muestreo analizadas; a) abundancia (N), b) Riqueza (S), c) Diversidad de Shannon (H') y d) Equidad de Pielou (J'). Invierno 2023

Fuente: Laboratorio Season.

5.4.1.1.4 Índice Biótico de Familia (ChIBF)

El índice biótico de familia (ChIBF) aplicado a las 4 estaciones de muestreo, registró valores que caracterizaron a 4 estaciones con un bajo nivel de perturbación ambiental, donde valores bajos del índice biótico ChIBF la clasifican como la Clase I con un estado de calidad de agua "Muy bueno, no perturbado" para todas las estaciones (Tabla 5-10).

Tabla 5-10: Resultados del sistema de clasificación de calidad de agua basado en los valores del índice biótico de familias (Ch IBF) para las estaciones asociados al área de estudio.

Estación	ChIBF	Clase	Características Ambientales
E-1	1,42	I	Muy Bueno, no perturbado
E-2	1,30	I	Muy Bueno, no perturbado
E-3	2,23	I	Muy Bueno, no perturbado
E-4	2,58	I	Muy Bueno, no perturbado

Fuente: Laboratorio Season.

5.4.1.1.5 Índice Ephemeroptera Plecóptera y Trichoptera (EPT)

El índice biótico EPT (Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera), utiliza la presencia de especies de estas familias como indicador de calidad de aguas. Al ser aplicado a las estaciones de muestreo estudiadas, el resultado mostró aguas de "Clase 1", con una "Calidad Muy Buena" para la E-1, E-2 y E-3, mientras que en la E-4 mostró valores del índice más bajos clasificándose en "Clase 2" o "Calidad Buena" del agua (Tabla 5-11).

Tabla 5-11: Resultados del sistema de clasificación de calidad de agua basado en los valores del índice biótico de familias (Ch IBF) para las estaciones asociados al área de estudio.

Estación	Índice EPT%	Clase	Características Ambientales
E-1	91,304	1	Muy Buena
E-2	95,349	1	Muy Buena
E-3	81,553	1	Muy Buena
E-4	74,793	2	Buena

Fuente: Laboratorio Season.

5.2.2.2.2 Análisis de Clúster

Al realizar el análisis de conglomerados con un nivel arbitrario de corte de 50% de similitud se observan diferencias significativas entre la estación 100 m río arriba (SIMPROF Pi: 3,91; p= 0,012), con el resto de las estaciones. Sin embargo, se observa una estructura homogénea sobre un 50% de similitud en todas las estaciones estudiadas (Figura 5-5).

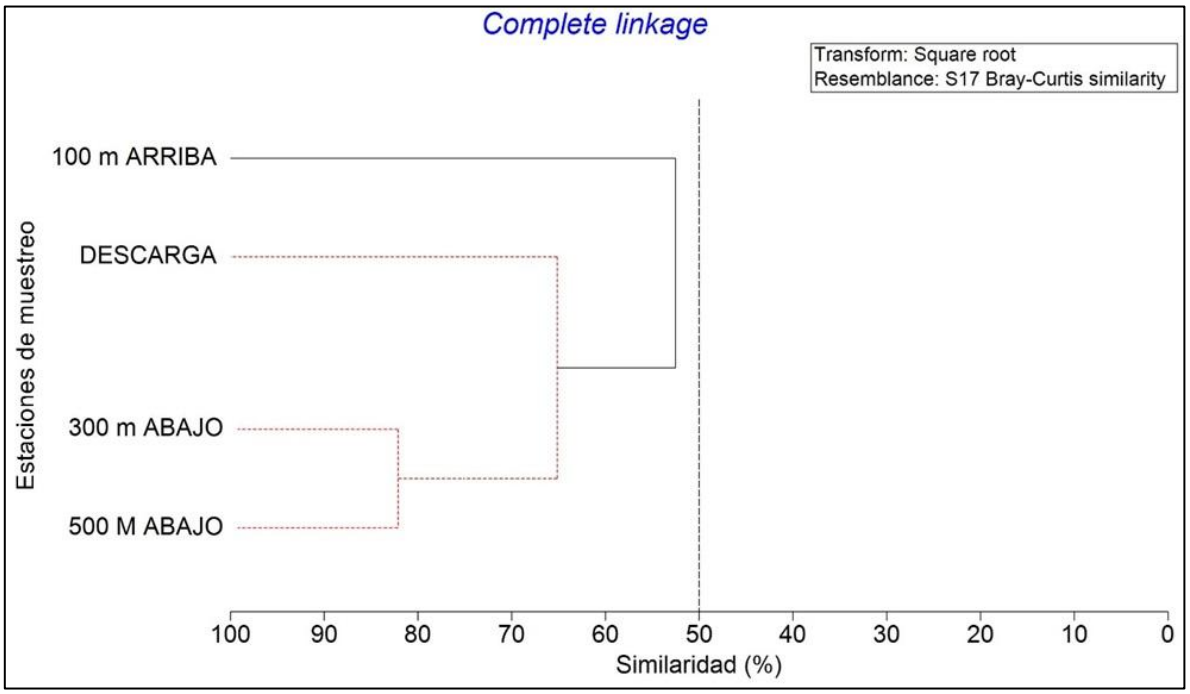


Figura 5-5:Clasificación y ordenación de las cuatro estaciones de muestreo, mediante análisis de clúster (ligamiento promedio), los análisis se realizaron sobre la base de una matriz de disimilitud de Bray & Curtis.

5.4.1.1.6 Estados de conservación

Durante la campaña realizada se registró la especie *Samastacus spinifrons*, clasificada como preocupación menor (LC) de acuerdo con el D.S. N°54/2014 del Ministerio de Medio Ambiente.

5.2.2.3 Campaña primavera - 15 noviembre 2023

El ensamble de macroinvertebrados bentónicos estuvo compuesto por un total de 3 taxa correspondiente a estados inmaduros de artrópodos de los grupos Ephemeroptera, Plecoptera y Diptera, representadas por las familias Leptophlebiidae, Gripopterygidae y Simuliidae, respectivamente (Tabla 5-12).

Los taxa más abundantes durante la campaña de noviembre 2023 fueron las larvas de plecópteros de la familia Gripopterygidae con un total de 867 Ind/m^2 (Tabla 5-12). Es Importante indicar que en esta campaña sólo fue posible muestrear 3 de las 4 estaciones en comparación a la campaña de invierno 2023.

Tabla 5-12: Abundancias de macroinvertebrados bentónicos Ind/m^2 (>250µm) (n=2) registrados en las 3 estaciones de muestreo del proyecto "PTAS Puerto Montt". El color verde indica la especie más abundante y el color naranjo destaca la estación con mayor cantidad de individuos (Ind/m^2).

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE/GRUPO	E-1	E-2	E-3	Total por especie	% por especie
Insecta	Diptera	Simuliidae Larva	Indeterminado	Simuliidae sp. Indet.	122	711	11	844	43,17
	Ephemeroptera	Leptophlebiidae Larva	Indeterminado	Leptophlebiidae sp. Indet.	156	44	44	244	12,48
	Plecoptera	Gripopterygidae Larva	Indeterminado	Gripopterygidae sp Indet.	378	211	278	867	44,35
				Sumatoria	656	966	333	1955	100%

Fuente: Laboratorio Ecogestión.

5.2.2.3.1 Abundancia

Según el análisis de los parámetros comunitarios del ensamble de macroinvertebrados bentónicos, durante noviembre 2023, la estación de muestreo más abundante correspondió a la E-2 con 966 Ind/m^2, respectivamente (Figura 5-6). Estos altos valores de abundancia están siendo modulados principalmente por organismos de la familia Simuliidae (Tabla 5-12) mientras que la estación con más baja abundancia fue la estación E-3 con 333 Ind/m^2 (Figura 5-6A).

5.2.2.3.2 Riqueza

La riqueza de especies, las estaciones de muestreo muestran que todas comparten la totalidad de las especies registradas (3 especies, Figura 5-6B).

5.2.2.3.3 Biodiversidad de Shannon (H')

La diversidad de Shannon fue relativamente baja en todas las estaciones estudiadas, con un máximo de 0,97 (H´) para la estación de muestreo E-1. El menor valor del índice registrado en este estudio fue 0,53 (H´) en la estación E-3 (Figura 5-6C).

5.2.2.3.4 Equidad de Pielou (J')

El índice de equidad de Pielou mostró un promedio de 0,6679 (J´) siendo la estación E-1 con valor más alto y equitativo de la campaña (J´= 0,8811), mientras que la estación E-3 registró el valor más bajo y menos equitativo con 0,4831 (J´) (Figura 5-6D).

