DECLARACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Nueva Subestación Seccionadora Las Delicias y Nueva Subestación Coiquén y Nueva Línea 2x66 kV Las Delicias – Coiquén

Decreto Exento N°257/2022

CAPITULO 2 / ANEXO 2.12

CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DE LIMNOLOGÍA

2026

Contenido

1. INTRODUCCIÓN 5
2. OBJETIVOS 6
2.1. OBJETIVO GENERAL 6
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 6
3. FACTORES GENERADORES DE IMPACTOS 7
3.1. DEFINICIÓN 7
3.2. FGI ASOCIADOS AL COMPONENTE ECOSISTEMAS ACUÁTICOS CONTINENTALES 8
4. ÁREA DE ESTUDIO 9
UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO 9
5. DETERMINACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA 10
6. MARCO NORMATIVO 12
7. METODOLOGÍA 13
7.1. TRABAJO EN TERRENO Y LABORATORIO 16
7.1.1. Medio abiótico y caracterización de hábitat 16
7.1.1.1. Caracterización del cauce 16
7.1.1.2. Medio fisicoquímico: Agua superficial 17
7.1.1.2.1. Calidad de agua 17
7.1.1.2.2. Toma de muestras 18
7.1.2. Medio biótico 18
7.1.2.1. Macroinvertebrados bentónicos 18
7.1.2.2. Ictiofauna 19
7.1.2.3. Flora vascular y Macrófitas 20
7.2. TRABAJO DE GABINETE 20
7.2.1. Medio fisicoquímico: Agua superficial 20
7.2.2. Caracterización de la cuenca 20
7.2.2.1. Calidad de agua 20
7.2.3. Medio biótico 22
7.2.3.1. Parámetros comunitarios 22
7.2.3.2. Macroinvertebrados bentónicos 24
7.2.3.3. Ictiofauna 26

7.2.3.4. Flora vascular y Macrófitas 26
7.2.3.5. Estado de conservación 26
7.2.4. Elaboración de cartografías 27
7.3. CAMBIO CLIMÁTICO 27
7.4. PROTOCOLO DE BIOSEGURIDAD: DIDYMO 28
7.5. MATERIALES 28
8. RESULTADOS 29
8.1. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS 29
8.2. CARACTERIZACIÓN DE HÁBITAT Y ESTACIONES DE MUESTREO. 32
8.3. MEDIO FÍSICOQUÍMICO: AGUA SUPERFICIAL 41
8.4. MEDIO BIÓTICO 48
8.4.1. Macroinvertebrados bentónicos 48
8.4.2. Ictiofauna 57
8.4.3. Flora vascular y Macrófitas 63
8.5. PROTOCOLO DE BIOSEGURIDAD: DIDYMO 66
8.6. CAMBIO CLIMÁTICO 67
8.6.1. Disminución de precipitaciones y ocurrencia de sequias 67
8.6.2. Cambios de temperatura 69
9. DISCUSIÓN 71
10. CONCLUSIONES 74
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 77
12. APÉNDICES 83
12.1 LISTADO DE PROFESIONALES 83
12.2 PERMISO DE PESCA 84
12.3. ANEXOS LABORATORIO 87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema del enfoque de los FGI en SEA. 7
Figura 2. Ubicación geográfica del proyecto. 9
Figura 3. Área de influencia del estudio de Ecosistemas Acuáticos Continentales. 12
Figura 4. Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo del componente Ecosistemas acuáticos continentales. 15
Figura 5. Caracterización de la estación E-1 en el cauce sin nombre 1 asociado al Estero Quinicavén. 33
Figura 6. Caracterización de la estación E-2 en el Estero Pencahua o Recreo. 35
Figura 7. Caracterización de la estación E-4 en el Estero Pencahua o Recreo. 36
Figura 8. Caracterización de la estación E-3 en el tranque de acumulación. 38
Figura 9. Caracterización de la estación E-5 en el área de estudio. 39
Figura 10. Caracterización de la estación E-6 en el área de estudio. 40
Figura 11. Caudales mensuales (m^3/s) del Río Cauquenes en el Arrayan y el Río Lonquén en Trehuaco (1986-2016). 43
Figura 12. Principales grupos taxonómicos de Macroinvertebrados bentónicos encontrados en el área de estudio. 49
Figura 13. Densidad de las comunidades de Macroinvertebrados (Ind/m^2) en las estaciones de muestreo. 50
Figura 14. Dendrograma de similitud Bray-Curtis. 56
Figura 15. Análisis El Escalamiento Multidimensional no Métrico (MDS). 57
Figura 16. Abundancia de ictiofauna en las estaciones del estudio. 60
Figura 17. Fotografía de Puye rojo (*Brachygalaxias bullocki*) capturado en terreno. 61
Figura 18. Relación lineal de peso y longitud corporal del Puye rojo (*Brachygalaxias bullocki*). 63
Figura 19. Pérdida de fauna por cambios de precipitaciones. 68
Figura 20. Frecuencia de sequía en Quirihue. 69
Figura 21. Pérdida de fauna por cambios de temperatura. 70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Esfuerzo de muestreo del estudio. 14
Tabla 2. Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo (Datum WGS84, HUSO 19S). 16
Tabla 4. Requisitos generales de aguas destinadas a vida acuática. 21
Tabla 5. Valores máximos y mínimos de los parámetros fisicoquímicos 22
Tabla 6. Sistema de clasificación de calidad de agua en los valores del índice biótico de familias (IBF). 24
Tabla 7. Clasificación de calidad de agua según el índice EPT. 25
Tabla 8. Listado de especies potenciales en el área de emplazamiento del proyecto. 31
Tabla 3. Caracterización de las cuencas, subcuencas y cuerpos de agua asociados a las estaciones del estudio. 41
Tabla 9. Parámetros medidos *in situ* en las estaciones del área de estudio. 44
Tabla 10. Parámetros fisicoquímicos de calidad de agua de laboratorio evaluados en el área de estudio. 45
Tabla 11. Densidad (ind/m^2) y Riqueza de especies de macroinvertebrados registrados en las estaciones de muestreo. 49
Tabla 12. Listado de macroinvertebrados registrados en el área de estudio (ind/m^2). 50
Tabla 13. Índices comunitarios de macroinvertebrados bentónicos registrados en el área de estudio. 51
Tabla 14. Índices de calidad ambiental (IBF y EPT) para las estaciones del estudio. 53
Tabla 15. Especie de Ictiofauna registrada en el área de estudio. Se indica el nombre común y estado de conservación. 58
Tabla 16. Abundancia total (%) de ictiofauna por estación de muestreo. 59
Tabla 17. Factor de condición (K) para la especie capturada durante el estudio. 61
Tabla 18. Características morfométricas de los ejemplares registrados en el área de estudio. 62
Tabla 19. Listado de flora vascular y macrófitas identificadas en el área de estudio, con su respectiva forma de crecimiento y origen (I= Introducida y N= Nativa). 64
Tabla 20. Distribución de vegetación macrófitas en las estaciones de estudio. 65

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde a la caracterización del componente Ecosistemas acuáticos continentales para el Proyecto “Nueva Subestación Seccionadora Las Delicias” y “Nueva Subestación Coiquén y Nueva Línea 2x66 kV Las Delicias – Coiquén”, en adelante el “Proyecto”.

Esta caracterización se desarrolla conforme a lo estipulado en el artículo 19 literal b) del D.S. N°40/2012 del Ministerio del Medio Ambiente (Reglamento del SEIA), incorporando las modificaciones vigentes según el D.S. N°17/2025 y D.S. N°30/2023. De acuerdo con la normativa, la descripción de los elementos del medio ambiente en una DIA debe entregar los antecedentes necesarios que justifiquen la inexistencia de los efectos, características o circunstancias del artículo 11 de la Ley N° 19.300.

Las obras y acciones del Proyecto se emplazan en la comuna de Quirihue, provincia del Itata, región de Ñuble. La presente caracterización se sustentó en la ejecución de 1 campaña de terreno, la cual se llevó a cabo en otoño entre el 11 y 12 de mayo de 2026. Para asegurar la representatividad de la toma de datos, se establecieron 6 estaciones de muestreo, las cuales fueron seleccionada en función de las redes hídricas asociadas al proyecto. En el proyecto se considerará la construcción de dos subestaciones que abarcan una superficie de aproximadamente de 4 hectáreas, más una Línea de transmisión eléctrica (LAT) de aproximadamente 10 km y el seccionamiento de una línea de transmisión existente.

El área del Proyecto se caracteriza por la presencia predominante de terrenos de uso forestal con remanentes de bosque nativo correspondientes a la Cordillera de la Costa. El clima de la zona es de tipo Templado cálido con lluvias invernales (Csb) según la clasificación climática de Köppen (1936). Esta situación redunda en veranos cálidos y secos, de 4 a 5 meses con eventos de lluvia ocasional, e inviernos muy fríos y lluviosos, con una media de precipitaciones anual de 670 mm y una temperatura media anual de 18,8°C.

La metodología empleada para el levantamiento de información y el posterior análisis de los datos se ajusta estrictamente a los lineamientos vigentes del Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) y de los organismos sectoriales competentes. En particular, se han seguido las directrices de la “Guía para la Descripción del Área de Influencia en el SEIA” (2026), así como los criterios específicos contenidos del Proyecto FIPA N° 2016-46 (Contreras *et al*., 2016) “Guía metodológica y protocolos de muestreo de flora y fauna acuática en aguas continentales de Chile”. Complementariamente, se han incorporado las orientaciones de la Guía metodológica para la consideración del cambio climático (MMA, 2024).

Los cuerpos de agua del presente estudio corresponden a ecosistemas de naturaleza fluvial, los cuales son: i) Cauce sin nombre 1 asociado al Estero Quinicavén (E-1); ii) Estero Pencahua o Recreo aguas arriba (E-2) y aguas abajo (E-4); iii) Tranque de acumulación (E-3); iv) Cauce sin nombre 2 y 3 asociados al Estero Pencahua o Recreo (E-5 y E-6).

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Caracterizar los componentes bióticos y abióticos de los ecosistemas acuáticos continentales presentes en el área de emplazamiento del proyecto "**Nueva Subestación Seccionadora Las Delicias" y "Nueva Subestación Coiquén y Nueva Línea 2x66 kV Las Delicias – Coiquén**" y su área de influencia, durante la campaña de Otoño, con el fin de determinar la calidad del hábitat, el funcionamiento ecológico de los cuerpos de agua y su capacidad de soporte para la biota acuática, como base para la evaluación de potenciales efectos asociados a las obras del proyecto.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar la calidad de agua superficial, mediante parámetros medidos *in situ* y en laboratorio, evaluando la aptitud para el desarrollo de vida acuática en los cuerpos de agua del área de emplazamiento del proyecto.
- Describir la estructura y composición de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos, evaluando su respuesta a las condiciones del sistema y su rol en la base trófica.
- Caracterizar la ictiofauna presente, considerando composición, abundancia, estado de conservación y condición fisiológica, en relación con las características del hábitat y la disponibilidad de recursos.
- Caracterizar la comunidad de Flora vascular y macrófitas acuáticas, evaluando su distribución, presencia y función como elemento estructural del hábitat.
- Definir el Área de Influencia (AI) del componente ecosistemas acuáticos continentales mediante la evaluación de las características físicas, químicas y biológicas de los sistemas acuáticos presentes en el área de estudio.

3. FACTORES GENERADORES DE IMPACTOS

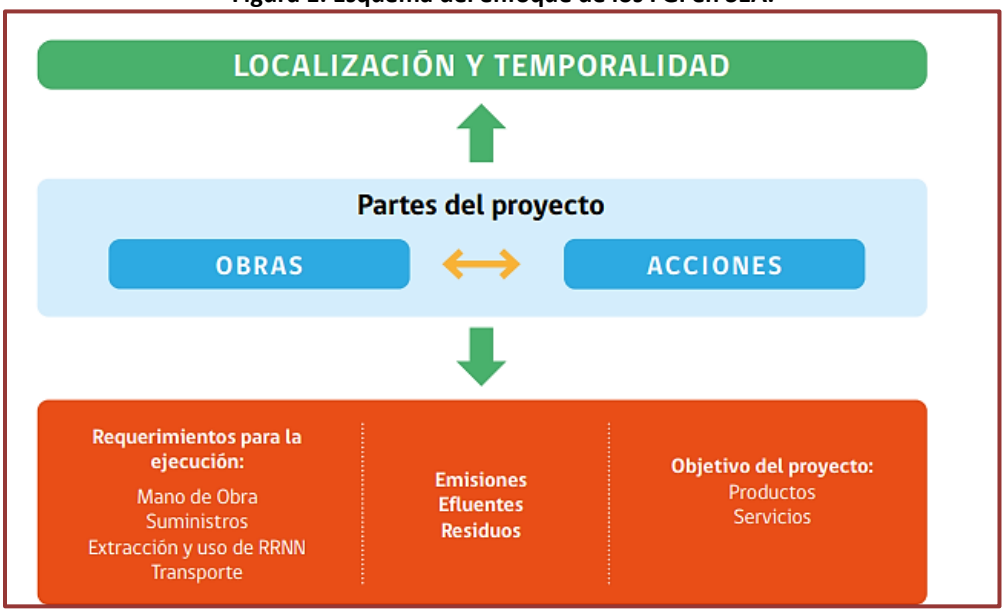
3.1. DEFINICIÓN

Conforme a lo señalado por el Servicio de Evaluación Ambiental "Los impactos ambientales son causados por los factores generadores de impacto (FGI), entendiéndose por aquellos a los elementos del proyecto o actividad, en consideración a su localización y temporalidad, así como por sus emisiones, efluentes, residuos, explotación, extracción, uso o intervención de recursos naturales, mano de obra, suministros o insumos básicos y productos o servicios generados, según correspondan, que por sí mismos, generan alteración en el medio ambiente y que son identificables en cada una de las fases del proyecto."

Como es reconocido, “un mismo factor puede generar más de un impacto ambiental", lo que refuerza el carácter multidimensional del FGI. Los factores deben además ser detallados por los titulares en el capítulo de Descripción del Proyecto, conforme al artículo 18 literal c) y artículo 19 literal a) del Reglamento del SEIA (D.S. N°40/2012).

En la siguiente figura se resume este enfoque según la Guía de Áreas de influencia del SEIA:

Figura 1. Esquema del enfoque de los FGI en SEA.



Fuente: Elaboración propia. Guía áreas de influencia en el SEIA (2026).

3.2. FGI ASOCIADOS AL COMPONENTE ECOSISTEMAS ACUÁTICOS CONTINENTALES

De acuerdo con los factores generadores de impacto (FGI) del componente, identificados para el Proyecto, se reconoce como principal acción aquella que pueda interactuar de manera directa e indirecta con los cauces, zonas ribereñas o sectores con conexión hídrica identificados en el actual estudio. El FGI identificado en las partes, obras y acciones del Proyecto corresponde a la corta de vegetación, acción vinculada a la obra de habilitación de una Franja de seguridad (FS) durante la fase de construcción. El potencial impacto en el corte de vegetación es la dispersión de material particulado y restos de material vegetal referente al objeto de protección calidad del agua, por otra parte, el corte de vegetación puede generar la erosión de la ribera lo cual afectará al objeto de protección del sedimento, A su vez, se identifica el FGI asociado a ii) Caminos de acceso al proyecto, correspondiente a las rutas y cruces con fin de traslado de maquinaria, vehículos y camiones hacia los sitios de obras asociadas a la línea de transmisión eléctrica de alta tensión (LAT). Los caminos serán utilizados durante todas las fases del Proyecto, con una frecuencia e intensidad de tránsito diferenciada según las actividades desarrolladas. Se prevé una mayor frecuencia de uso durante la fase de construcción, asociada principalmente al desplazamiento de personal, maquinaria y vehículos. Durante la fase de operación, la frecuencia de tránsito disminuirá respecto de la etapa constructiva, restringiéndose principalmente a actividades de mantención, inspecciones y monitoreos asociados al Proyecto. El tránsito de los caminos presenta un potencial dispersión de material particulado producto del tránsito, como por sectores donde los caminos de acceso interceptan cuerpos de agua superficiales, en donde las actividades de tránsito y ejecución de las obras podrían generar la alteración de la calidad del agua por el aporte de sedimentos y material particulado, como por obras de intervención de cauce por cruces, siendo el componente hídrico y las especies hidrobiológicas albergadas en los ecosistemas acuáticos continentales presentes, los principales objeto de protección.

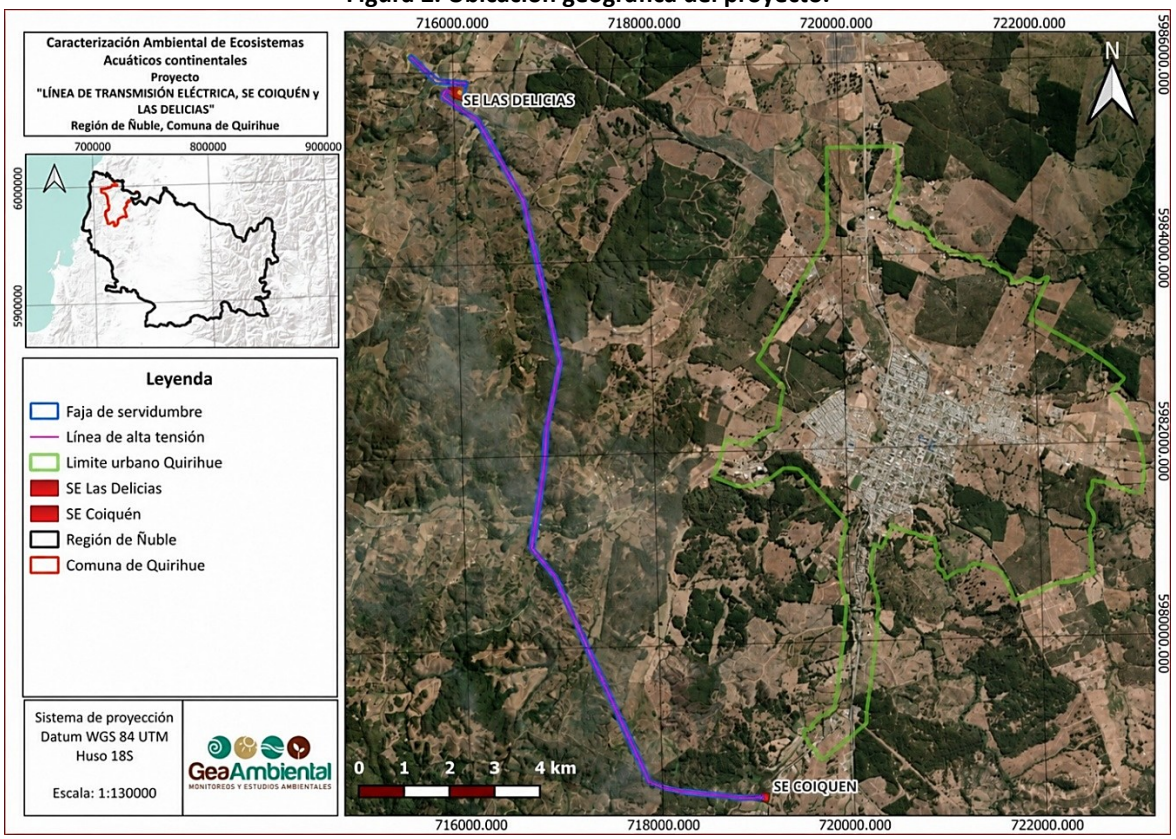
4. ÁREA DE ESTUDIO

4.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO

El proyecto se emplazará en la comuna de Quirihue, provincia del Itata, Región de Ñuble y se considerará la construcción de dos subestaciones que abarcan una superficie de aproximadamente de 4 hectáreas, más una Línea de transmisión eléctrica (LAT) de aproximadamente 10 km y el seccionamiento de una línea de transmisión existente.

El área del Proyecto se caracteriza por la presencia predominante de terrenos de uso forestal con remanentes de bosque nativo correspondientes a la Cordillera de la Costa. El clima de la zona es de tipo Templado cálido con lluvias invernales (Csb), según la clasificación climática de Köppen (1936). Esta situación redunda en veranos cálidos y secos, de 4 a 5 meses con eventos de lluvia ocasional, e inviernos muy fríos y lluviosos, con una media de precipitaciones anual de 670 mm y una temperatura media anual de 18,8°C.

Figura 2. Ubicación geográfica del proyecto.



Fuente: Elaboración propia.

5. DETERMINACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

La definición de Área de Influencia (AI) entregada por el Decreto N°40/2012 y su última actualización D.S N°17/2026, especifica letra a) del artículo 2° del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, el Área de Influencia (AI) corresponde al área o espacio geográfico cuyos atributos y elementos naturales deben ser considerados para determinar si el Proyecto genera o presenta alguno de los efectos, características o circunstancias del artículo 11 de la Ley N°19.300, o bien para justificar su inexistencia.

Complementariamente, la Guía Áreas de Influencia en el SEIA define el AI como el espacio geográfico donde se predice la ocurrencia de impactos ambientales generados por un proyecto o actividad. Por tanto, su delimitación debe considerar las partes, obras y acciones del Proyecto, los factores generadores de impacto, las características del medio receptor y la extensión espacial prevista de las alteraciones sobre cada elemento ambiental potencialmente afectado (SEA, 2026).

El Área de Influencia (AI) de Ecosistemas acuáticos continentales o componente limnológico, se define considerando los cuerpos de agua presentes en el área del proyecto, identificados a partir de la red hídrica disponible (DGA, 2024) y su interacción con las obras y acciones del proyecto derivados de los FGI i) Corte de vegetación y ii) Caminos de acceso. Vale destacar que los cuerpos de agua presentes en el área de emplazamiento del proyecto se caracterizan por tener régimen fluvial, sin embargo, en el actual estudio se encontró agua superficial en casi todos los ambientes prospectados, sin evidenciarla en el sistema del cauce sin nombre 2 (E-5). Estos cuerpos comprenden las secciones de los cauces y sus ambientes ribereños que podrían verse afectados. Esta incluye el cauce sin nombre 1 asociado al Estero Quinicavén, el Estero Pencahua o Recreo y los cauces tributarios conectados a este sistema.

En este contexto, la delimitación del Área de Influencia (AI) se definió en función del potencial de afectación que las actividades del proyecto podrían generar sobre la red de drenaje natural presente en el sector. Las fases de construcción es la etapa de mayor relevancia para dicha delimitación, dado que contemplan actividades de i) Corte de vegetación, la cual se encuentra asociada a la habilitación de la Franja de Seguridad (FS), pudiendo modificar las condiciones naturales de escorrentía superficial, favorecer procesos de erosión y transporte de vegetación, como el FGI ii) Caminos de acceso y su potencial transporte de sedimentos y material particulado hacia los cauces cercanos, o cruces con intervención directa en los mismos. En consecuencia, los objetos de protección con potencial afectación corresponde a Calidad de agua y Biota Acuática.

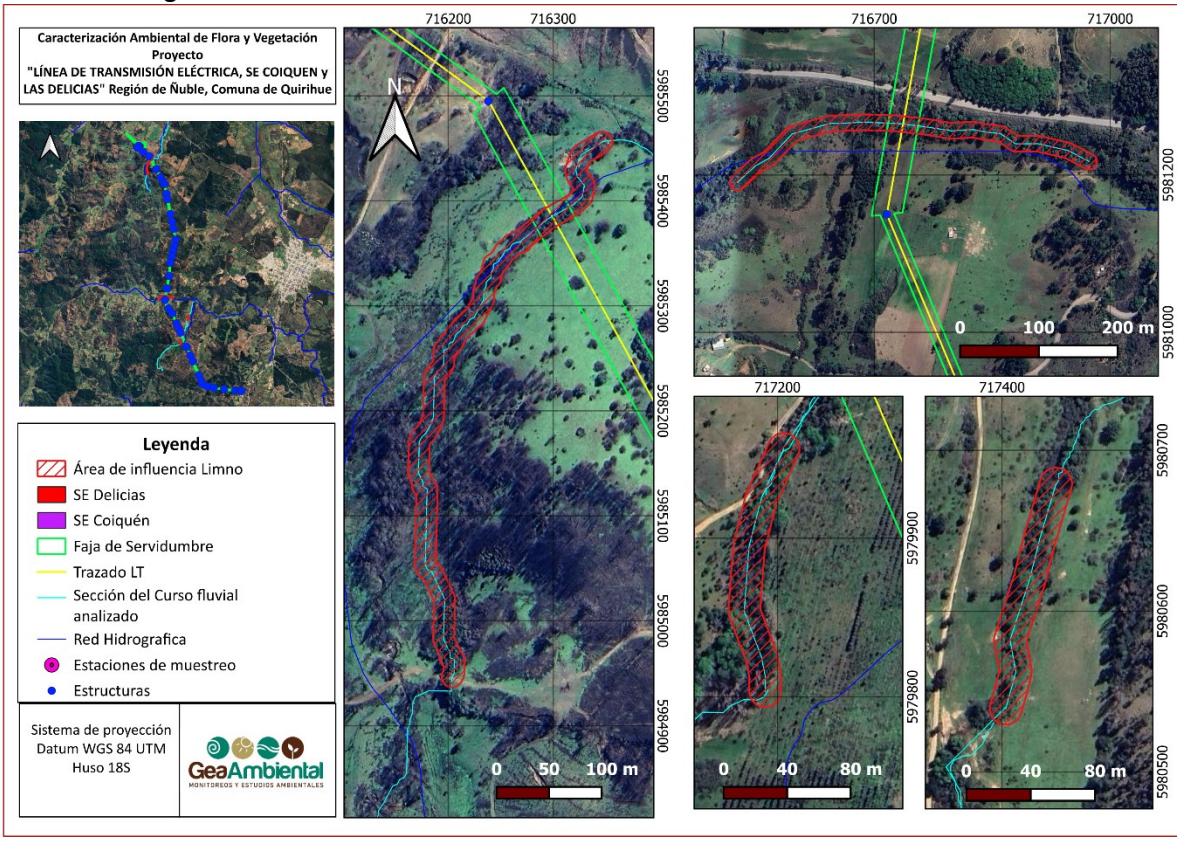
Ante ello, actividades como el tránsito de maquinaria, cruces, el manejo de materiales y las labores de mantenimiento de la FS pueden incrementar el aporte antrópico a los cuerpos de agua. Este

aspecto cobra especial relevancia considerando la conectividad hidrológica existente entre los ecosistemas acuáticos del área de estudio, donde los canales sin nombre denominados como “1, 2” y 3”, conectados hidrológicamente con el Estero Pencahua o Recreo y Quinicavén, corresponden a tributarios de carácter natural. En consecuencia, cualquier alteración generada en los sectores intervenidos ribereños a estos cuerpos de agua afectaría a la calidad de agua y la biota en categoría de conservación presente.

En mayor detalle, en el cauce sin nombre 1 asociado a la estación E-1 y al Estero Quinicavén, el AI comprende un tramo de 500 m aguas arriba y 100 m aguas abajo desde la Franja de Seguridad. Esta delimitación considera la dirección del flujo hacia el este y el potencial transporte de sedimentos y restos vegetales desde los sectores intervenidos por la FS del Proyecto. A su vez, y en consideración del registro auditivo de un ejemplar de Rana Chilena (*Calyptocephalella gayi*) obtenido durante la campaña de otoño 2026 descrita en el Anexo “Caracterización Ambiental de Fauna Terrestre”, cuya detección se localizó en un área próxima al cauce sin nombre asociado al Estero Quinicavén, sitio interceptado por el camino de acceso al Proyecto desde la zona norte. Considerando este antecedente biológico y que la especie presenta etapas y hábitos semiacuáticos, el tramo definido corresponde a un hábitat potencialmente apto para las fases de desarrollo de su ciclo de vida, por lo que se considera igualmente como especie hidrobiológica asociada al cuerpo de agua de esta estación, como también la ictiofauna albergada en la estación del área de estudio.