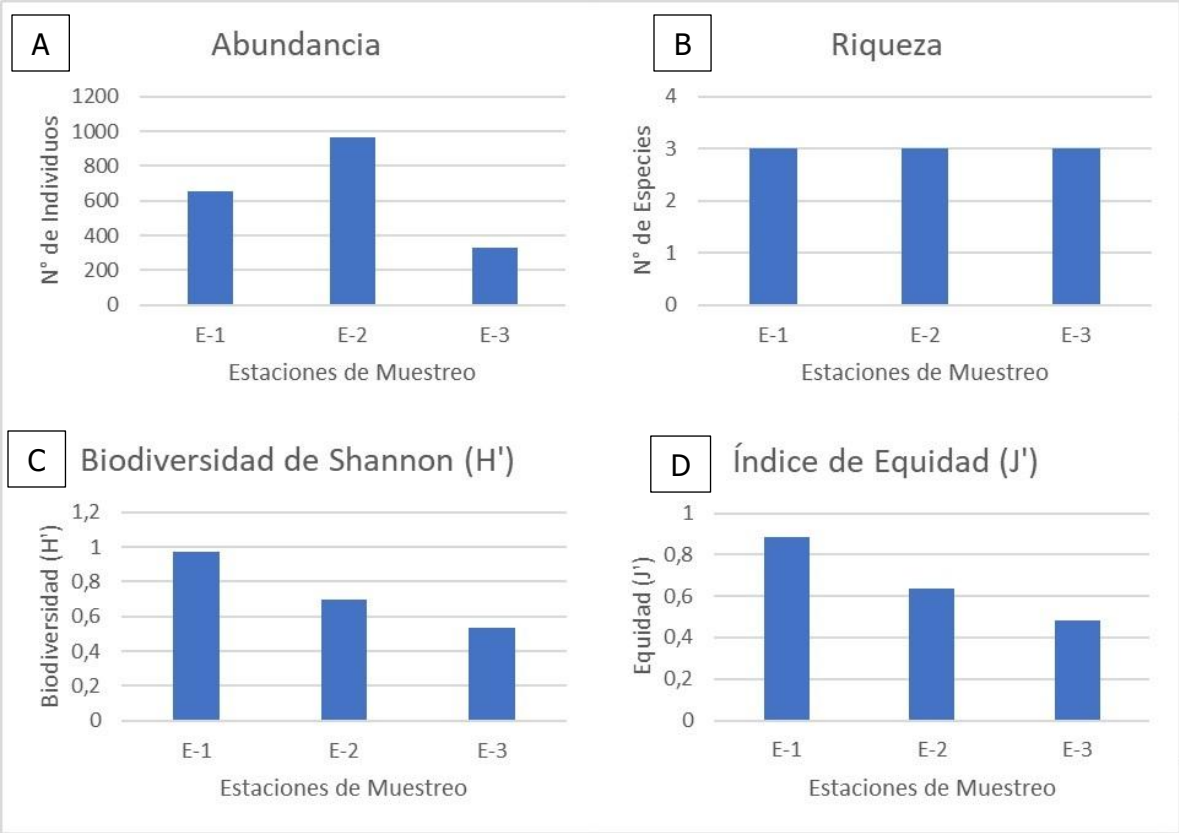


Figura 5-6: Variabilidad de parámetros comunitarios de macroinvertebrados bentónicos en las 4 estaciones de muestreo analizadas; a) abundancia (N), b) Riqueza (S), c) Diversidad de Shannon (H') y d) Equidad de Pielou (J'). Primavera 2023

Fuente: Laboratorio Ecogestión.

5.2.2.3.5 Índice Biótico de Familia (ChIBF)

El índice biótico de familia (ChIBF) aplicado a las 3 estaciones de muestreo, registró valores que caracterizaron a 2 de las estaciones con un bajo nivel de perturbación ambiental, donde valores bajos del índice biótico ChIBF clasificándose en la Clase I con un estado de calidad de agua "Muy bueno, no perturbado" correspondiente a la estación E-1 y E-3. Mientras que la estación E-2 mostró un nivel de perturbación mayor clasificado como Clase III de calidad de agua "Regular, perturbado" (Tabla 5-13).

Tabla 5-13: Resultados del sistema de clasificación de calidad de agua basado en los valores del índice biótico de familias (Ch IBF) para las estaciones asociados al área de estudio.

Estación	ChIBF	Clase	Características Ambientales
E-1	2,17	I	Muy Bueno, no perturbado
E-2	4,73	III	Regular, perturbado
E-3	1,30	I	Muy Bueno, no perturbado

Fuente: Laboratorio Ecogestión.

5.2.2.3.6 Índice Ephemeroptera Plecoptera y Trichoptera (EPT)

El índice biótico EPT (Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera), utiliza la presencia de especies de estas familias como indicador de calidad de aguas. Al ser aplicado a las estaciones de muestreo estudiadas, el resultado mostró aguas de "Clase 1", con una "Calidad Muy Buena" para la E-1, y E-3, mientras que en la E-2 mostró valores del índice más altos clasificándose en "Clase 3" o "Regular" (Tabla 5-14).

Tabla 5-14: Resultados del sistema de clasificación de calidad de agua basado en los valores del índice biótico de familias (Ch IBF) para los esteros asociados al área de estudio.

Estación	Índice EPT%	Clase	Características Ambientales
E-1	81,4	1	Muy Buena
E-2	26,4	3	Regular
E-3	96,7	1	Muy Buena

Fuente: Laboratorio Season.

5.2.2.3.7 Análisis de Clúster

Al realizar el análisis de conglomerados con un nivel arbitrario de corte de 50% de similitud se observan diferencias significativas entre la estación 100 m río arriba (SIMPROF Pi: 3,91; p= 0,012), con el resto de las estaciones. Sin embargo, se observa una estructura homogénea sobre un 60% de similitud en todas las estaciones estudiadas (Figura 5-7).

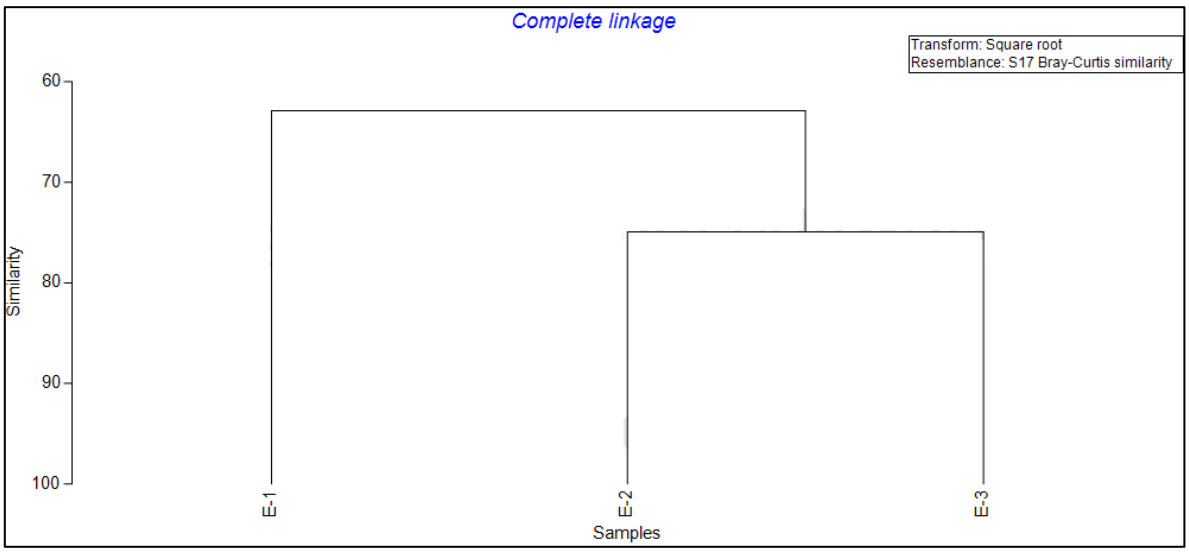


Figura 5-7:Clasificación y ordenación de las tres estaciones de muestreo, mediante análisis de clúster (ligamiento promedio), los análisis se realizaron sobre la base de una matriz de disimilitud de Bray & Curtis.

5.2.2.3.8 Estados de conservación

Durante la campaña no se registraron especies en categoría de conservación, según vigésimo Reglamento de Clasificación de Especies del (RCE).

5.2.2.4 Campaña otoño – 7 de mayo del 2026

El ensamble de macroinvertebrados bentónicos estuvo compuesto por un total de 15 taxa correspondiente a estados inmaduros de artrópodos de los grupos Ephemeroptera, Trichoptera, Plecoptera, Diptera y Amphipoda (Tabla 5-15).