Para el Estero Pencahua o Recreo, asociado a las estaciones E-2 y E-4, el AI se extiende desde 50 m aguas arriba de E-2 hasta el límite definido 100 m aguas arriba de E-4, incorporando la totalidad del cauce comprendido entre ambos puntos. Esta delimitación considera la dirección del flujo hacia el noroeste, la conexión con sus tributarios y el potencial transporte de sedimentos y materia orgánica provenientes de las áreas intervenidas. Por su parte, el cauce sin nombre 2, tributario del Estero Pencahua o Recreo y asociado a las estaciones E-5 y E-6, el AI comprende el tramo definido desde 50 m aguas arriba de la Franja de Seguridad hasta 100 m aguas abajo de E-5. Aunque durante la campaña no se registró agua superficial en E-5, el sistema se mantuvo dentro del AI debido a su expresión como drenaje natural, su posible funcionamiento estacional y su conectividad hidrológica con el cauce principal. La delimitación incorpora el lecho de los cauces y sus ambientes ribereños asociados, considerando la dirección del flujo, la conectividad hidrológica, la morfología del drenaje y las zonas potenciales de transporte o depósito de sedimentos. A partir de todos los antecedentes presentados se determinó una superficie estimada del AI corresponde aproximadamente a 2.91 ha.

Figura 3. Área de influencia del estudio de Ecosistemas Acuáticos Continentales.



Fuente: Elaboración propia.

6. MARCO NORMATIVO

En materia de conservación de especies, la caracterización y evaluación del componente hidrobiológico se efectuará considerando la normativa vigente sobre clasificación de especies silvestres según estado de conservación, contenida en el artículo 37 de la Ley N° 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente y en el Decreto Supremo N° 29 de 2011, del Ministerio del Medio Ambiente, que aprueba el Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres según Estado de Conservación. En este marco, la identificación del estado de conservación de las especies registradas se realizará conforme a las nóminas oficializadas por el Ministerio del Medio Ambiente, incluyendo hasta el 20° Proceso de Clasificación, formalizado mediante Decreto Supremo N° 54 de 2025, publicado en marzo de 2026.

Respecto de la caracterización de la calidad de agua superficial, el diseño de muestreo, preservación, manejo y posterior análisis de laboratorio se desarrollará conforme a la normativa chilena aplicable en la materia, particularmente la NCh 411/6, referida a la guía para el muestreo de ríos y cursos de agua, y la NCh 411/3, relativa a la preservación, manipulación, almacenamiento y transporte de

muestras para análisis. Estas referencias constituyen el marco técnico para asegurar la representatividad, trazabilidad y control de calidad de las muestras obtenidas en terreno.

En lo referido a las actividades de captura, extracción, manipulación, registro y liberación de ejemplares hidrobiológicos con fines de línea de base y caracterización ambiental, estas se ejecutarán al amparo del régimen jurídico de pesca de investigación establecido en la Ley General de Pesca y Acuicultura, cuyo texto refundido, coordinado y sistematizado fue fijado por el Decreto Supremo N° 430, de 1991, del Ministerio de Economía, en particular su artículo 99, que dispone que las personas naturales o jurídicas interesadas en realizar pesca de investigación deben presentar una solicitud ante la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura acompañando los términos técnicos de referencia y los antecedentes que establezca el reglamento. Dicho marco se complementa con el Decreto Supremo N° 461, de 1995, del mismo ministerio, que establece los requisitos que deben cumplir las solicitudes sobre pesca de investigación de acuerdo con la R. Ex N° 1843/2024 modificada por R. Ex N° 03034/2025. En ese contexto, las actividades de terreno del presente componente se encuentran permitidas por la R. Ex N° E-2025-076, de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura adjunto en el **Anexo 12.2**, que autoriza la realización de pesca de investigación, así como por sus actos administrativos complementarios o modificatorios posteriores, los cuales regulan el alcance, condiciones de ejecución y obligaciones aplicables al titular de dicho permiso.

La elaboración del informe se realiza luego de los análisis de los datos obtenidos en terreno y de laboratorio, el informe seguirá las directrices de la Ley 19.300 y del D.S 40/2012 y sus modificaciones. En conjunto se realiza la planilla de datos de biodiversidad de la Resolución Exenta N°343/2022 del Ministerio del Medio Ambiente.

7. METODOLOGÍA

A. PERIODO Y ESFUERZO DE MUESTREO

La campaña de terreno destinada al levantamiento de información del componente Ecosistemas Acuáticos Continentales asociados a la intervención del proyecto "**Nueva Subestación Seccionadora Las Delicias" y "Nueva Subestación Coiquén y Nueva Línea 2x66 kV Las Delicias – Coiquén**" se desarrolló en el período otoñal. Las actividades de terreno del presente estudio fueron realizadas entre el 11 al 12 de mayo 2026. Lo anterior se determina en la temporalidad de otoño 2026, estacionalidad se caracteriza por el descenso gradual de las temperaturas, la reducción del fotoperiodo y el inicio de un incremento progresivo de la fase de transición hidrológica entre la condición de estiaje estival y el establecimiento del régimen de precipitaciones invernales. Estas condiciones generan cambios en la dinámica de los ecosistemas acuáticos, incluyendo variaciones en el caudal, el aporte de materia orgánica de origen vegetal desde la vegetación ribereña, la

temperatura del agua y los procesos biológicos asociados, por lo cual la temporalidad es representativa para determinar las dinámicas de cambio de los ecosistemas.

El esfuerzo de muestreo consideró una duración total de 2 jornadas diarias, con 9 horas de prospección diarias, ejecutadas por dos profesionales, totalizando un esfuerzo de 36 horas-persona (Tabla 1).

Tabla 1. Esfuerzo de muestreo del estudio.

Esfuerzo de muestreo				
Componente	**Tiempo**	**Superficie recorrida**	**Horas personas**	**Cantidad de profesionales**
Campaña otoñal completa	2 días efectivos	0,675 km	36 horas	2 personas
Macroinvertebrados bentónicos	1 día efectivo	0,06 km	1.5 horas	2 personas
Ictiofauna	1 día efectivo	0,5 km	3 horas	2 personas

Fuente: Elaboración propia.

B. ESTACIONES DE MUESTREO

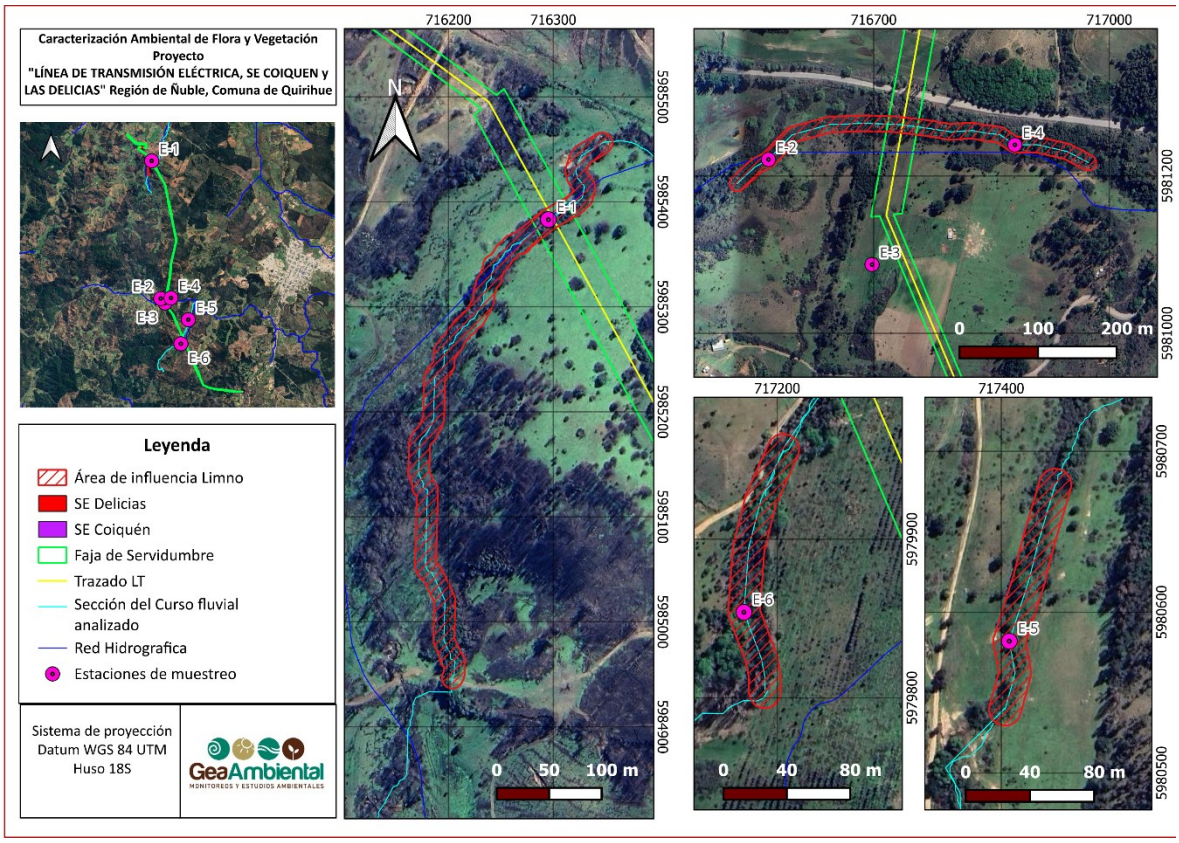
Las estaciones de muestreo para el estudio corresponden a puntos definidos a partir de una revisión en gabinete de imágenes satelitales, redes hídricas superficiales y el trazado de las obras del proyecto, con el objeto de identificar los cuerpos de agua con mayor interacción potencial, su conectividad hidrológica, representatividad ambiental y accesibilidad para el levantamiento de información en terreno dentro del área de ubicación del Proyecto. Estas estaciones de muestreo fueron destinadas a la caracterización fisicoquímica e hidrobiológica de los tramos con cuerpo de agua, con el objeto de establecer la condición basal de estos, asegurando la representatividad espacial del sistema acuático y permitiendo caracterizar su dinámica, estructura comunitaria y calidad ambiental.

Estas estaciones se definieron preliminarmente para realizar el diseño de muestreo dentro del área estudio del proyecto, sobre esta base, la selección de estaciones fue posteriormente corroborada en terreno, verificando condiciones de hábitat, cuerpos de agua intermitentes, permanencia de agua, grado de intervención y aptitud para la caracterización de los componentes limnológicos. En función de ello, se establecieron dos (2) estaciones en el cuerpo de agua Estero Pencahua o Recreo y dos (2) estaciones en un cauce sin nombre asociado a este estero y una (1) estación en un cauce sin nombre en la zona norte del proyecto. A su vez se estableció una (1) estación en un tranque de acumulación, la cual se encuentra sobre la línea de transmisión aérea proyectada y otra estación en a la zona norte del área del proyecto, caracterizado como cauce sin nombre asociado al Estero Quinicavén. De esta manera, la distribución de estaciones permite caracterizar de forma

representativa los sistemas acuáticos aledaños a las obras de intervención, considerando la cercanía de los cuerpos de agua a obras directas e indirectas y la conectividad de los sistemas a lo largo de toda el parea del proyecto, así disponer de una base técnica adecuada para la evaluación ambiental del proyecto.

A continuación, en la Figura 44;Tabla 2, se presenta la ubicación y coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo del componente Ecosistemas acuáticos continentales:

Figura 4. Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo del componente Ecosistemas acuáticos continentales.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo (Datum WGS84, HUSO 19S).

Estaciones	Cuerpo de agua	Coordenadas geográficas (UTM datum WGS84 Huso 19S)	
		Este (m)	Norte (m)
E-1	Cauce sin nombre 1 asociado al Estero Quinicavén	716295	5985383
E-2	Estero Pencahua o Recreo	716566	5981221
E-3	Tranque de acumulación	716697	5981087
E-4	Estero Pencahua o Recreo	716879	5981239
E-5	Cauce sin nombre 2 asociado al Estero Pencahua o recreo	717405	5980582
E-6	Cauce sin nombre 3 asociado al Estero Pencahua o recreo	717179	5979854

Fuente: Elaboración propia.

7.1. TRABAJO EN TERRENO Y LABORATORIO

7.1.1. Medio abiótico y caracterización de hábitat

7.1.1.1. Caracterización del cauce

La caracterización de la estructura fluvial determina la distribución y abundancia de hábitats y refugios, y las posibilidades de dispersión para el componente biótico. En relación con esto, se realizó una caracterización general del cauce en el sitio de muestreo, considerando la descripción de parámetros estructurales obtenidos a través de observación directa y su relación con hallazgos bióticos posteriores.

En terreno se tomaron fotografías georreferenciadas para caracterizar las estaciones de muestreo el estudio, el sitio, el sustrato predominante, tasa de relleno, tipo de entorno directo e indirecto y presencia o ausencia de vegetación ribereña. Se determinan las características según (Wentworth, 1922; Wetzel, 2001).

- Tipo de sustrato: Granulometría predominante del lugar de la estación de estudio.
    1. Fino (> 0,75mm)
    2. Arena (0,75-2mm)
    3. Gravas, cantos y piedras (2-600mm)
    4. Bolones (>600mm)

- Tasa de relleno: Proporción que posee cada tipo de sustrato en la estación de muestreo.
    1. Solo bolones
    2. Bolones dispersos sobre sustrato fino a medio
    3. Solo sustrato fino

- Entorno Directo: Caracterización presente en el sitio de muestreo, desde la orilla hacia tierra, con límite imaginario de 20m de la orilla.
- Entorno Indirecto: Caracterizada por el tipo de vegetación, presente en el sitio de muestreo, más allá de 20m de la orilla.
- 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.