Los taxa más abundantes durante la campaña de mayo 2026 fueron los anélidos de la familia Naididae (*Nais sp*) con un total de 761,1 Ind/m^2 (Tabla 5-15).

Tabla 5-15: Abundancias de macroinvertebrados bentónicos Ind/m² (>250µm) (n=2) registrados en las 8 estaciones de muestreo del proyecto "PTAS Puerto Montt". El color verde indica la especie más abundante y el color naranjo destaca la estación con mayor cantidad de individuos (Ind/m²).

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE / GRUPO	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	Total por Taxa	% por taxa
Annelida	Clitellata	Haplotaxida	Lumbriculidae	Lumbriculidae spp. Indet.	50,0	16,7	44,4		83,3	66,7	22,2		283,3	17,2
			Naididae	*Nais* sp.	116,7	38,9	11,1	61,1	22,2	11,1	22,2	372,2	655,6	39,9
				Naididae spp. Indet.	33,3	22,2		16,7	11,1	11,1	11,1		105,6	6,4
Arthropoda	Insecta	Diptera	Ceratopogonidae Larva	Ceratopogonidae spp. Indet.	11,1								11,1	0,7
			Chironomidae Larva	Chironomidae spp. Indet.	11,1	11,1	61,1				11,1		94,4	5,7
		Ephemeroptera	Leptophlebiidae Larva	*Meridialaris* sp			11,1	11,1					22,2	1,4
		Plecoptera	Grypopterigidae Larva	*Antactoperla* sp.		22,2	16,7						38,9	2,4
		Trichoptera	Hydroptilidae Larva	*Oxyethira* sp.	38,9	11,1	22,2					16,7	88,9	5,4
			Hydropsychidae Larva	*Smicridea* sp.			11,1						11,1	0,7
	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	*Hyalella* sp.	61,1	16,7	27,8						105,6	6,4
Mollusca	Bivalvia	Sphaeriida	Sphaeriidae	*Musculium* sp.	22,2								22,22	1,4
				Pisidium sp.	33,3	11,1				11,1	11,1		66,7	4,1
	Gastropoda	Sorbeoconcha	Hydrobiidae	Hydrobiidae spp.Indet.			105,6	11,1					116,7	7,1
		Superorden Hygrophila	Chilinidae	*Chilina* sp.							11,1		11,1	0,7
			Planorbidae	Planorbidae spp.Indet.								11,1	11,1	0,7
					377,7	150	311,1	100	116,7	100	88,9	400		

Fuente: Laboratorio Season

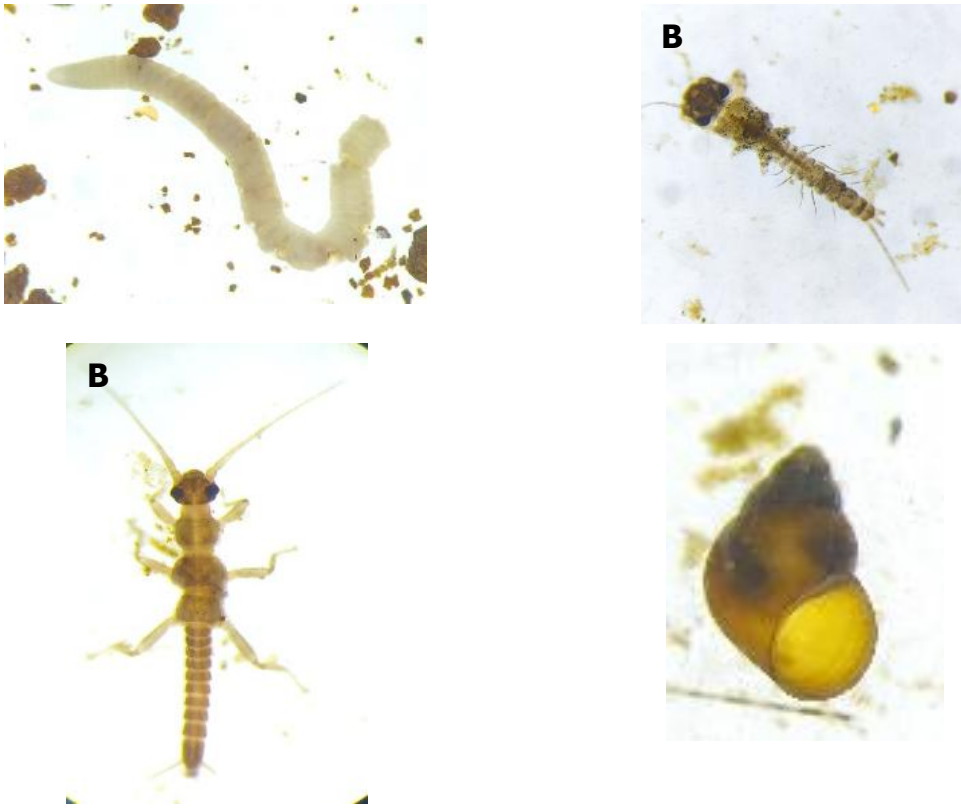


Figura 5-8: Algunos macroinvertebrados bentónicos registrados durante la campaña de muestreo realizada de marzo-2026. A. Anélido de la familia Lumbriculidae; B. Larva de Ephemenoptera de la familia Leptophlebiidae, taxa Meridialaris sp; C. Plecóptero de la familia Grypopterigidae; D) Gastrópodo de la familia Hydrobiidae

Fuente: Laboratorio Season.

5.2.2.4.1 Abundancia

Según el análisis de los parámetros comunitarios del ensamble de macroinvertebrados bentónicos, durante mayo 2026, la estación de muestreo más abundante fue E8 con 400 Ind/m^2, seguidas por E-1 y E-3 con 378 y 311 Ind/m^2, respectivamente. La estación de menor abundancia registra fue E7 con 89 Ind/m^2 (Figura 5-9A)

5.2.2.4.2 Riqueza

La riqueza de especies mostró valores mayores en las estaciones E-1 y E-3 con 9 taxa, mientras que E-5 y E-8 registraron solo 3 taxa, siendo estas últimas estaciones con el menor valor (Figura 5-9B).

5.2.2.4.3 Biodiversidad de Shannon (H')

Los valores de la diversidad de Shannon mostraron los mayores valores en E-1 y E-2 con 1,96 y 1,98 nits/ind, mientras que E-8 obtuvo el menor valor del índice con 0,3 nits/ind (Figura 5-9C).

5.2.2.4.4 Equidad de Pielou (J´)

El índice de equidad de Pielou mostró los valores más altos en las estaciones E-2 y E-7 con 0,95 y 0,97, respectivamente, mientras que E-8 mostro un valor más bajo con 0,27 lo que evidencia una comunidad con dominancia de una especie (Figura 5-9D).

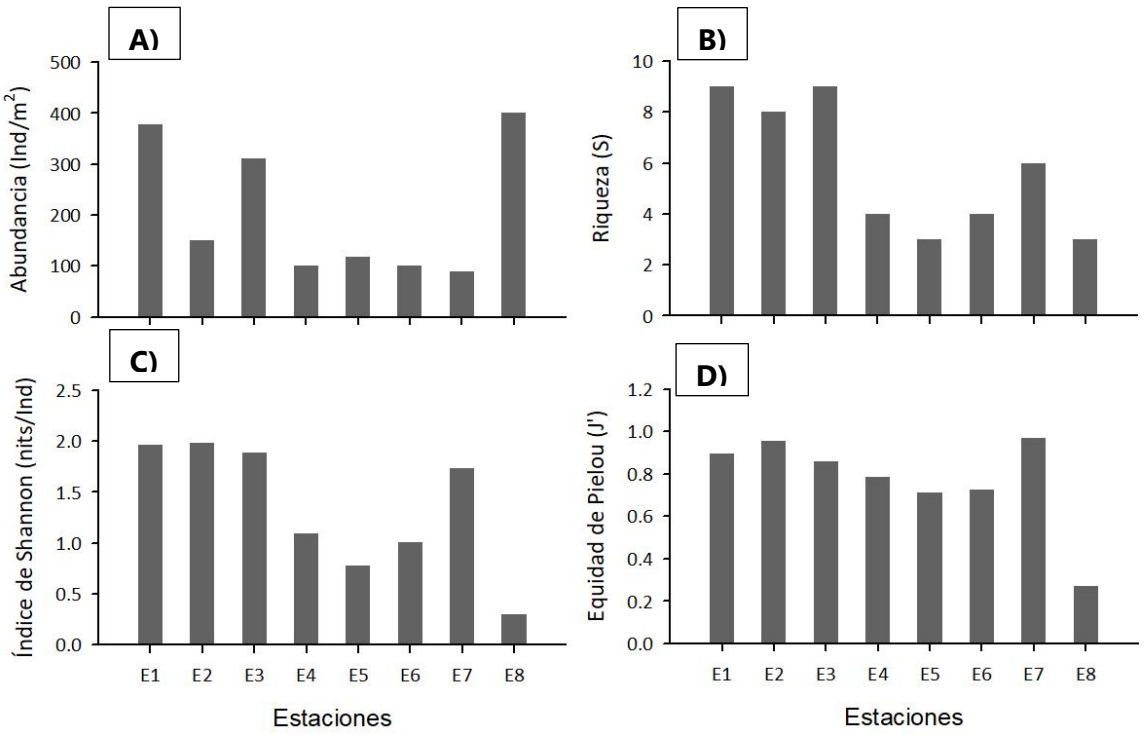


Figura 5-9: Variabilidad de parámetros comunitarios de macroinvertebrados bentónicos en las 4 estaciones de muestreo analizadas; a) abundancia (N), b) Riqueza (S), c) Diversidad de Shannon (H') y d) Equidad de Pielou (J'). Otoño 2026.