7.1.1.2. Medio fisicoquímico: Agua superficial

La caracterización del medio físico del ecosistema acuático continental se realizará mediante la evaluación de la calidad del agua y del sedimento asociado, considerando parámetros fisicoquímicos, microbiológicos. Esta información permitirá describir las condiciones ambientales basales de los sistemas vinculados al área del Proyecto y evaluar su aptitud para el desarrollo de la vida acuática conforme a la normativa y criterios técnicos aplicables, e identificar factores que puedan influir en la estructura, composición y funcionamiento de la biota acuática.

7.1.1.2.1. Calidad de agua

Durante la prospección se realizó la caracterización de la calidad de agua de los cuerpos hídricos presentes en los sistemas asociados al proyecto, mediante la obtención de muestras y su posterior análisis en laboratorio, conforme a la metodología establecida (NCh.411/2). La evaluación in situ de la calidad de agua se efectuó a partir de la medición de los parámetros como temperatura, pH, conductividad y oxígeno disuelto, utilizando un equipo multiparamétrico HANNA HI98194. Adicionalmente, en cada estación de muestreo se tomó muestras de agua y luego se analizaron los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en laboratorio, con el objetivo de determinar posibles efectos del proyecto sobre la biota acuática presente en el área de influencia.

Para la interpretación de los resultados se utilizó como referencia los criterios en la NCh. 1333 Of.78 “Requisitos de calidad del agua para diferentes usos”, la cual fija un criterio de calidad de agua de acuerdo con requerimientos científicos referidos a aspectos **físicos, químicos y biológicos**, del agua.

En este estudio se consideró los criterios de la Tabla 4 “Requisitos generales de aguas destinadas a vida acuática”, con el fin de evaluar la condición basal de los cuerpos de agua asociado al Proyecto.

7.1.1.2.2. Toma de muestras

La toma de muestras puntuales de agua se realizó de acuerdo con lo establecido por la NCh. 411/6 “Guía para el muestreo de ríos y cursos de agua”, NCh.411/2 “Guía sobre técnicas de muestreo”. Para la preparación de los recipientes, su identificación, llenado, preservado y transporte de muestras, se siguieron las técnicas señaladas en la NCh. 411/3 “Guía sobre preservación y manejo de muestras”

El análisis en laboratorio de las muestras de aguas obtenidas fue realizado por una Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA) aprobada por la Superintendencia de Medio Ambiente (SMA) la cual corresponde a la empresa Hidrolab

7.1.2. Medio biótico

Durante el desarrollo del estudio se efectuó la caracterización de la biota acuática presente en el área de estudio, la cual comprendió la inspección visual de los sitios de muestreo y la prospección de los cauces, junto con el levantamiento de información de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos, macrófitas e ictiofauna.

Además, y como referencia para el muestreo y levantamiento de información en terreno se utilizaron la “Guía Metodológica y los protocolos de muestreo de flora y fauna acuática en aguas continentales de Chile” (Contreras *et al.,* 2016) así como también directrices de la “Guía de Delimitación y Caracterización de Humedales Urbanos de Chile” (MMA, 2022).

7.1.2.1. Macroinvertebrados bentónicos

Los Macroinvertebrados son organismos utilizados como bioindicadores para la evaluación de los sistemas fluviales, específicamente para determinar la calidad del agua (Moya et al., 2009). La metodología de Zoobentos o Macroinvertebrados se realizó mediante el recuento directo por grupo de organismos. Para lo anterior, se tomaron tres submuestras aleatorias en cada sitio de muestreo, obtenidas con una red Surber de 0,09 m^2 con malla de apertura de 250 µm, una vez instalada la red en contracorriente, se remueve el sustrato (bolones, cantos y bloques de las zonas de ribera y de retención) y se extrae la muestra obtenida en el copo, luego se trasvasija en un frasco hermético previamente rotulado y es fijada con alcohol al 96° (Contreras *et al.,* 2018). La muestra obtenida se integrará en una única unidad muestral por estación.

El procesamiento del análisis de las muestras consistió en el lavado sobre tamices de 250–500 µm, separación del material biológico del sedimento y posterior identificación bajo lupa estereoscópica siguiendo procedimientos estandarizados para el análisis de macroinvertebrados bentónicos (Barbour *et al*., 1999; APHA, 2017). La determinación taxonómica se realizó mediante las claves de (Domínguez & Fernández, 2009) y (Palma, 2013).

7.1.2.2. Ictiofauna

Para la caracterización de la fauna íctica en cada estación del estudio se utilizó la técnica de pesca eléctrica, esta metodología es utilizada para capturar especies de peces de pequeño tamaño, la cual es una característica de las especies de peces nativos, los cuales no superan los 20 cm de longitud.

- **Pesca eléctrica**

La captura de ictiofauna se realizó mediante un equipo de pesca eléctrica portátil marca SAMUS 1000, el cual genera un campo eléctrico pulsado en el agua entre un ánodo y un cátodo. Este campo induce en los peces una respuesta fisiológica temporal denominada galvanotaxis, provocando su desplazamiento involuntario hacia el ánodo y una inmovilización transitoria (electronarcosis), lo que facilita su captura mediante redes de mano sin ocasionar daños permanentes cuando el equipo es utilizado bajo los parámetros operacionales establecidos.

El muestreo consistió en efectuar un barrido a contracorriente a lo largo de ambas riberas de cada estación de estudio. La operación fue realizada por un equipo de dos personas: un operador manipuló el equipo de pesca eléctrica, cuyo ánodo incorpora un chinguillo de captura, mientras que un segundo operador utilizó un chinguillo auxiliar para capturar aquellos individuos que pudieran ser desplazados por la corriente. En cada estación se aplicó un esfuerzo de muestreo equivalente a un recorrido de 100 m² o 30 minutos efectivos de pesca, según las características del cauce.

Esta metodología corresponde a un método de captura no letal, ya que utiliza pulsos eléctricos de bajo voltaje e intensidad controlada, los cuales producen únicamente un aturdimiento temporal de los individuos, permitiendo su captura, identificación y posterior liberación en el mismo sitio de muestreo una vez recuperada completamente su movilidad.

- **Manejo de los peces capturados**

Los ejemplares capturados fueron depositados en baldes con agua del mismo curso de agua. Cada pez capturado fue medido con un ictiómetro manual y pesado mediante una balanza electrónica portátil de precisión ± 0,05 g, además se procedió a fotografiar a cada uno de los ejemplares para

corroborar la identificación taxonómica realizada en terreno. El tiempo de retención máximo de los individuos depende de la cantidad de individuos capturados, en la actual campaña el tiempo de retención fue de 10 minutos como máximo, los peces se mantuvieron en baldes con oxigenación permanente mediante un aireador y se realizó el recambio de agua para proporcionar una condición óptima para evitar estrés y posible mortalidad, durante la toma las medidas morfométricas, se verifica el estado de los individuos y al finalizar la medición son devueltos al mismo punto de captura.

7.1.2.3. Flora vascular y Macrófitas

La caracterización de las comunidades de flora vascular y macrófitas en sistemas fluviales (ríos, canales, arroyos, quebradas) se realizó en cada estación mediante prospecciones aleatorias pedestres en un área definida de 100 m², aprovechando el recorrido efectuado para el monitoreo de la fauna íctica (pesca eléctrica). En cada estación se registraron datos cualitativos de presencia/ausencia de especies, complementados con un registro fotográfico georreferenciado. Asimismo, se relevará la vegetación ribereña directamente asociada al cuerpo de agua, cuyo detalle se incorpora en las descripciones específicas de cada estación.

7.2. TRABAJO DE GABINETE

7.2.1. Medio fisicoquímico: Agua superficial

7.2.2. Caracterización de la cuenca

Se realizó una búsqueda bibliográfica en la página de la Mapoteca Digital: Cuencas DARH y el Inventario de cuencas, subcuencas y subsubcuencas de Chile de la DGA (Dirección General de Aguas) para caracterizar las cuencas hidrográficas donde se sitúan las estaciones de muestreo del presente estudio y se consultaron los datos fluviométricos y meteorológicos en Estadísticas de las estaciones de la DGA, la cual es una plataforma digital que entrega datos de la Red Hidrométrica Nacional en línea, con el fin de caracterizar el régimen hidrológico de la zona de estudio. De manera complementaria, se analizó los valores de las estaciones fluviométricas cercanas al proyecto (Río Lontué y Río Cauquenes) para estimar el caudal de los cuerpos de agua tributarios en la temporalidad del actual estudio.

7.2.2.1. Calidad de agua

Luego de obtener los resultados de laboratorio de analizarán bajo los criterios de la Norma Chilena 1333 (Tabla 4, vida acuática) para conocer la condición basal de los sistemas. Esta norma fija un criterio de calidad del agua de acuerdo con requerimientos científicos referidos a aspectos físicos,

químicos y biológicos, según el uso determinado, con el objeto de proteger y preservar la calidad de las aguas que se destinen a la vida acuática. La interpretación ecológica de los resultados considerará criterios técnicos referenciales.

Tabla 3. Requisitos generales de aguas destinadas a vida acuática.

Parámetro	Unidad
Oxígeno Disuelto	5 mg/L mínimo
pH	6,0 a 9,0
Alcalinidad total	20 mg/L de CoCO3 mínimo
Turbiedad	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 sedimentables	No deben exceder del valor natural
Petróleo o cualquier tipo de hidrocarburo	No debe haber detección visual No debe hacer cubrimiento de fondo, orilla o ribera
	No debe olor perceptible

Fuente: Elaboración propia. (NCh 1333. Tabla 4).

Mediante el uso de la "Guía CONAMA para el Establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Marinas" se clasificarán los resultados obtenidos mediante el análisis del laboratorio según sus criterios establecidos, si bien esta guía , no se encuentra vigente, sus criterios continúan siendo utilizados como referencia técnica orientativa en estudios ambientales y evaluaciones ecológicas, considerando los antecedentes históricos de dicho documento, particularmente en ausencia de estándares nacionales específicos para algunos parámetros asociados a la protección de la biota acuática.

- **Excepcional:** Indica un agua de mejor calidad, por su extraordinaria pureza y escasez, forma parte única del patrimonio ambiental de la república. Esta calidad es adecuada para la conservación de las comunidades acuáticas y demás usos definidos cuyos requerimientos de calidad sean inferiores a esta Clase.

- **Clase 1:** Muy buena calidad. Indica un agua adecuada para la protección y conservación de las comunidades acuáticas, para el riego irrestricto para los usos comprendidos en las Clases 2 y 3.

- **Clase 2:** Buena calidad. Indica un agua adecuada para el desarrollo de la acuicultura, pesca deportiva y recreativa, y para los usos comprendidos en la Clase 3.

- **Clase 3:** Regular calidad. Indica un agua adecuada para bebida de animales y para riego restringido.

Las aguas que excedan los límites establecidos para la Clase 3, indicarán un agua de mala calidad (Clase 4), en general no adecuada para la conservación de las comunidades acuáticas o su aprovechamiento para los usos prioritarios sin el tratamiento adecuado.

Tabla 4. Valores máximos y mínimos de los parámetros fisicoquímicos

Parámetros Fisicoquímicos	Unidad	Clase de Excepción	Clase 1	Clase 2	Clase 3
Conductividad	µS/cm	< 600	750	1500	2250
Oxígeno Disuelto	mg/L	> 7,5	7,5	5,5	5
pH	Rango	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
Temperatura	°C	< 0,5	1,5	1,5	3
Color	Pt-Co	<16	20	100	>100

Fuente: Elaboración propia. Guía CONAMA para el establecimiento de las normas secundarias de calidad de agua ambiental para aguas continentales superficiales.

7.2.3. Medio biótico

7.2.3.1. Parámetros comunitarios

Luego de recibir los resultados de los análisis de los laboratorios, en gabinete se determinan índices ecológicos que brinden información de las comunidades bentónicas presentes en los ambientes de estudio. El análisis de estos parámetros se realizó exclusivamente a la comunidad bentónica

Riqueza (S): Número de especies registradas.

Abundancia (N): Número de individuos por especie.

Diversidad de Shannon-Wiener (H'): Corresponde a un indicador ecológico utilizado para cuantificar la diversidad biológica de una comunidad, integrando tanto la riqueza de especies como la abundancia relativa de cada una de ellas. Permite evaluar el grado de heterogeneidad y equidad en la distribución de los organismos presentes en una estación de muestreo.

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

Donde:
H'= Índice de Shannon
S= corresponde al número de especies (Riqueza)
pi= 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.

Diversidad de Simpson (λ'): Corresponde a un indicador ecológico utilizado para evaluar la diversidad biológica de una comunidad, considerando la probabilidad de que dos individuos seleccionados aleatoriamente pertenezcan a especies diferentes. Este índice incorpora la riqueza de especies y la dominancia relativa de las abundancias, siendo especialmente sensible a la presencia de especies dominantes dentro de la comunidad.

$$\lambda' = \frac{\sum_{i=1}^{S} n_i(n_i - 1)}{N(N-1)}$$

Donde:
λ'= Índice de Simpson
S= corresponde al número de especies (Riqueza)
N= corresponde al total poblacional.
n= corresponde al número de individuos de una especie.

Equidad de Pielou (J'): Corresponde a un índice ecológico utilizado para evaluar el grado de uniformidad en la distribución de los individuos entre las especies presentes en una comunidad biológica. Este índice permite determinar qué tan homogéneas son las abundancias relativas de las especies registradas, independientemente de la riqueza específica total.

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

Donde:
J'= Índice de Pielou
S= corresponde al número de especies (Riqueza)
H'= corresponde al índice de Shannon.

Dichos análisis comunitarios se realizaron mediante el software Primer 5.

7.2.3.2. Macroinvertebrados bentónicos

Para evaluar la calidad biológica de los ecosistemas acuáticos continentales, se calculó el **Índice Biótico de Familias (IBF)** (Hauer & Lamberti, 1996; Figueroa *et al*. 2003), se determinó mediante la asignación de valores de tolerancia a la contaminación orgánica para cada familia identificada, considerando la abundancia relativa de los organismos presentes en cada estación de muestreo. Este índice permite estimar el grado de alteración ambiental y la calidad biológica del agua. **Valores bajos del IBF se asocian a comunidades dominadas por organismos sensibles** y, por tanto, a mejores condiciones ambientales, mientras que valores altos indican una mayor representación de taxa tolerantes y una potencial degradación de la calidad del agua.

El IBF se calcula mediante la siguiente expresión:

$$IBF = \frac{\sum(n_i \cdot t_i)}{N}$$

Donde:
n_i*: número de individuos de la familia* i*.*
t_i*: valor de tolerancia asignado a la familia* i*.*
N*: número total de individuos de la muestra.*
$\sum(n_i \cdot t_i)$*: suma de los productos entre abundancia y tolerancia de cada familia.*

Tabla 5. Sistema de clasificación de calidad de agua en los valores del índice biótico de familias (IBF).

Clase de calidad	Rangos del IBF	Calidad de agua
I	<3,75	Excelente
II	3,76 - 4,25	Muy buena
III	4,26 - 5,00	Buena
IV	5,01 - 5,75	Regular
V	5,76 - 6,50	Relativamente mala
VI	6,51 - 7,25	Mala
VII	>7,26	Muy mala

Fuente: Elaboración propia. (Hauer & Lamberti, 1996; Figueroa *et al*. 2003)

Por su parte, el índice EPT (Carrera & Fierro, 2001) se calculó a partir de la riqueza taxonómica correspondiente a los órdenes **Ephemeróptera, Plecóptera y Trichóptera**, considerando el número total de familias pertenecientes a dichos grupos registradas en cada estación. Estos órdenes son ampliamente utilizados como bioindicadores debido a su sensibilidad frente a cambios en la calidad del agua, alteraciones del hábitat y perturbaciones antrópicas. En términos generales, valores

elevados del índice EPT reflejan una mayor integridad ecológica y mejores condiciones ambientales, mientras que valores bajos sugieren condiciones menos favorables para el desarrollo de organismos sensibles. Estos valores de determinaron mediante la suma de las abundancias de los organismos pertenecientes al orden ETP:

$$N_{EPT} = E + P + T$$

Donde:
E: número de familias (o taxa) de Ephemeroptera.
P: número de familias (o taxa) de Plecoptera.
T: número de familias (o taxa) de Trichoptera.

En algunos estudios también se utiliza el porcentaje EPT respecto del total de organismos colectados:

$$\%EPT = \frac{N_{EPT}}{N_{Total}} \times 100$$

Donde:
N_{EPT}: número de individuos pertenecientes a Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera.
N_{Total}: número total de individuos registrados en la muestra.

Tabla 6. Clasificación de calidad de agua según el índice EPT.

Clase	Índice EPT (%)	Calidad de agua
1	75 - 100	Muy buena
2	50 - 74	Buena
3	25 - 74	Regular
4	0 - 24	Mala

Fuente: Elaboración propia. (Carrera & Fierro, 2001).

La aplicación conjunta de ambos índices permitió complementar la evaluación ecológica de los cuerpos de agua estudiados, integrando información sobre la composición taxonómica, abundancia y sensibilidad de las comunidades bentónicas frente a perturbaciones ambientales, constituyendo una herramienta de apoyo para la caracterización de la calidad ambiental de los ecosistemas acuáticos evaluados.

De manera complementaria, se utiliza el índice de similitud de Bray-Curtis (Bray & Curtis, 1957) corresponde a una medida estadística utilizada para evaluar el grado de similitud en la composición

y abundancia de especies entre dos estaciones de muestreo o comunidades biológicas, junto a un análisis de escalamiento multidimensional no métrico (Non-metric Multidimensional Scaling, NMDS o MDS) (Kruskal, 1964) corresponde a una técnica de análisis multivariado utilizada para representar gráficamente el grado de similitud o disimilitud existente entre comunidades biológicas o estaciones de muestreo, a partir de matrices de distancia ecológica, como el índice de Bray-Curtis, en el programa PRIMER 5.

7.2.3.3. Ictiofauna

Durante el trabajo de terreno, los especímenes capturados fueron medidos registrando su longitud total (cm) y peso total (g). Posteriormente, en la etapa de gabinete, la información obtenida fue utilizada para estimar el Factor de Condición (K) de cada individuo mediante la ecuación de Fulton (1902), la cual permite evaluar el estado nutricional y la condición fisiológica de los peces a partir de la relación entre su peso y longitud.

$$K = 100 * (\frac{PT}{LT^3})$$

Donde:
PT : Peso total en gramos
LT : Longitud total 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).

7.2.3.4. Flora vascular y Macrófitas

Para la determinación taxonómica de los ejemplares observados se utilizó la bibliografía especializada de Marticorena & Quezada (1985), Marticorena & Rodríguez (2001, 2003, 2005), Rodríguez & Dellarosa (1998), Matthei (1995), Ramírez & San Martín (2006) y Vila *et al*. (2006). Finalmente, la clasificación según el origen biogeográfico (nativa o exótica) se determinó mediante la consulta al Catálogo de las Plantas Vasculares de Chile, desarrollado por el Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB) y la Universidad de Concepción (UDEC).

7.2.3.5. Estado de conservación

La categorización de los estados de conservación de la fauna acuática y macrófitas fue realizada según lo determinado en el Reglamento de Clasificación de Especies (RCE) pertenecientes al Ministerio de Medio Ambiente (MMA) y oficializados hasta el 20° proceso DS N°54/2025.

7.2.4. Elaboración de cartografías

Se utilizó el programa QGIS versión 3.42.2 para la elaboración de cartografías, de manera complementaria se descargó la red hídrica (DGA) para situar las estaciones de muestreo en los cuerpos de agua involucrados con el layout del proyecto, de manera complementaria se descarga el modelo de elevación digital de libre disposición para el área de estudio, del cual se obtienen las redes hídricas calculadas y la cuenca fluvial correspondiente a los puntos de muestreo, la cual se descarga del sitio Vertex Alaska o IDE Chile según disponibilidad. Posteriormente se realizó la cartografía con estaciones de muestreo, red fluvial, cuencas y subcuencas situadas en el área del proyecto.

7.3. CAMBIO CLIMÁTICO

En concordancia con la Guía metodológica para la consideración del cambio climático en el SEIA (2024), se incorporó el análisis de los efectos adversos asociados al cambio climático mediante el uso de la plataforma ArClim, desarrollada por el Ministerio del Medio Ambiente.

El clima es un atributo de los sistemas ambientales en el área de influencia (AI), con la tendencia a afectar los objetos de protección y propenso a los riesgos climáticos, considerando la situación vulnerable del país. Actualmente esta información es necesaria de incorporar para una adecuada predicción y evaluación de impactos por parte del proyecto, en sus obras y acciones, considerando una condición más desfavorable, para el desarrollo de planes de medidas y de seguimientos adecuados. El análisis de cambio climático consiste en el riesgo climático, referido a tendencias paulatinas de los componentes ambientales por cambio en el clima.

Para ello se dispone de una plataforma “Explorador de Amenazas Climáticas”, ARClim, con mapas de riesgo generada por el Ministerio de Medio Ambiente, dicha plataforma presenta mapas de riesgo climático construidos a partir de la integración de Amenaza (A), Exposición (E) y Sensibilidad (S), generando un índice de riesgo con resolución nacional a comunal.

En base a los objetos de protección se seleccionó en la plataforma los mapas que corresponde a los sectores “Recursos Hídricos” con sus respectivas cadenas de impacto. Las cadenas de impacto contienen un análisis de los factores de amenaza, sensibilidad y exposición con los cuales finalmente permiten evaluar el riesgo.

Este mapa considera cadenas de impacto asociadas a efectos adversos proyectados sobre el recurso hídrico, y por ente en la biodiversidad asociada, de las cuales se seleccionaron aquellas con relación directa a los potenciales efectos del proyecto. En particular, se consideraron las cadenas asociadas

a: (i) Sequía hidrológica, (ii) cambios de precipitaciones (iii) pérdida de fauna debido al aumento de la temperatura. A su vez, fundamentado en el análisis de amenazas respecto a precipitación y sequía.

Con esto, es posible determinar si el componente ecosistemas acuáticos a estudiar para el proyecto se emplaza en un área bajo una amenaza climática con impactos sobre los objetos de protección del presente estudio. Las cadenas seleccionadas fueron analizadas en función de su incidencia potencial sobre los componentes del medio, estableciendo su relación con las condiciones ambientales actuales y su evolución sin proyecto. Cada una se seleccionó en base al sector que aplica de acuerdo con la plataforma ARClim, basado en los Recursos Hídricos, correspondiente a la comuna de Quirihue, región de Ñuble, donde se localizan los objetos de protección del componente ecosistemas acuáticos.

7.4. PROTOCOLO DE BIOSEGURIDAD: DIDYMO

Con el objeto de prevenir la dispersión de *Didymosphenia geminata* en el marco de las actividades del Proyecto, se dará cumplimiento los criterios del Programa de vigilancia, detección y control de plaga de *D. geminata* Res. ex. 1070/2014. Dicho protocolo considera la aplicación obligatoria de medidas de limpieza, desinfección y secado de equipos, vestimenta, calzado, instrumentos y vehículos que entren en contacto con cuerpos de agua continentales, previo y posterior al levantamiento de cada estación de seguimiento, y a cada jornada de trabajo. La implementación de este protocolo constituye una medida preventiva de resguardo ambiental, orientada a evitar la introducción y propagación de especies exóticas invasoras, y permite acreditar el cumplimiento de las exigencias sectoriales y sanitarias aplicables, de acuerdo con la Res.Ex. N° 1843/2024 modificada por Res.Ex. N° 170/2025 resuelvo 9.

7.5. MATERIALES

Los materiales y equipos utilizados en el desarrollo del estudio de ecosistemas acuáticos continentales en terreno fueron los siguientes:

- Cámara fotográfica: Fotografías a las estaciones, metodologías e ictiofauna.
- Traje de agua (Wader): Actividades de muestreo.
- Red Surber: Metodología toma de muestras de macroinvertebrados bentónicos.
- Copo 250 µm: Metodología toma de muestras de macroinvertebrados bentónicos.
- Alcohol 96%: Fijador de muestras macroinvertebrados.
- Guantes de nitrilo: Actividades de muestreo.

- Frascos plásticos herméticos: Muestras de macroinvertebrados bentónicos.
- Pesca eléctrica SAMUS 1000 con cátodo y ánodo con chinguillo central: Metodologías pesca eléctrica.
- Chinguillos auxiliares: Apoyo al chinguillo central en actividades de pesca eléctrica.
- Baldes plásticos: Transporte de ictiofauna y mantención de individuos.
- Gramera e ictiómetro: Medidas morfométricas de individuos.
- Equipo multiparamétrico HANNA 98194 para medición *in situ* (Temperatura, Oxígeno disuelto, Conductividad y pH): Toma de muestras *in situ.*
- Caja y frascos proporcionados por laboratorio: Envío de muestras de calidad de agua para análisis del laboratorio.

8. RESULTADOS

8.1. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

La Región de Ñuble posee una superficie de 13.178 km², equivalente al 1,7% del territorio nacional. Su clima corresponde a una zona de transición entre los climas templados secos de Chile central y los climas templados lluviosos que se desarrollan hacia el sur, condición que determina una marcada estacionalidad en la disponibilidad del recurso hídrico. De acuerdo con el Censo Agropecuario y Forestal (INE, 2022), la región concentra el 9,6% de la superficie nacional destinada a cultivos, predominando las plantaciones forestales, seguidas por los cereales y, en menor proporción, las plantas forrajeras (MINAGRI, 2026).

A escala local, la comuna de Quirihue se emplaza en la unidad de paisaje denominada secano costero, caracterizada por una limitada disponibilidad hídrica que condiciona el desarrollo de las actividades agrícolas. En este territorio predominan los predios de secano, dependientes exclusivamente de las precipitaciones, debido a un clima mediterráneo con lluvias concentradas durante el invierno y veranos prolongados, cálidos y secos. En consecuencia, los caudales de los cursos de agua presentan una fuerte dependencia de las precipitaciones invernales, mientras que durante el período estival numerosos esteros reducen significativamente su caudal o incluso interrumpen su escurrimiento superficial. Bajo estas condiciones, uno de los principales desafíos territoriales corresponde al desarrollo de infraestructura de acumulación y sistemas de riego que permitan enfrentar un déficit hídrico que se extiende entre ocho y nueve meses del año (Ilustre Municipalidad de Quirihue, 2012).

En concordancia con este contexto climático y con su emplazamiento en la Cordillera de la Costa, la hidrografía comunal está conformada por una extensa red de esteros y cursos de agua menores de régimen predominantemente pluvial. La ausencia de grandes ríos que atraviesen directamente el área urbana determina un paisaje dominado por cauces de menor jerarquía que modelan estrechos valles aluviales. Desde el punto de vista hidrográfico, el territorio comunal se distribuye entre tres sistemas de drenaje: la cuenca del río Maule, mediante el río Cauquenes; la cuenca del río Itata, a través de la subcuenca del río Lonquén; y las cuencas costeras asociadas al estero El Recreo. Esta configuración responde a la presencia de una divisoria de aguas que atraviesa la propia comuna (González, 2017).

En este contexto, el área de estudio del componente Ecosistemas Acuáticos Continentales se emplaza en sistemas hidrográficos pertenecientes a la *cuenca del río Maule y a las Cuencas Costeras entre el límite regional y el río Itata*. Específicamente, comprende la *subsubcuenca río Cauquenes hasta la junta con el río Tutuvén, además de las subcuencas y subsubcuencas costeras comprendidas entre el límite regional y el río Taucu*. Estos sistemas presentan un régimen hidrológico predominantemente pluvial, caracterizado por una marcada variabilidad estacional. De acuerdo con la caracterización hidrológica disponible, entre mayo y agosto las precipitaciones acumuladas superan los 200 mm mensuales, mientras que entre septiembre y abril generalmente no superan los 20 mm, generando un aumento de los caudales durante el invierno y condiciones de estiaje, e incluso ausencia de escurrimiento superficial en algunos cauces, durante el verano (Caracterización Hidrológica Delicias-Coiquén). En consecuencia, los cursos y cuerpos de agua del área de estudio deben entenderse como parte de una red hidrológica funcionalmente conectada, donde los procesos de escorrentía, transporte de sedimentos, dinámica fluvial y conectividad ecológica responden a procesos que operan a escala de cuenca (DGA, 2021; SIMBIO).