Fuente: Laboratorio Season.

5.2.2.4.5 Índice Biótico de Familia (ChIBF)

El índice biótico de familia (ChIBF) aplicado a las ocho estaciones de muestreo, registró valores que caracterizaron a las estaciones mencionadas en diferentes niveles de perturbación ambiental (Tabla 5-16). En la actual campaña, la gran mayoría de las estaciones mostraron altos valores del índice biótico ChIBF (rangos entre 6,44 a 8) clasificándose en la Clase IV la estaciones E2 y E4 con un estado de calidad de agua "malo, muy perturbado" (Figura 3, Tabla 6), mientras que E1, E5, E6, E7 y E8 mostraron valores que clasifican en calidad de agua "muy malo, fuertemente perturbado" (Tabla 5-16). Solo E3 mostro valores del índice bajos, que estiman una calidad de agua "buena, moderadamente perturbada".

Tabla 5-16. Resultados del sistema de clasificación de calidad de agua basado en los valores del índice biótico de familias (ChIBF).

Estación	ChIBF	Clase	**Características Ambientales**
E1	7,5	V	Muy Malo, fuertemente perturbado
E2	6,59	IV	Malo, muy perturbado
E3	4,07	II	Bueno, moderadamente perturbado
E4	6,44	V	Malo, muy perturbado
E5	8	IV	Muy Malo, fuertemente perturbado
E6	8		Muy Malo, fuertemente perturbado
E7	7,63		Muy Malo, fuertemente perturbado
E8	7,61		Muy Malo, fuertemente perturbado

Fuente: Laboratorio Season.

5.2.2.4.6 Índice Ephemeroptera Plecóptera y Trichoptera (EPT)

El índice biótico EPT (Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera), utiliza la presencia de especies de estas familias como indicador de calidad de aguas. Al ser aplicado a las estaciones de muestreo, el índice arrojo como resultado que todas las estaciones presentan una mala calidad de agua clasificándose en Clase 4.

Tabla 5-17. Resultados de la clasificación de Calidad de agua según el índice biótico EPT durante mayo 2026.

Estación	Índice EPT%	Clase	Características Ambientales
E1	10,3	4	Mala
E2	22,2	4	Mala
E3	19,6	4	Mala
E4	11,1	4	Mala
E5	0,0	4	Mala
E6	0,0	4	Mala
E7	0,0	4	Mala
E8	4,2	4	Mala

Fuente: Laboratorio Season.

5.2.2.4.7 Análisis de Clúster

Al realizar el análisis de conglomerados con un nivel arbitrario de corte de 50% de similitud se observan que, entre la estación E5 y E6, existe una alta similitud de un 86%. Por otro lado, E2 y E7 formaron un segundo de alta similitud cercana al 67%. Las estaciones E3, E4 y E8 presentaron una menor similitud en relación con los otros dos clústeres observados, sin embargo, estas diferencias no so estadísticamente significativas (SIMPROF Pi: 3,41; p= 0,073).

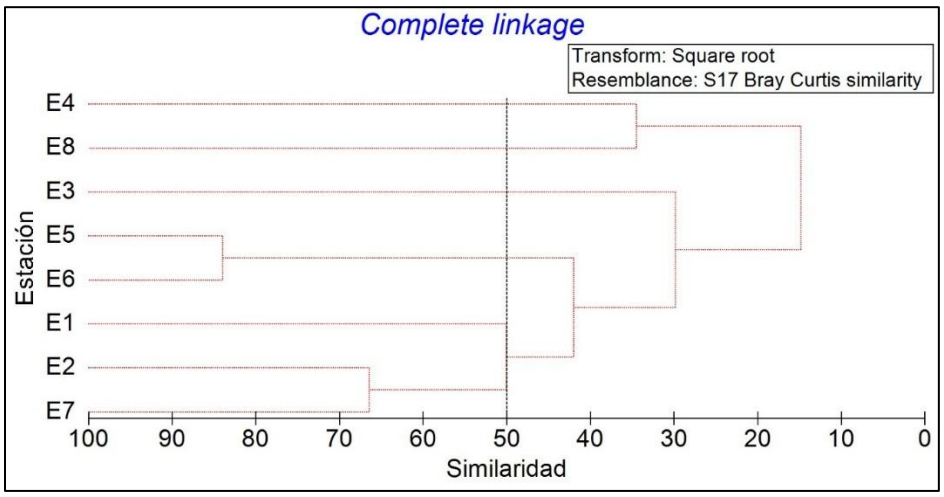


Figura 5-10:Clasificación y ordenación de las cuatro estaciones de muestreo, mediante análisis de clúster (ligamiento promedio), los análisis se realizaron sobre la base de una matriz de disimilitud de Bray & Curtis.

5.2.2.4.8 Estados de conservación

Durante la campaña no se registraron especies en categoría de conservación, según vigésimo Reglamento de Clasificación de Especies del (RCE).

5.4.2 Fauna Íctica

5.4.2.1 Antecedentes Bibliográficos

En aspectos generales, la ictiofauna chilena tiene como características ser poco diversa, estar adaptada a ríos que presentan fuertes fluctuaciones estacionales de caudal, ser de tamaños pequeños y tener un alto porcentaje de endemismo (Campos et al, 1993; Vila et al, 1999; Dyer 2000).

La ictiofauna nativa de Chile presenta, en la actualidad, una riqueza de 75 especies, de las cuales 45 son nativas incluyendo dos lampreas. De éstas, el 81% son endémicas de la provincia biogeográfica chilena y el 40% se encuentran clasificadas en peligro de extinción (Habit et al, 2006). Por otra parte, las especies introducidas existentes en los cuerpos de agua

continentales chilenas, han sido introducidas con distintos fines, entre los que se encuentran: alimentación, repoblamiento de aguas, control de especies no deseadas, cultivo, entre otras (Ruíz & Marchant, 2006).

A continuación, en la Tabla 5-18 se listan las especies de fauna íctica potenciales junto con su estado de conservación.

Tabla 5-18: Listado de especies potenciales a encontrar en el área de influencia del proyecto. Estado de Conservación: EN=En Peligro; LC=Preocupación menor; NT=Casi amenazada; R=Rara; VU=Vulnerable.

Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre común	Categoría de conservación
Actinopterygii	Atheriniformes	Atherinopsidae	*Odontesthes mauleanum*	Cauque del maule	VU
	Characiformes	Characidae	*Cheirodon australe*	Pocha	VU
	Cypriniformes	Cyprinidae	*Cyprinus carpio*	Carpa	N/A
	Cyprinodontiformes	Poeciliidae	*Gambusia holbrooki*	Gambusia	N/A
	Osmeriformes	Galaxiidae	*Aplochiton taeniatus*	Farionela	EN
			Aplochiton zebra	Farionela listada	EN
			Brachygalaxias bullocki	Puye	VU
			Galaxias maculatus	Puye	LC (XVI-XII)
	Perciformes	Percichthydae	*Percichthys melanops*	Perca negra	VU
			Percichthys trucha	Perca trucha	LC
		Perciliidae	*Percilia gillissi*	Carmelita	EN
	Salmoniformes	Salmonidae	*Oncorhynchus mykiss*	Trucha arcoíris	N/A
			Salmo trutta	Trucha café	N/A
	Siluriformes	Diplomystidae	*Diplomystes camposensis*	Bagre	EN
		Trichomycteridae	*Trichomycterus aerolatus*	Bagrecito	VU
Cephalaspidomorphi	Petromyzontiformes	Petromyzontidae	*Mordacia lapicida*	Lamprea de agua dulce	EN

Fuente: Especies según estado de Conservación, RCE.