Las características climáticas e hidrológicas descritas condicionan directamente la estructura y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos continentales presentes en la zona. En particular, los sistemas fluviales asociados a las cuencas del río Maule y de las cuencas costeras entre el límite regional y el río Itata constituyen hábitats para una ictiofauna dulceacuícola integrada por especies nativas de elevado valor biogeográfico y de conservación, coexistiendo con especies introducidas ampliamente distribuidas. Entre las especies nativas potencialmente presentes destacan la Pocha de los Lagos (*Cheirodon galusdae*), Carmelita (*Percilia gillissi*), Bagre chico (*Trichomycterus areolatus*), Bagre grande (*Nematogenys inermis*), Puye rojo (*Brachygalaxias bullocki*) y Perca trucha (*Percichthys trucha*). Asimismo, es frecuente la presencia de especies exóticas como Gambusia común (*Gambusia affinis*), Trucha café (*Salmo trutta*) y Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), las cuales pueden modificar la estructura de las comunidades nativas mediante procesos de depredación, competencia y alteración del hábitat (Soto *et al*., 2006; Pyke, 2008).

En estos sistemas, la calidad del agua, la disponibilidad de refugios, la conectividad longitudinal y lateral de los cauces, así como la heterogeneidad del hábitat, constituyen factores determinantes para la composición y permanencia de las comunidades ícticas. En términos generales, los ensambles de peces se estructuran en respuesta a gradientes ambientales asociados a la pendiente, el régimen hidrológico y la complejidad del hábitat, registrándose una mayor diversidad en sistemas de baja a moderada energía con elevada heterogeneidad estructural (Habit *et al*., 2007; Quezada-Romegialli *et al*., 2010; Valdovinos, 2021).

A nivel nacional, Chile alberga aproximadamente 75 especies de peces de aguas continentales, de las cuales 45 corresponden a especies nativas, incluyendo dos especies de lampreas. De este conjunto, cerca del 81% es endémico de la provincia biogeográfica chilena y aproximadamente el 40% se encuentra actualmente en alguna categoría de amenaza (Habit *et al*., 2006). En contraste, las especies introducidas han sido incorporadas históricamente con fines de alimentación, acuicultura, pesca deportiva, repoblamiento y control biológico (Ruiz y Marchant, 2006). Particularmente, los salmónidos se encuentran ampliamente distribuidos a lo largo del país y han colonizado gran parte de los ambientes ritrónicos debido a su elevada capacidad de dispersión y a la similitud existente entre los sistemas fluviales de origen y los ecosistemas acuáticos chilenos (Golusda, 1907; Basulto, 1969; Wetzlar, 1979).

Para la caracterización de la ictiofauna potencial del área de estudio se consideró como base bibliográfica la información contenida en Ruiz y Marchant (2006), Ictiofauna de Aguas Continentales; Vila *et al*. (1999), Peces Nativos en Aguas Continentales del Sur de Chile; Arismendi y Penaluna (2009), Peces Límnicos de Chile; y Cade-Idepe (2004), Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según Objetivos de Calidad, entre otros antecedentes técnicos disponibles.

En la Tabla 7**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se detalla las especies ícticas que son probable de encontrar en la zona asociada al área del Proyecto y su estado actual de conservación.

Tabla 7. Listado de especies potenciales en el área de emplazamiento del proyecto.

Nombre Científico	Nombre Común	Categoría de Conservación Vigente
Brachygalaxias bullocki	Puye rojo	Vulnerable (VU)
Percichthys trucha	Perca trucha	Casi amenazada NT (XV-VII); Preocupación menor LC (XVI-VIII-XII)
Nematogenys inermis	Bagre grande	En Peligro (EN)
Percilia gillissi	Carmelita	En Peligro (EN)
Trichomycterus aerolatus	Bagrecito	Vulnerable (VU)
Cheirodon galusdae	Pocha de Los Lagos	Vulnerable (VU)

Odontesthes mauleanum	Cauque	Vulnerable (VU)
Basilichthys australis	Pejerrey chileno	Vulnerable (VU) (XV-VII); Casi amenazada (NT) (XVI-XII)

Fuente: Habit *et al.,* 2024; RCE (1° al 20° proceso).

8.2. CARACTERIZACIÓN DE HÁBITAT Y ESTACIONES DE MUESTREO.

Con el objetivo de interpretar la estructura ecológica del sistema acuático evaluado, la ejecución del diseño de muestreo se llevó a cabo considerando la presencia de tres tipos de hábitats acuáticos diferenciados dentro del área de estudio. En este contexto, las estaciones de muestreo se agruparon según sus características hidrobiológicas en: (i) Cauce sin nombre 1 asociado al Estero Quinicavén; (ii) Estero Pencahua o Recreo; (iii) Cauce sin nombre 2 asociado al Estero Pencahua o Recreo y iv) Cauce sin nombre 3 asociado al Estero Pencahua o Recreo. Esta categorización permite interpretar la estructura de las comunidades bióticas en función de las particularidades ambientales de cada hábitat, calidad de agua, comunidades de macroinvertebrados bentónicos, comunidades de ictiofauna y su conectividad hidrológica dentro del ecosistema fluvial.

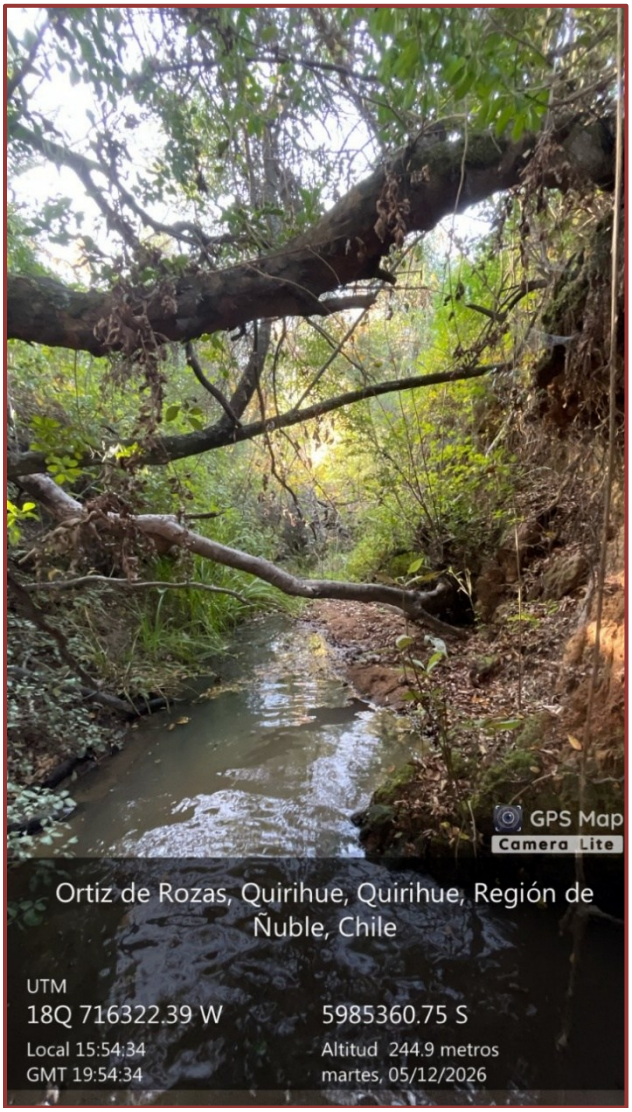
Desde el punto de vista geomorfológico, el tramo estudiado respecto al área de emplazamiento del proyecto se presenta en condiciones de mesoritrón en los ecosistemas vinculados a los Esteros (E-1, E-2, E-4 y E-6) y el tranque de acumulación (E-3) tiene características de un cuerpo de agua tipo Potamón o humedal. Las características que comparten estos cuerpos de agua es la predominancia de bolones y fango como sustrato, además de un ancho pequeño (no más de 4 metros), poca velocidad de corriente y presencia de vegetación sumergida (macrófita) y ribereña.

i. Cauce sin nombre 1 asociado al Estero Quinicavén (E-1)

El cauce sin nombre 1 asociado al Estero Quinicavén se encuentra en la zona norte del proyecto, este cuerpo de agua es un tributario del Estero Quinicavén, el cual tiene origen pluvial y el trazado de la Línea de alta tensión (LAT) y Franja de seguridad (FS) del proyecto se encuentra trasversal al cuerpo de agua.

La estación E-1 presenta baja velocidad de corriente y en parte del tramo se apoza por la caída de vegetación debido a la estacionalidad (otoño), el cuerpo de agua se caracteriza por encontrarse inmerso en vegetación arbórea asociada a la ribera y presencia de vegetación sumergida tipo macrófitas. El entorno directo corresponde a bosque mixto y el entorno indirecto es agrícola, el cuerpo de agua mide 2 metros de ancho y presenta una profundidad somera de 20 centímetros. El sustrato está constituido principalmente de arena, fango y bolones.

Figura 5. Caracterización de la estación E-1 en el cauce sin nombre 1 asociado al Estero Quinicavén.



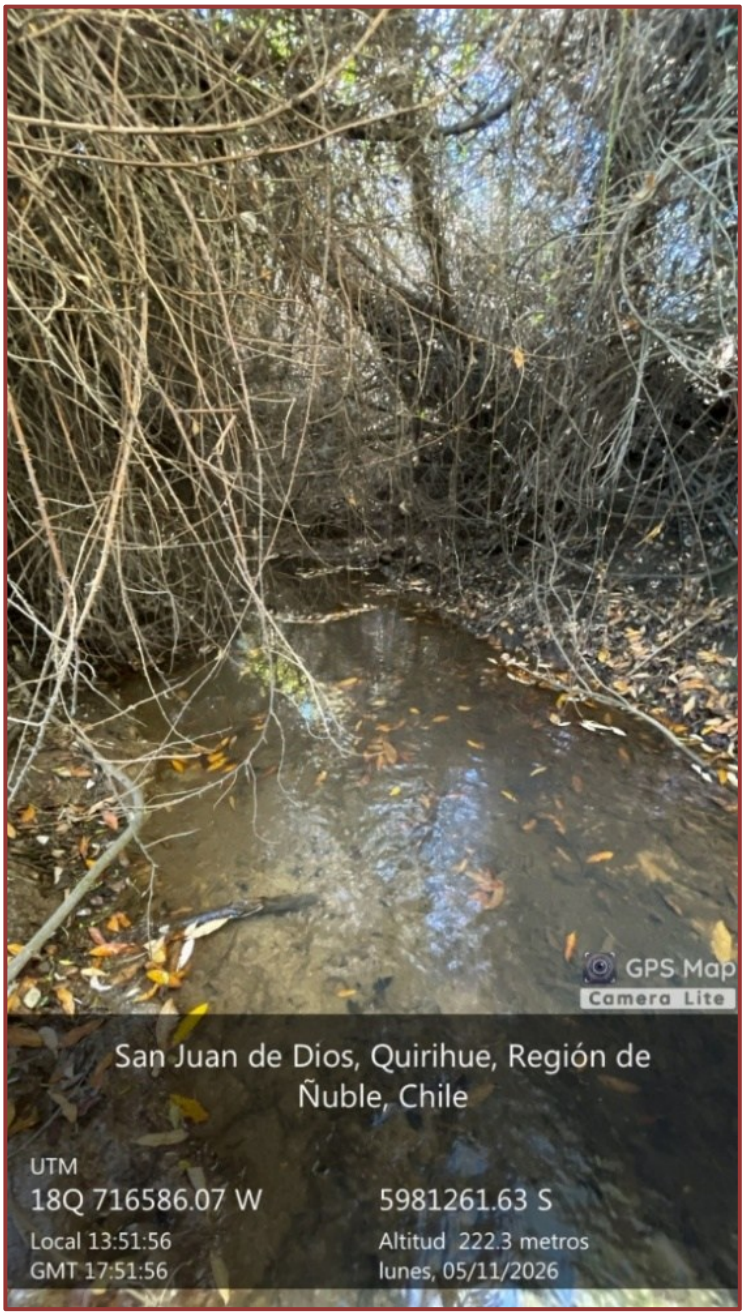
Fuente: Elaboración propia.

ii. **Estero Pencahua o Recreo (E-2 y E-4)**

El estero Pencahua o Recreo presenta un régimen predominantemente pluvial, con mayores caudales durante los meses invernales (otoño-invierno) y bajos caudales en épocas estivales (primavera-verano). Respecto a la naturaleza del cuerpo de agua, es un cuerpo de agua continental léntico, potencial hábitat para macroinvertebrados bentónicos, anfibios e ictiofauna de pequeña escala. Este ecosistema es un receptor de escorrentía superficial y sedimentos provenientes de actividades de silvoagropecuarias de la cuenca. La vegetación ribereña presente en este sistema corresponde a matorral, bosque esclerófilo con influencia de plantaciones forestales.

La estación E-2 está asociada al Estero Pencahua o Recreo presenta velocidad de corriente moderada y en parte del tramo se apoza debido a la caída de vegetación debido a la estacionalidad (otoño), el cuerpo de agua se caracteriza por encontrarse inmerso en vegetación arbórea asociada a la ribera y ausencia de vegetación sumergida. El entorno directo e indirecto corresponde a plantaciones forestales, el cuerpo de agua mide 2 metros de ancho y presenta una profundidad somera de 30 centímetros. El sustrato está constituido principalmente de arena y menores proporciones de fango y bolones.

Figura 6. Caracterización de la estación E-2 en el Estero Pencahua o Recreo.



Fuente: Elaboración propia.

La estación E-4 está asociada al Estero Pencahua o Recreo, el cuerpo de agua se caracteriza por encontrarse inmerso en vegetación arbórea asociada a la ribera y presencia de vegetación sumergida. El entorno directo de plantaciones forestales y entorno indirecto urbano colindante a la ruta N-410. El cuerpo de agua mide 2 metros de ancho y presenta una profundidad somera de 30 centímetros. El sustrato está constituido principalmente de arena, menores proporciones de fango y bolones.

Figura 7. Caracterización de la estación E-4 en el Estero Pencahua o Recreo.



Fuente: Elaboración propia.

iii. Tranque de acumulación (E-3)

El tranque de acumulación se sitúa en un predio privado, el principal uso es ganadero (forrajeo de vacas) y el cuerpo de agua brinda servicios ecosistémicos para combatir incendios forestales en las áreas colindantes a este ecosistema. El origen del cuerpo de agua es antropogénico, debido a que se utilizó maquinarias para dragar el suelo y aposar el agua para mitigación de incendios. Se aprecia vegetación hidrófila, lo cual le otorga características potenciales de un humedal por la alta presencias de estas especies. En la misma zona, se aprecian vegas colindantes al tranque, lo que corresponde a una zona de transición que se debe extender en períodos de precipitaciones, predominando suelos saturados o semi-saturados por infiltración, escorrentía superficial o fluctuaciones del nivel freático asociadas al humedal artificial. Estos sistemas contribuyen a la retención de sedimentos y nutrientes mejorando la calidad de agua, además de proporcionar alimentación, refugio y reproducción de organismos acuáticos. En este sistema se sitúa la ubicación de una torre de alta tensión, en las vegas y unos metros debajo el tranque de acumulación.

La estación E-3 corresponde a un tranque de acumulación, en donde se observa un aposamiento del agua, el cual es de origen antrópico (maquinaria) y el principal uso del cuerpo de agua es para mitigar incendios en la zona asociada y uso de ganadería. El ecosistema se caracteriza por presentar condiciones potenciales de humedal, la vegetación asociada a la ribera es el tipo arbustiva y ausencia de vegetación sumergida natural, se observa vegetación sumergida insertada en el ecosistema mediante la acción antrópica. El entorno directo es un predio de uso de ganadería y el entorno indirecto corresponde a plantaciones forestales, el cuerpo de agua mide 8 metros de ancho aproximadamente y una profundidad de 50 centímetros. El sustrato está constituido en alta proporción de fango.

Figura 8. Caracterización de la estación E-3 en el tranque de acumulación.



Fuente: Elaboración propia.

iv. Cauce sin nombre 2 y Cauce sin nombre 3 asociados al Estero Pencahua o Recreo (E-5 y E-6 respectivamente).

Los cauces sin nombre 2 y 3 asociados al Estero Pencahua o Recreo corresponden a la misma red hídrica. El cuerpo de agua es de régimen pluvial con baja velocidad de corriente, debido a las escasas precipitaciones hasta la fecha y a la caída de vegetación por la estacionalidad del presente estudio,

lo cual obstaculiza el flujo de corriente. La vegetación ribereña contigua al cuerpo de agua es de bosque esclerófilo. Se observó ausencia de agua superficial en el cauce sin nombre 2 (E-5) esto se podría deber a una obstrucción de corriente por restos vegetales en el cuerpo de agua y bajas precipitaciones que alimenten el régimen.

La estación E-5 se encuentra en el cauce sin nombre 2 asociado al Estero Pencahua o Recreo, el ecosistema se caracteriza por presentar vegetación arbórea asociada a la ribera y en la actual campaña de otoño, se destaca la ausencia de agua superficial, lo cual se podría deber al estancamiento del flujo del agua debido a la caída de vegetación por la temporalidad. El entorno directo corresponde a bosque mixto y el entorno indirecto es agrícola.

Figura 9. Caracterización de la estación E-5 en el área de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

La estación E-6 se encuentra en el cauce sin nombre 3 asociado al Estero Pencahua o Recreo, el ecosistema se caracteriza por presentar vegetación arbórea asociada a la ribera y ausencia de vegetación sumergida. El entorno directo corresponde a bosque mixto y el entorno indirecto es agrícola, el cauce mide 2 metros de ancho y una profundidad de 40 centímetros. El sustrato está constituido de arena, fango y bolones.

Figura 10. Caracterización de la estación E-6 en el área de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

8.3. MEDIO FÍSICOQUÍMICO: AGUA SUPERFICIAL

8.3.1. Análisis bibliográfico de caracterización de las cuencas.

La caracterización se realizó conforme al Inventario de Cuencas, Subcuencas y Subsubcuencas de Chile de la Dirección General de Aguas (DGA, 2014), considerando las unidades hidrográficas del Banco Nacional de Aguas (BNA) y su actualización cartográfica (DARH,2014), en las cuales se emplazan las seis estaciones de muestreo limnológico (E1 a E6).

Tabla 98. Caracterización de las cuencas, subcuencas y cuerpos de agua asociados a las estaciones del estudio.

Estación	Cuenca	Subcuenca	Cuerpo de agua
E1	Río Maule	Perquilauquén Alto	Río Perquilauquén (tramo alto)
E2	Costeras entre Límite Regional y Río Itata	Costeras entre Límite Región y Río Taucú	Estero Pencahua o Recreo
E4	Costeras entre Límite Regional y Río Itata	Costeras entre Límite Región y Río Taucú)	Estero Pencahua o Recreo
E5	Costeras entre Límite Regional y Río Itata	Costeras entre Límite Región y Río Taucú	Estero sin nombre oficial
E6	Costeras entre Límite Regional y Río Itata	Costeras entre Límite Región y Río Taucú	Estero sin nombre oficial
E3	No definida	Zona de acumulación hídrica / humedal	Cuerpo de agua léntico-palustre

Fuente: Elaboración propia. (DGA, 2014).

8.3.2. Descripción por unidad hidrográfica.

E1 - Subcuenca Perquilauquén Alto (Cuenca del Río Maule):

Corresponde a la única estación emplazada fuera de la cuenca del Itata, ubicada en la subcuenca Perquilauquén Alto, tributaria de la Cuenca del Río Maule. Debe describirse como un punto de control independiente al resto de la red analizada, dado que pertenece a una vertiente hidrográfica distinta, lo que puede implicar diferencias en régimen hidrológico, calidad fisicoquímica levantada en terreno.

- **E-2 y E-4 - Estero Pencahua o Recreo (Subcuenca Costeras entre Límite Región y Río Taucú):**

Ambas estaciones se ubican sobre el mismo curso de agua (Estero Pencahua/Recreo), lo que permite tratarlas como puntos de control aguas arriba/aguas abajo dentro de una misma unidad hidrográfica, útil para evaluar variación longitudinal de parámetros limnológicos a lo largo del cauce.

- **E-5 y E-6 - Estero sin denominación oficial (misma subcuenca que E-2/E-4):**

Comparten cuenca y subcuenca con E2/E4, pero se emplazan en un cauce sin nombre registrada en la cartografía DGA.

- **E-3 - Zona de acumulación hídrica (ecosistema con características de humedal):**

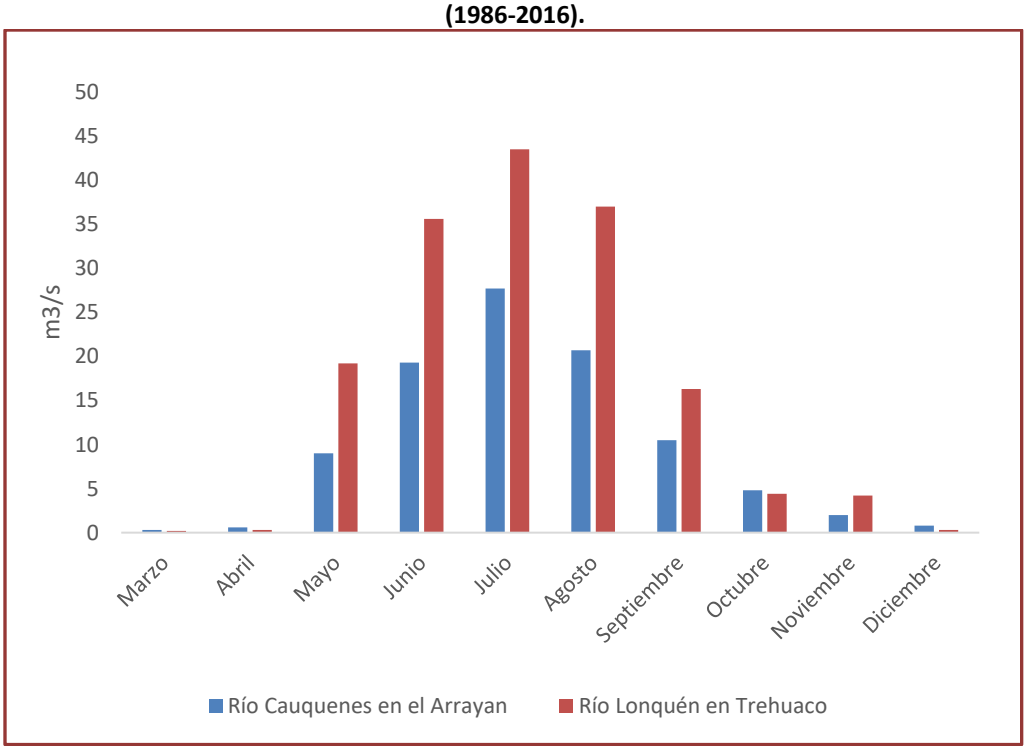
A diferencia de las estaciones anteriores, E3 no se asocia a un curso de agua lótico, sino a una zona saturada con acumulación superficial de agua, generando condiciones ecosistémicas de humedal.

8.3.3. Régimen hidrológico

Con el fin de caracterizar el régimen hidrológico de las cuencas asociadas a las estaciones de muestreo, se utilizó como referencia la información fluviométrica de las estaciones DGA más próximas con registro histórico disponible (1986-2016): Río Cauquenes en El Arrayán y Río Lonquén en Trehuaco, reportadas en el estudio de Caracterización Hidrológica Delicias-Coiquén del proyecto. Ambas estaciones, pertenecientes a cuencas costeras adyacentes al área de estudio y de características fisiográficas similares, presentan un régimen pluvial marcado, con caudales medios mensuales que fluctúan entre un mínimo de aproximadamente 0,2-0,3 m^3/s durante el período estival (enero-marzo), y un máximo de entre 27,7 m^3/s (Cauquenes) y 43,5 m^3/s (Lonquén) durante el mes de julio, correspondiente al período de mayor precipitación, por ende mayor presencia de caudales en los cursos fluviales. Esta variación estacional refleja la ausencia de aporte nival en la zona y la relevancia de la escorrentía subterránea (aporte de acuíferos) como mecanismo que sostiene el caudal base de los cursos de agua durante los meses secos. Cabe señalar que la fuente consultada reporta únicamente el caudal medio mensual multianual, por lo que los valores de mínimo y máximo aquí referidos corresponden al mes de menor y mayor caudal medio dentro del ciclo anual, y no a extremos absolutos de registro histórico (crecidas o estiajes puntuales. Este patrón estacional es consistente con el comportamiento hidrológico esperado para las cuencas en que se emplazan las estaciones E1 a E6 del presente estudio de Ecosistemas Acuáticos Continentales, dado su carácter pluvial y su ubicación en la vertiente costera y precordillerana de la Región de Ñuble. Dada la información recopilada, se puede extrapolar que el caudal mensual durante el mes de mayo, en la estación fluviométrica más cercana al proyecto (Río Lontué en Trehuaco) corresponde a 20 m^3/s aproximadamente, sin embargo, se debe considerar que los cuerpos de agua analizados en el actual estudio corresponden a tributarios de estos sistemas más

grandes, y dadas las condiciones otoñales (caída de vegetación) *in situ* se observó un estancamiento del caudal y un leve flujo superficial.

Figura 11. Caudales mensuales (m^3/s) del Río Cauquenes en el Arrayan y el Río Lonquén en Trehuaco (1986-2016).



Fuente: Elaboración propia.

8.3.1. Calidad de agua superficial

El estudio de la calidad del agua en el componente de Ecosistemas acuáticos continentales es fundamental, ya que permite establecer la caracterización ambiental y predecir las posibles alteraciones fisicoquímicas y biológicas que el proyecto podría generar sobre los ecosistemas acuáticos continentales. Dado que los cuerpos de agua lóticos y lénticos actúan como receptores dinámicos de escorrentías y efluentes, la caracterización analítica de parámetros es crucial para evaluar la salud ecosistémica. Así, este análisis técnico proporciona la evidencia científica necesaria para la evaluación ambiental del proyecto, buscando la sustentabilidad y la integridad ecológica del cuerpo receptor.

A continuación, se presentan los resultados de los parámetros *in situ* medidos por el equipo de muestreo (

Tabla) y los parámetros analizados por el laboratorio (Tabla) para determinar la calidad de agua en las estaciones de muestreo en los diversos ambientes relacionados con el proyecto.

Tabla 10. Parámetros medidos *in situ* en las estaciones del área de estudio.

Parámetros	Unidad	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	NCh. 1333 vida acuática
pH	Unidad de pH	7,47	7,11	7,41	7,59	*	7,04	6-9
Temperatura	° Celsius	9,81	20,11	8,68	8,72	*	9,22	Δ3
Conductividad	µS/cm	119	119	141	136	*	300	-
Oxígeno disuelto	mg/L	6,87	5,68	8,72	7,52	*	0,7	>5

*: Ausencia de agua superficial

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los resultados obtenidos durante el estudio, se observa que los parámetros *in situ* caracterizan a los ecosistemas acuáticos con buena calidad ambiental a modo general. A continuación de detalla por parámetro los resultados obtenidos.