5.4.2.2 Campaña invierno – 6 septiembre 2023

Tras la realización de las actividades de pesca eléctrica, fue posible identificar 3 especies en el área de estudio, correspondientes a las especies nativas *galaxias maculatus,* registradas en la estación E-1 y *Trichomycterus aerolatus*, con registros en todas las estaciones. También se registró la especie introducida *Oncorhynchus mykiss* que fue detectada en la estación E-1 y E-4.

Tabla 5-19: Especies de Ictiofauna registradas en el área de estudio.

Nombre científico	Nombre Común	Origen	Estado de Conservación	E-1	E-2	E-3	E-4
Galaxias maculatus	Puye	Nativo	LC	2	0	0	0
Oncorhynchus mykiss	Trucha arcoíris	Introducido	N/A	6	0	0	1
Trichomycterus aerolatus	Bagrecito	Nativo	VU	1	1	2	1

5.2.2.4.9 Parámetros corporales

La relación longitud-peso y el factor de condición (K) son descriptores de gran interés en la biología de poblaciones de peces, ya que aportan información fundamental sobre estrategias de crecimiento, estado nutricional y reproducción de las especies. En la Tabla 5-20, se muestran los parámetros corporales de las 3 especies registradas en el área de estudio.

Tabla 5-20: Peso, longitud y factor de condición (K) de ejemplares capturados.

Estación	Especie	Largo (cm)	Peso (gr)	Factor de condición
E-1	*Oncorhynchus mykiss*	2,2	0,1	0,9
	Oncorhynchus mykiss	2,5	0,2	1,3
	Oncorhynchus mykiss	2,7	0,2	1,0
	Oncorhynchus mykiss	2,5	0,2	1,3
	Oncorhynchus mykiss	1,5	0,1	3,0
	Oncorhynchus mykiss	1,1	0,1	7,5
	Galaxias maculatus	2	0,1	1,3
	Galaxias maculatus	1,1	0,1	7,5
	Trichomycterus aerolatus	4	1,2	1,9

Estación	Especie	Largo (cm)	Peso (gr)	Factor de condición
E-2	*Trichomycterus aerolatus*	4	1	1,6
E-3	*Trichomycterus aerolatus*	4,1	1,3	1,9
	Trichomycterus aerolatus	4,3	1,5	1,9
E-4	*Trichomycterus aerolatus*	3,5	0,9	2,1
	Oncorhynchus mykiss	2	0,1	1,3

Respecto del largo, los ejemplares de mayor tamaño capturados corresponden a la especie *Trichomycterus aerolatus*, que alcanzaron tallas superiores a los 4 cm de longitud, en segundo lugar, le siguen los ejemplares de *Oncorhynchus mykiss* que mostraron una variación en el largo que va entre los 2,7 cm y 1,1 cm. Mientas que los ejemplares de *Galaxias maculatus*, alcanzan una longitud que va desde los 2 cm a 1,1 cm.

En relación con peso corporal de los ejemplares capturados, los mayores pesos fueron registradas también en la especie *Trichomycterus aerolatus* con pesos que van entre los 1,5 gr a 1 gr. Mientras que los menores pesos corresponden a las especies de *Galaxias maculatus* y *Oncorhynchus mykiss* con valores entre 0,2 y 0,1 gramos.

Con respecto al factor de condición este sólo puede ser comparado entre estaciones que tengan especies en más de una estación. En dicho sentido este análisis es comparativo para las especies *Oncorhynchus mykiss* y *Trichomycterus aerolatus*.

La especie *Oncorhynchus mykiss* cuyos registros fueron en la estación E-1 y E-4. Muestra una variación del factor de condición que va entre los 7,5 a 0,9 registrando ambos valores en la estación E-1 indiciando este sitio como el que reúne las mejores condiciones para esta especie.

En cuanto a la especie *Trichomycterus aerolatus*, hallada en todas las estaciones muestreadas, indica un factor de condición que va entre los 2,1 a 1,6, registrando el mayor valor en la estación E-4 y el menor valor en la estación E-2. Tomando en cuenta este atributo, el sitio que permite mayor robustez de las estaciones muestreadas se encuentra en la estación E-4.

5.2.2.5 Campaña primavera – 15 noviembre 2023

Tras la realización de las actividades de pesca eléctrica, las mismas tres especies registradas en la campaña de invierno 2023, correspondientes a las especies nativas *galaxias maculatus,* registradas en la estación E-2 y *Trichomycterus aerolatus*, en las estaciones E-2 y E-3. También se registró la especie introducida *Oncorhynchus mykiss* que fue detectada en la estación en las tres estaciones muestreadas. Cabe indicar que debido a las dificultades de acceso hacia la estación E-4, el muestreo fue restringido a las estaciones E-1, E-2 y E3.

Tabla 5-21: Especies de Ictiofauna registradas en el área de estudio.

Nombre científico	Nombre Común	Origen	Estado de Conservación	E-1	E-2	E-3
Galaxias maculatus	Puye	Nativo	LC		1	
Oncorhynchus mykiss	Trucha arcoíris	Introducido	N/A	3	3	7
Trichomycterus aerolatus	Bagrecito	Nativo	VU		1	6

5.2.2.5.1 Parámetros corporales

La relación longitud-peso y el factor de condición (K) son descriptores de gran interés en la biología de poblaciones de peces, ya que aportan información fundamental sobre estrategias de crecimiento, estado nutricional y reproducción de las especies. En la Tabla 5-22, se muestran los parámetros corporales de las 3 especies registradas en el área de estudio.

Tabla 5-22: Peso, longitud y factor de condición (K) de ejemplares capturados.

Estación	Especie	Largo (cm)	Peso (gr)	Factor de condición
E-1	*Oncorhynchus mykiss*	5,2	3,7	2,6
	Oncorhynchus mykiss	4,1	2	2,9
	Oncorhynchus mykiss	6,5	5	1,8
E-2	*Oncorhynchus mykiss*	4,4	3,4	4,0
	Oncorhynchus mykiss	4	3	4,7
	Oncorhynchus mykiss	5	3,3	2,6
	Trichomycterus aerolatus	7	6,2	1,8
	Galaxias maculatus	3	0,6	2,2

Estación	Especie	Largo (cm)	Peso (gr)	Factor de condición
E-3	*Oncorhynchus mykiss*	4,8	3	2,7
	Oncorhynchus mykiss	5,8	3,5	1,8
	Oncorhynchus mykiss	5,6	3	1,7
	Oncorhynchus mykiss	3,8	2	3,6
	Oncorhynchus mykiss	5	3	2,4
	Oncorhynchus mykiss	5,5	4	2,4
	Oncorhynchus mykiss	4	3	4,7
	Trichomycterus aerolatus	5	2	1,6
	Trichomycterus aerolatus	9	7	1,0
	Trichomycterus aerolatus	6,8	6,5	2,1
	Trichomycterus aerolatus	4	2,8	4,4
	Trichomycterus aerolatus	3,5	2	4,7
	Trichomycterus aerolatus	4	2,8	4,4

Respecto del largo, los ejemplares de mayor tamaño capturados corresponden a la especie *Trichomycterus aerolatus*, que alcanzaron tallas superiores que van entre los 3,5 a 9 cm de longitud, en segundo lugar, le siguen los ejemplares de *Oncorhynchus mykiss* que mostraron una variación en el largo que va entre los 3,8 cm y 6,5 cm. Mientas que la menor longitud fue en *Galaxias maculatus*, con 3 cm.

En relación con peso corporal de los ejemplares capturados, los mayores pesos fueron registradas también en la especie *Trichomycterus aerolatus* con pesos que van entre los 7 a 2,8 gr. Mientras que los menores pesos corresponden a las especies de *Galaxias maculatus* con un valor de 0,6 gramos.

Con respecto al factor de condición este sólo puede ser comparado entre estaciones que tengan especies en más de una estación. En dicho sentido este análisis es comparativo para las especies *Oncorhynchus mykiss* y *Trichomycterus aerolatus*.

La especie *Oncorhynchus mykiss* cuyos registros fueron en todas las estaciones. Muestra una variación del factor de condición que va entre los 4,7 a 1,7 registrando ambos valores en la

estación E-3 indiciando este sitio como el que reúne las mejores condiciones para esta especie.

En cuanto a la especie *Trichomycterus aerolatus*, hallada en las estaciones E-2 y E-3 muestreadas, indica un factor de condición que va entre los 4,7 a 1, registrando ambos valores en la estación E-3. Tomando en cuenta este atributo, el sitio que permite mayor robustez de los ejemplares y por ende se considera que reúne mejores condiciones para su desarrollo.

5.2.2.6 Campaña Otoño – 7 mayo 2026

A pesar de los esfuerzos de muestreo ejecutados en la campaña otoñal 2026, no se registraron especies ícticas, asociadas al cuerpo de agua.

6 Discusión y Conclusiones

Para el estudio de limnología asociado al proyecto "Planta de Tratamiento de Aguas Servidas Puerto Montt", se ejecutaron cuatro campañas de muestreo: una durante el periodo invernal el 6 de septiembre de 2023, una segunda en periodo primaveral el 15 de noviembre de 2023, una tercera orientada específicamente a la caracterización de la calidad de agua el 23 de octubre de 2024 y una campaña adicional efectuada durante otoño el 7 de mayo de 2026.

La campaña de invierno de 2023 contempló un total de 4 estaciones de muestreo. Posteriormente, durante la campaña de primavera del 15 de noviembre de 2023, sólo fue posible evaluar 3 estaciones, debido a que no se logró acceder a la estación E-4 por condiciones de terreno y accesibilidad. Más adelante, en la campaña de primavera del 23 de octubre de 2024, se incorporó una nueva estación de monitoreo, alcanzando un total de 5 estaciones evaluadas. Finalmente, durante la campaña de otoño del 7 de mayo de 2026 se añadieron 3 estaciones adicionales, completando un total de 8 estaciones de muestreo distribuidas en distintos sectores asociados al río Arenas. Esta ampliación progresiva permitió mejorar la representatividad espacial de la caracterización limnológica y evaluar con mayor detalle el comportamiento ambiental del sistema acuático.

Desde el punto de vista meteorológico, las campañas de invierno, primavera de 2023 y otoño 2026 presentaron condiciones relativamente similares, caracterizadas por cielos nublados y precipitaciones esporádicas, mientras que la campaña de primavera de 2024 se desarrolló bajo condiciones de cielo parcial. La campaña de otoño de 2026 se realizó bajo condiciones climáticas propias de transición estacional, observándose menores temperaturas ambientales y un incremento en la humedad del sistema, condiciones que influyen directamente sobre la dinámica hidrológica, fisicoquímica y biológica del cauce.

Respecto a las características morfológicas del cauce, los resultados evidenciaron variabilidad moderada en los anchos y profundidades de los tramos evaluados, registrándose anchos entre 4 y 10 m y profundidades entre 20 y 30 cm.

Sedimentológicamente, el sistema presentó una dominancia de gravas, guijarros y cantos a lo largo del área de estudio, condición típica de cursos fluviales del sur de Chile y favorable para la generación de hábitats bentónicos y zonas de refugio para fauna íctica. Asimismo, el entorno ribereño conformado por matorral y bosque nativo favorece la estabilidad de las riberas, regula la temperatura del agua y contribuye al aporte de materia orgánica al sistema

En relación con la calidad de agua medida in situ, los resultados obtenidos durante las distintas campañas muestran condiciones generales favorables para el desarrollo y mantención de vida acuática. Los valores de conductividad presentaron similitud entre las campañas de invierno y primavera de 2023, mientras que en primavera de 2024 se registraron valores más elevados, alcanzando un máximo de 123 µS/cm en la estación E-2. No obstante, estos valores continúan siendo compatibles con sistemas fluviales de baja mineralización y escasa intervención antrópica.

Las concentraciones de oxígeno disuelto registradas en todas las campañas superaron ampliamente el valor mínimo establecido por la Norma Chilena NCh1333 Of.78 (>5 mg/L), evidenciando aguas bien oxigenadas y con capacidad de sustentar organismos acuáticos sensibles. Los resultados obtenidos durante otoño de 2026 mantuvieron esta tendencia, registrándose concentraciones adecuadas de oxígeno disuelto y temperaturas relativamente homogéneas entre estaciones.

En cuanto al pH, durante la campaña de invierno de 2023 los valores se situaron levemente por debajo del límite inferior del rango de referencia, mientras que, en las campañas de primavera de 2023, primavera de 2024 y otoño de 2026 los valores se mantuvieron dentro de los rangos aceptados. Esta variabilidad estacional refleja la influencia de factores naturales asociados a precipitación, escorrentía y aporte de materia orgánica desde la cuenca.

Por otra parte, la detección de sólidos flotantes, espumas no naturales e hidrocarburos únicamente durante la campaña de primavera de 2024 en las estaciones E-2, E-3 y E-5

sugiere eventos puntuales o localizados de perturbación antrópica. Sin embargo, considerando que los restantes parámetros fisicoquímicos y biológicos no evidenciaron alteraciones significativas, estos antecedentes no permiten inferir un deterioro generalizado de la calidad ambiental del río Arenas en el tramo estudiado.

Los análisis de laboratorio complementaron esta interpretación, evidenciando concentraciones bajo límite de detección para Aceites y Grasas y DBO5, lo que indica una baja presencia de contaminación orgánica. Asimismo, parámetros como Coliformes Fecales, DQO, Nitrógeno Kjeldahl y Sólidos Suspendidos Totales presentaron mayores valores durante invierno de 2023 respecto a primavera de 2024, situación probablemente asociada a una mayor escorrentía superficial durante periodos lluviosos.

En relación con los parámetros incorporados durante primavera de 2024, tales como Fósforo, Nitrito, Nitrógeno Total y Sólidos Sedimentables, éstos registraron valores bajo los límites de detección, descartando procesos significativos de enriquecimiento por nutrientes o eutrofización. Los valores registrados de alcalinidad, nitrato y turbiedad constituyen antecedentes representativos de las condiciones naturales del río Arenas y aportan una línea base relevante para futuros seguimientos ambientales.

En cuanto a las comunidades bentónicas, los resultados mostraron predominio de organismos pertenecientes a la familia Gripopterygidae durante las campañas de invierno y primavera de 2023, grupo reconocido como indicador de aguas bien oxigenadas y ambientes de buena calidad ecológica. La campaña de otoño de 2026 presentó la mayor riqueza taxonómica, con 15 taxa identificados, mientras que la campaña de primavera de 2023 mostró una disminución importante en el número de taxa registrados, con sólo 3 taxa observados. Esta variación temporal puede relacionarse con factores estacionales, ciclos biológicos y dinámica hidráulica del sistema.

La diversidad de Shannon presentó valores relativamente bajos tanto en la campaña de invierno de 2023 como en la campaña de primavera de 2023 con un aumento en la campaña

de otoño 2026. Durante la campaña de invierno, el valor máximo alcanzó 1,2 (H') en la estación E-4, mientras que los valores mínimos correspondieron a 0,53 (H') en la estación E-2 durante invierno de 2023 y en la estación E-3 durante primavera de 2023, en la campaña de otoño 2026 el valor máximo fue de 1,96 (H´) para las estaciones E-1 y E-2 y el mínimo de 0,3 para la estación E-8. Estos resultados sugieren comunidades dinámicas con variaciones estacionales o determinadas por variables asociadas al comportamiento del cuerpo fluvial.

De manera complementaria, el índice de equidad de Pielou mostró valores variables durante las tres campañas, en invierno de 2023, donde se registró un promedio de 0,4597 (J'), mientras que en primavera de 2023 el promedio alcanzó 0,6679 (J') y en otoño 2026 un valor medio de 0,7688. Estos antecedentes indican comunidades en general poco equitativas, donde ciertos grupos taxonómicos presentan una dominancia importante sobre el resto de la comunidad bentónica.

Los índices bióticos evidenciaron condiciones ecológicas favorables para las campañas de invierno y primavera 2023. Según el índice ChIBF, la mayoría de las estaciones fueron clasificadas como "Muy bueno, no perturbado", tanto en invierno como en primavera de 2023, con excepción de la estación E-2 durante primavera de 2023, que presentó una condición "Regular, perturbado" Situación contraria se observa en la campaña de otoño 2026 donde la mayoría de las estaciones se encontraron en condición "Muy malo, fuertemente pertubado". Asimismo, el índice EPT mostró categorías que fluctuaron entre "Muy buena" y "Buena" para las campañas de invierno y primavera 2023 y de Malo para la campaña de otoño 2026. Esta variable pudo estar determinada por la capacidad de arrastre del cuerpo de agua, ya que estas mantenían una fuerte corriente

Respecto a la fauna íctica, durante las campañas realizadas fue posible registrar las especies nativas Galaxias maculatus y Trichomycterus aerolatus, además de la especie introducida Oncorhynchus mykiss. La presencia reiterada de estas especies en distintas campañas y estaciones evidencia que el sistema mantiene condiciones adecuadas de hábitat, disponibilidad alimentaria y calidad de agua para sustentar poblaciones ícticas.

Los análisis biométricos mostraron variabilidad en presencia, longitud y peso entre campañas y especies. En general, las diferencias observadas entre invierno de 2023, primavera de 2023 y otoño de 2026 responden probablemente a factores naturales asociados a crecimiento, disponibilidad de alimento y dinámica poblacional. En particular, las tallas relativamente homogéneas registradas para Galaxias maculatus entre campañas sugieren estabilidad en las condiciones ambientales del sistema.

En consecuencia, el río Arenas corresponde a un cuerpo receptor con una condición biológica variable en el tiempo y en el espacio, y con una condición trófica basal eutrófica a hipereutrófica. En 2023 registró condiciones bentónicas mayoritariamente no perturbadas, y en otoño de 2026, una condición perturbada en la mayor parte de las estaciones, asociada principalmente a factores hidrológicos. No obstante, mantiene aguas bien oxigenadas, una comunidad de macroinvertebrados con presencia de taxa sensibles de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, y poblaciones de peces nativos. Esta variabilidad corresponde a la condición actual del cuerpo receptor, sin el Proyecto, determinada por factores propios de la cuenca, como su régimen hidrológico, la escorrentía superficial y las presiones antrópicas existentes. La condición más desfavorable registrada (otoño de 2026) forma parte de la condición basal considerada en la evaluación de los efectos de la descarga sobre el río Arenas y sus comunidades acuáticas.

7 Bibliografía

- Allan, J. D. (2004). Landscapes and riverscapes: The influence of land use on stream ecosystems. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 35, 257–284.
- Alonso, A., & Camargo, J. A. (2005). Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles. Ecosistemas, 14(3), 87–99.
- Benedetto, L. (1974). Clave para la identificación de macroinvertebrados bentónicos. [Referencia incompleta en el documento].
- Caamaño, M. (1985). Macroinvertebrados bentónicos de aguas continentales chilenas. [Referencia incompleta en el documento].
- Campos, H., Dazarola, G., Dyer, B., Fuentes, L., Gavilán, J. F., Huaquín, L., Martínez, G., Meléndez, R., Pequeño, G., Ponce, F., Ruiz, V., Sielfeld, W., Soto, D., Vega, R., & Vila, I. (1993). Categorías de conservación de peces nativos de aguas continentales de Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, 44, 77–94.
- Carrera, C., & Fierro, K. (2001). Manual de monitoreo: Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. EcoCiencia.
- Cekalovic, T., et al. (1976). Referencia utilizada para identificación taxonómica de macroinvertebrados. [Referencia incompleta en el documento].
- Chessman, B. C. (1995). Rapid assessment of rivers using macroinvertebrates: A procedure based on habitat-specific sampling, family level identification and a biotic index. Australian Journal of Ecology, 20(1), 122–129.
- Clarke, K. R., & Gorley, R. N. (2005). PRIMER v6: User manual/tutorial. PRIMER-E Ltd.
- CSIRO. (1979). The insects of Australia. Melbourne University Press.
- Domínguez, E., et al. (1992). Guía para la identificación de insectos acuáticos. [Referencia incompleta en el documento].
- Dyer, B. S. (2000). Systematic review and biogeography of the freshwater fishes of Chile. Estudios Oceanológicos, 19, 77–98.

- Figueroa, R., Valdovinos, C., Araya, E., & Parra, O. (2003). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. Revista Chilena de Historia Natural, 76, 275–285.
- Figueroa, R., Palma, A., Ruiz, V., & Niell, X. (2007). Análisis comparativo de índices bióticos utilizados en la evaluación de la calidad de las aguas en un río mediterráneo de Chile: río Chillán, VIII Región. Revista Chilena de Historia Natural, 80(2), 225–242.
- Flint, O. S. (1973). Studies of Neotropical caddisflies. Smithsonian Institution Press.
- Flint, O. S. (1974). Trichoptera studies. Smithsonian Institution Press.
- Flint, O. S. (1979). Neotropical Trichoptera. Smithsonian Institution Press.
- Flint, O. S. (1983). Caddisflies of South America. Smithsonian Institution Press.
- Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight-length relationships: History, meta-analysis and recommendations. Journal of Applied Ichthyology, 22(4), 241–253.
- Habit, E., & Victoriano, P. (2005). Peces de agua dulce de Chile. Gayana, 69(1), 100–113.
- Habit, E., Dyer, B., & Vila, I. (2006). Estado de conocimiento de los peces dulceacuícolas de Chile. Gayana, 70(1), 100–113.
- Habit, E., Belk, M., & Tuckfield, R. (2003). Response of the fish community to human-induced changes in the Biobío River in Chile. Freshwater Biology, 48(1), 1–12.
- Hallawell, J. M. (1986). Biological indicators of freshwater pollution and environmental management. Elsevier Applied Science.
- Hauer, F. R., & Lamberti, G. A. (1996). Methods in stream ecology. Academic Press.
- Hilsenhoff, W. L. (1988). Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index. Journal of the North American Benthological Society, 7(1), 65–68.
- Illies, J. (1963). Limnofauna Europaea. Gustav Fischer Verlag.
- Jara, C. (1996). Crustáceos decápodos de aguas continentales de Chile. [Referencia incompleta en el documento].
- McCafferty, W. P. (1983). Aquatic entomology. Jones & Bartlett.
- Merritt, R. W., & Cummins, K. W. (1984). An introduction to the aquatic insects of North America. Kendall/Hunt Publishing.

- Montgomery, D. R., & Buffington, J. M. (1993). Channel classification, prediction of channel response, and assessment of channel condition. Washington State Timber/Fish/Wildlife Report.
- Montgomery, D. R., & Buffington, J. M. (1997). Channel-reach morphology in mountain drainage basins. Geological Society of America Bulletin, 109(5), 596–611.
- Moya, C., et al. (2009). Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad de agua. [Referencia incompleta en el documento].
- Rosenberg, D. M., & Resh, V. H. (1993). Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman & Hall.
- Ruiz, V. H., & Marchant, M. (2006). Ictiofauna de aguas continentales chilenas. En Biodiversidad de Chile: Patrimonio y desafíos (pp. 348–364). CONAMA.
- Smith, R. L., & Smith, T. M. (2007). Ecología (6ª ed.). Pearson Educación.
- Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. (2018). Guía metodológica para el muestreo de flora y fauna acuática en aguas continentales de Chile. Gobierno de Chile.
- Vila, I., Fuentes, L., & Contreras, M. (1999). Peces límnicos de Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, 48, 61–75.
- Wentworth, C. K. (1922). A scale of grade and class terms for clastic sediments. The Journal of Geology, 30(5), 377–392.

8 Anexos

8.1 Permiso de Pesca de Investigación

Verificación del Documento:
- Id del Documento: 19885
- Código de verificación: 85174417362
- Verificar validez en https://tramites.subpesca.cl/wf-tramites/public/documentos/validar

R E P Ú B L I C A D E C H I L E
MINISTERIO DE ECONOMÍA, FOMENTO Y TURISMO
SUBSECRETARÍA DE PESCA Y ACUICULTURA
CASILLA 100 – V
VALPARAÍSO

AUTORIZA A DSS S.A. PARA REALIZAR PESCA DE INVESTIGACIÓN QUE INDICA

(E X T R A C T O)

Por resolución exenta Nº E-2023-411 de fecha 28/06/2023 de esta Subsecretaría, autorízase a DSS S.A., para efectuar una pesca de investigación de conformidad Términos Técnicos de Referencia del proyecto **"LÍNEA DE BASE LIMNOLÓGICA ASOCIADA AL PROYECTO PTAS EL CERRILLO, REGIÓN METROPOLITANA".**

El objetivo de la pesca de investigación que por la presente resolución se autoriza consiste en detectar y determinar los grupos de interés pertenecientes a los componentes bióticos (ictiofauna, macroinvertebrados y otros) en el río Maipo, asociados al área de influencia del Proyecto PTAS el Cerrillo, con el objetivo de caracterizar y determinar la presencia o ausencia de especies en categoría de conservación.

La pesca de investigación se efectuará en un período de 24 meses contados desde la fecha de publicación de la presente resolución, de conformidad con lo establecido en el Artículo N° 174 de la Ley General de Pesca y Acuicultura, en el río Maipo, Comuna de San Bernardo, Región Metropolitana de Santiago.

La peticionaria designa como persona responsable de la presente pesca de investigación a don Pablo Zenteno Hidalgo.

VALPARAÍSO,

REPÚBLICA DE CHILE
MINIST. DE ECN. F. Y TURISMO
SUBSECRETARIO DE PESCA Y ACUICULTURA

JULIO SALAS GUTIERREZ
Subsecretario de Pesca y Acuicultura

Página **1** de **1**

Verificación del Documento:
- Id del Documento: 36825
- Código de verificación: 44489348092
- Verificar validez en https://tramites.subpesca.cl/wf-tramites/public/documentos/validar

MINISTERIO DE ECONOMÍA
FOMENTO Y TURISMO
SUBSECRETARÍA DE PESCA Y ACUICULTURA
PINV E-2026-105 "CARACTERIZACIÓN LIMNOLOGICA"

AUTORIZA A DSS. S.A., PARA REALIZAR PESCA DE INVESTIGACIÓN QUE INDICA.

VALPARAÍSO, **09/04/2026**

R. EX. Nº **E-2026-263**

VISTO: Lo solicitado por DSS S.A., mediante ingreso electrónico SUBPESCA E-PINV-2026-062, de fecha 3 de marzo de 2026; lo informado por el Departamento de Pesquerías de esta Subsecretaría, mediante Informe Técnico N° E-2026-105 de fecha 30 de marzo de 2026; los Términos Técnicos de Referencia del proyecto denominado **"CARACTERIZACIÓN LIMNOLOGICA, ASOCIADA AL PROYECTO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS PUERTO MONTT, REGIÓN DE LOS LAGOS"**, elaborados por la peticionaria y aprobados por esta Subsecretaría; las Leyes N° 19.880 y N° 21.358; la Ley General de Pesca y Acuicultura N° 18.892 y sus modificaciones cuyo texto refundido, coordinado y sistematizado fue fijado por el D.S. Nº 430, de 1991, el D.F.L. N° 5, de 1983, el D.S. Nº 461, de 1995, que establece los requisitos que deben cumplir las solicitudes de pesca de investigación, todos del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo; la resolución exenta N°1.843 del año 2024, que establece las condiciones para el otorgamiento de pescas de investigación ambientales de bajo impacto, modificada por las resoluciones exentas N° 170 y N° 3.034, ambas de 2025, y la resolución exenta N° 643 de 2026 todas de esta Subsecretaría.

C O N S I D E R A N D O:

Que, DSS S.A., mediante ingreso electrónico citado en Visto, realiza solicitud para desarrollar una pesca de investigación conforme los Términos Técnicos de Referencia del proyecto denominado **"CARACTERIZACIÓN LIMNOLOGICA, ASOCIADA AL PROYECTO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS PUERTO MONTT, REGIÓN DE LOS LAGOS"**.

Que, mediante Informe Técnico citado en Visto, el Departamento de Pesquerías de esta Subsecretaría, informa que las actividades planteadas en la solicitud califican como pesca de investigación de acuerdo a lo dispuesto en el artículo 2° N° 29 de la Ley General de Pesca y Acuicultura, de bajo impacto conforme lo señalado en la Resolución Exenta N° 1.843 de 2024, de esta Subsecretaría, que establece las condiciones para el otorgamiento de pescas de investigación ambientales de esta naturaleza.

Que, asimismo, el mencionado informe técnico ha concluido que tanto el personal técnico participante en la pesca de investigación como asimismo el Jefe de Proyecto responsable han acreditado tener conocimientos suficientes de nivel técnico o profesional en las áreas de pesquería, acuicultura o ciencias del mar, de conformidad con los currículum vitae y demás antecedentes adjuntos a la solicitud, dando cumplimiento a las exigencias establecidas en los artículos 4° y 5° del D.S. N° 461, de 1995, del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo.

Que dichas personas tendrán a su cargo la asistencia técnica en la elaboración, ejecución y evaluación científica de la pesca de investigación.

Que, de acuerdo con lo anterior y de conformidad a lo dispuesto en los artículos 98 a 102 de la Ley General de Pesca y Acuicultura y el D.S. N° 461, de 1995, antes citado, corresponde autorizar la pesca de investigación solicitada.

Que, mediante Resolución Exenta N° 643 de 2026, citada en Visto, se delegó en don Nicolás Lembeye Illanes, jefe de la División Jurídica de esta Subsecretaría, o quien lo reemplace, la facultad de otorgar autorizaciones de pesca de investigación, y de requerir los antecedentes necesarios para verificar el cumplimiento de los requisitos que la normativa establece para conceder dichas autorizaciones.

R E S U E L V O:

1.- Autorízase a DSS S.A., R.U.T. N° 77.904.240-5, con domicilio en Los Pensamientos N°197, San Pedro de la Paz, Región del Biobío, casilla de correo electrónico gabriel.cruz@dss.cL, para realizar una pesca de investigación de conformidad con los Términos Técnicos de Referencia del proyecto denominado **"CARACTERIZACIÓN LIMNOLOGICA, ASOCIADA AL PROYECTO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS PUERTO MONTT, REGIÓN DE LOS LAGOS"** elaborados por la peticionaria, el informe técnico citado en Visto y la Resolución Exenta N° 1.843 de 2024, y sus modificaciones de esta Subsecretaría disponibles en https://www.subpesca.cl/portal/615/articles-122707_documento.pdf; https://www.subpesca.cl/portal/615/articles-124394_documento.pdf y https://www.subpesca.cl/portal/615/articles-128327_documento.pdf todas las cuales se consideran parte integrante de la presente resolución.

2.- El objetivo de la pesca de investigación que por la presente resolución se autoriza consiste en detectar y determinar los grupos de interés pertenecientes a los componentes bióticos (ictiofauna, macroinvertebrados y otros), en el área de influencia del proyecto a modo de caracterizar y determinar la presencia o ausencia de especies en categoría de conservación.

3.- La pesca de investigación se efectuará en un período de 24 meses contados a partir de la entrada en vigencia de la presente resolución y se desarrollará en el río Arenas, localidad La Vara, comuna de Puerto Montt, región de Los Lagos.

4.- Para el cumplimiento de los objetivos de la pesca de investigación, se autoriza al peticionario el muestreo con retención temporal y manipulación controlada de especies hidrobiológicas sujetas a medidas de administración y manejo, incluyendo especies nativas clasificadas al menos como vulnerables (VU) y poblaciones de baja productividad y lenta recuperación, así como el muestreo de restos biológicos recolectados en terreno, conforme a lo establecido en la Resolución Exenta N° 1.843 de 2024 y sus modificaciones (Res. Ex. 170 de 2025 y Res. Ex. 3.034 de 2025), dentro de su ámbito de aplicación y normativa sectorial vigente.

5.- La peticionaria designa como personas responsables legales de la presente pesca de investigación a don Pablo Zenteno Hidalgo, del mismo domicilio de la solicitante.

6.- El jefe de proyecto, responsable técnica del presente estudio será doña Angela Schafer Navarro, bióloga marina. Asimismo, el personal técnico corresponde a la persona que se indica, en la calidad que en cada caso se señala:

Nombre	Función
Rodrigo Martínez Maldonado	Muestreador
Álvaro Esparza Moreno	Muestreador
Macarena Toledo Muñoz	Muestreador
Katterin Gutiérrez Inostroza	Muestreador
Nicolás Cortés Soto	Muestreador
Catalina Lastra Avendaño	Muestreador
Diego Verdugo Parra	Muestreador

7.- La solicitante deberá dar estricto cumplimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución Exenta N° 1.843 de 2024, y sus modificaciones, citadas en Visto, bajo los apercibimientos legales respectivos.

8.- La presente resolución podrá ser impugnada por la interposición del recurso de reposición contemplado en el artículo 59 de la Ley N° 19.880, ante esta misma Subsecretaría y dentro del plazo de cinco días hábiles contados desde la respectiva notificación, sin perjuicio de la aclaración del acto dispuesta en el artículo 62 del citado cuerpo legal y de las demás acciones y recursos que procedan de conformidad con la normativa vigente.

9.- La presente resolución entrará en vigencia en la fecha de la última publicación de su texto íntegro en el sitio de dominio electrónico de esta Subsecretaría o del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.

10.- Transcríbase copia de esta resolución a la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante, al Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura y a la División Jurídica de esta Subsecretaría.

ANÓTESE, NOTIFÍQUESE POR CORREO ELECTRÓNICO, PUBLÍQUESE A TEXTO ÍNTEGRO EN EL SITIO DE DOMINIO ELECTRÓNICO DE LA SUBSECRETARÍA DE PESCA Y ACUICULTURA Y DEL SERVICIO NACIONAL DE PESCA Y ACUICULTURA Y ARCHÍVESE.

Por orden del Sr. Subsecretario de Pesca y Acuicultura.

NICOLÁS LEMBEYE ILLANES
Jefe de División Jurídica