- **pH**

Los resultados del pH en la zona de emplazamiento del proyecto varían entre 7,11 a 7,59, lo cual determina un agua con **pH neutro** en los sistemas evaluados (Estero Pencahua o Recreo, Cauces sin nombre 1, 2 y 3 y el tranque de acumulación (E-3), con valores que se encuentran en los rangos establecidos de la NCh1333 vida acuática (6 a 9 unidades de pH) y respecto a los criterios referencias de la Guía CONAMA la clasificación del rango corresponde a Clase de excepción, lo que indica condiciones químicas adecuadas y sin restricciones para la vida acuática en todos los sistemas.

- **Temperatura**

La temperatura varío entre 8,72 °C y 20,11 °C en los sistemas del estudio, observando una mayor temperatura en el Estero Pencahua o Recreo aguas arriba (E-2) y el menor valor en el Estero Pencahua o Recreo aguas abajo en la estación (E-4), mientras que las temperaturas medias se sitúan en las estaciones de los cauces sin nombre 1 y 3 y el tranque de acumulación (E-1; E-6 y E-3). Estos valores responden a la estacionalidad del estudio, y según a los criterios de la NCh 1333, las estaciones presentan condiciones concordantes con la estacionalidad de la toma de muestras (otoñal).

- **Conductividad**

En cuanto a los resultados de conductividad eléctrica en las estaciones de muestreo, se observa un rango desde los 119 µS/cm a 300 µS/cm, con el menor valor en los sistemas Cauce sin nombre asociado al Estero Quinicavén (E-1) y Estero Pencahua o Recreo aguas arriba (E-2), los valores intermedios en el sistema Estero Pencahua o Recreo aguas abajo (E-4) con 136 µS/cm y en el tranque de acumulación (E-3) con un valor de 141 µS/cm. El valor más alto se registró cauce sin nombre 3 (E-6), la cual corresponde a un valor de 300 µS/cm. En relación con la NCh 1333. los resultados obtenidos en todos los sistemas se encuentran dentro de los criterios establecidos (750 µS/cm), lo cual quiere decir que las condiciones basales indican que los cuerpos de agua son de naturaleza dulceacuícola.

- **Oxígeno disuelto**

Respecto a los resultados del oxígeno disuelto, se observa que los resultados varían entre 0,7 mg/L a 8,72 mg/L en los ecosistemas del estudio. La concentración más alta la presenta el sistema del tranque de acumulación E-3) con 8,72 mg/L, seguido de valores medios en el sistema del Estero Pencahua o Recreo aguas abajo (E-4) con un valor de 7,52 mg/L y en la estación situada en el cauce sin nombre 1 E-1) con un valor de 6,87 mg/L. Los menores resultados de este parámetro se observan en la Estero Pencahua o Recreo aguas arriba (E-2), con un valor de 5,87 mg/L y, por último, el resultado en el cauce sin nombre 3 (E-6) fue de 0,7 mg/L. En relación con la NCh 1333 (>5mg/L) los resultados obtenidos en la mayoría de los sistemas estudiados fueron favorables, a excepción del sistema del cauce sin nombre 3 (E-6), que se encuentra por debajo de este límite (0,7 mg/L), por lo tanto, no mantiene estándar para la protección de vida acuática. En cuanto a lo establecido por la guía CONAMA, los resultados clasifican como Clase de excepción en el tranque de acumulación (E-3), Clase 1 el sistema Estero Pencahua o Recreo aguas arriba (E-2), El cauce sin nombre 1 y el Estero Pencahua o Recreo aguas abajo Clase 2 (E-1 y E-4) y, por último, al cauce sin nombre 3 clasifica como Clase 4 (E-6).

Posteriormente se presentan los resultados de los parámetros analizados en laboratorio, los cuales consideran los criterios de la NCh 1333 tabla 4 y la Guía CONAMA.

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos de calidad de agua de laboratorio evaluados en el área de estudio.

Parámetro	Unidad	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	NCh. 1333 diferentes usos	Clases CONAMA
Alcalinidad	mg CaCO3/L	48	54,9	53,6	50,5	*	98,3	>20	-
Color	unidad Pt - Co	15	100	15	10	*	10	<100	Excepción, 2
Conductividad Lab.	µs/cm	116	140	162	131	*	216	-	Excepción
pH Lab.	unidad	6,6	6,33	6,5	6,6	*	6,52	6-9	1 y 4
Sólidos sedimentables	mg/L	0,6	6,5	3	<0,1	*	1	-	-
Temperatura Lab.	°C	23,2	23,1	23,2	23,2	*	23,1	Δ3	Excepción

Parámetro	Unidad	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	NCh. 1333 diferentes usos	Clases CONAMA
Turbiedad	UNT	15	9,5	60	5,6	*	17	Δ30	-
Aceites y grasas flotantes	mg/L	Ausencia	Ausencia	Presencia	Ausencia	Seco	Presencia	Ausencia/Presencia visual	-
Petróleos o Hidrocarburos	mg/L	Ausencia	Ausencia	Presencia	Ausencia	Seco	Presencia	Ausencia/Presencia visual	Excepción

*: Ausencia de agua superficial

Fuente: Elaboración propia. (Anexo 12.3 Informes de laboratorio)

- **Alcalinidad**

En los sistemas estudiados en la actual campaña, los resultados reflejan que los cuerpos de agua son alcalinos, lo cual se traduce a una alta capacidad amortiguadora para cambios bruscos de pH. Los valores oscilan entre 48 mg $CaCO_3$/L y 98,3 mg $CaCO_3$/L, y según lo normado en la NCh. 1333, todos los tramos de estudio se encuentran dentro de esos rangos (> 20 mg CaCO3/L).

- **Color**

Los resultados obtenidos del análisis del parámetro Color, indican que en los sistemas cauce sin nombre 1, en el tranque de acumulación, Estero Pencahua o Recreo aguas abajo y en el cauce sin nombre 3 (E-1, E-3, E-4 y E-6 respectivamente) se encuentran dentro de los rangos establecidos en la tabla 4 de la NCh 1333, cuyos valores presentan ausencia de colorantes artificiales para la protección de vida acuática, por otra parte, según lo establecido en la Guía CONAMA la estación E-1, E-3 y E-4 clasifican como Clase de Excepción, mientras que en el tramo relacionado al Estero Pencahua o Recreo aguas arriba (E-2) obtuvo un resultado que corresponde a la Clase 2 (100 Pt-Co). El parámetro físico color que permite evaluar las características naturales del agua y detectar la presencia de sustancias disueltas o suspendidas que pueden modificar su apariencia. Si bien este parámetro no determina la calidad ecológica del cuerpo de agua, constituye un indicador complementario para interpretar procesos naturales y posibles alteraciones ambientales.

- **Conductividad en laboratorio**

En cuanto a los resultados de la conductividad en laboratorio, el sistema cauce sin nombre 1 (E-1) presenta el menor un valor (116 µS/cm), seguido del Estero Pencahua o recreo aguas abajo (E-4) y aguas abajo (E-2) con un resultado de 131 µS/cm y 140 µS/cm respectivamente. El valor intermedio se encuentra en el tranque de acumulación (E-3) 162 µS/cm. La mayor conductividad registrada se presenta en el cauce sin nombre 3 (E-6) con 216 µS/cm. En relación con la Guía CONAMA, los resultados corresponden a la clasificación de Clase de Excepción (<600 µS/cm). La conductividad es un parámetro fisicoquímico fundamental porque permite estimar la cantidad de sales e iones

disueltos presentes en el agua. Su medición proporciona información sobre la mineralización natural del cuerpo de agua y constituye un indicador sensible para detectar cambios en la composición química asociados a procesos naturales o actividades antrópicas.

- **pH en laboratorio**

Los valores de pH en los tramos de estudio oscilan entre los 6,33 a 6,6 unidades de pH, lo que caracteriza a los cuerpos de agua del estudio con calidad de agua ácida. En cuanto a lo estipulado en la NCh 1333, los sistemas presentan estándar de protección de vida acuática (6 a 9 unidades de pH), y referente a los criterios de la guía CONAMA, los resultados de los sistemas cauce sin nombre 1, el tranque de acumulación, el Estero Pencahua o Recreo aguas abajo, el cauce sin nombre 3 (E-1, E-3, E-4 y E-6 respectivamente) y el Estero Pencahua o Recreo aguas arriba (E-2) clasifican como Clase de excepción. El pH es un parámetro fundamental para la caracterización de la calidad del agua, ya que refleja el grado de acidez o alcalinidad del medio acuático. Este influye directamente en la solubilidad y disponibilidad de nutrientes y metales, así como en los procesos biológicos y químicos que ocurren en el ecosistema

- **Sólidos sedimentables**

Los análisis de los sólidos sedimentables determinaron que, en el cuerpo de agua receptor, donde se sitúa el Estero Pencahua o Recreo (E-4) con el resultado bajo el límite de detección (<0,1 mg/L), mientras que aguas abajo, en el mismo estero (E-2) se presenta un valor de 6,5 mg/L. La estación ubicada en el cauce sin nombre 1 (E-1) presenta un resultado de 0,6 mg/L, el tranque de acumulación (E-3) tiene un valor de 3 mg/L y por último el cauce sin nombre (E-6) presenta un resultado de 1 mg/L. Los altos valores pueden deberse a causas naturales, como una baja velocidad de corriente donde las partículas permanecen en suspensión y posteriormente sedimentan o por el aporte orgánico proveniente de hojas, ramas y vegetación ribereña. En este estudio los resultados reflejan una alta carga orgánica por caída de material vegetal en el cuerpo de agua por las características del otoño. Por su lado, en el tranque de acumulación (E-3), el resultado refleja una condición natural de una zona con características potenciales de humedad por la retención, macrófitas y reciclado de materia orgánica. El Estero Pencahua o Fecreo y el tranque presentan acumulación de vegetación caída en el cuerpo de agua debido a la estacionalidad otoñal.

- **Turbiedad**

La turbiedad presentó valores entre 5,6 UTN y 60 UNT, los menores valores corresponden a Estero Pencahua o Recreo E-4 (5,6 UNT) y E-2 (9,5 UNT), las cuales se sitúan en el mismo cuerpo de agua. Los valores intermedios se encuentran en la estación en los cauces sin nombre E-1 (15 UNT) y E-6

(17 UNT), mientras que el máximo valor corresponde al tranque de acumulación (E-3; 60 UNT). La fluctuación de este parámetro puede tener causas naturales como el aporte orgánico de hojas, ramas, un aumento progresivo del caudal, que puede traer consigo aportes de sedimento y entre las posibles causas antrópicas como el movimiento de tierra o tránsito de ganado que favorece la erosión del suelo. El valor más alto en el tranque (E-3) refleja una condición natural de un ecosistema con potenciales características de humedal, y en cuanto al cauce sin nombre 3, se observa un aporte de sedimento por el ingreso de caudal al cuerpo de agua.

8.4. MEDIO BIÓTICO

El medio biótico de los ecosistemas acuáticos continentales corresponde al conjunto de organismos que habitan los cuerpos de agua y sus zonas ribereñas, cuya composición y estructura reflejan las condiciones ambientales del sistema. Su caracterización permite evaluar la riqueza, abundancia y distribución de las comunidades biológicas, identificar especies de interés para la conservación y establecer el estado ecológico del ecosistema como base para la evaluación ambiental.

8.4.1. Macroinvertebrados bentónicos

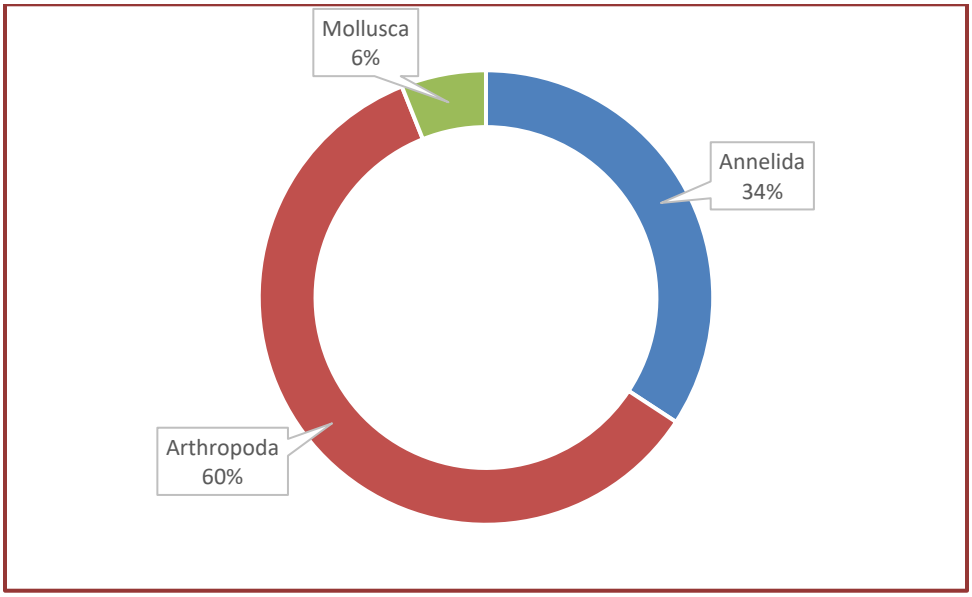
Los macroinvertebrados bentónicos corresponden a organismos que habitan asociados al sustrato de los ecosistemas acuáticos continentales y constituyen un componente relevante de la biodiversidad acuática. Su presencia y distribución están estrechamente relacionadas con las características físicas, químicas y biológicas del hábitat. A continuación, se presentan los resultados del muestreo realizado en las estaciones de estudio, considerando la composición y abundancia de los taxa registrados durante la campaña de terreno.

- **Composición comunitaria**

En el estudio de comunidades de macroinvertebrados bentónicos realizado durante el periodo actual de otoño en la zona de emplazamiento del proyecto se registró un total de 7 taxa (Taxa: Plural de clasificación biológica; Especies), pertenecientes a los grupos Mollusca, Arthrópoda y Annelida siendo el más abundante (59,73%), seguido de Annelida (34,23%) y Mollusca (6,04%) (

Figura 12).

Figura 12. Principales grupos taxonómicos de Macroinvertebrados bentónicos encontrados en el área de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

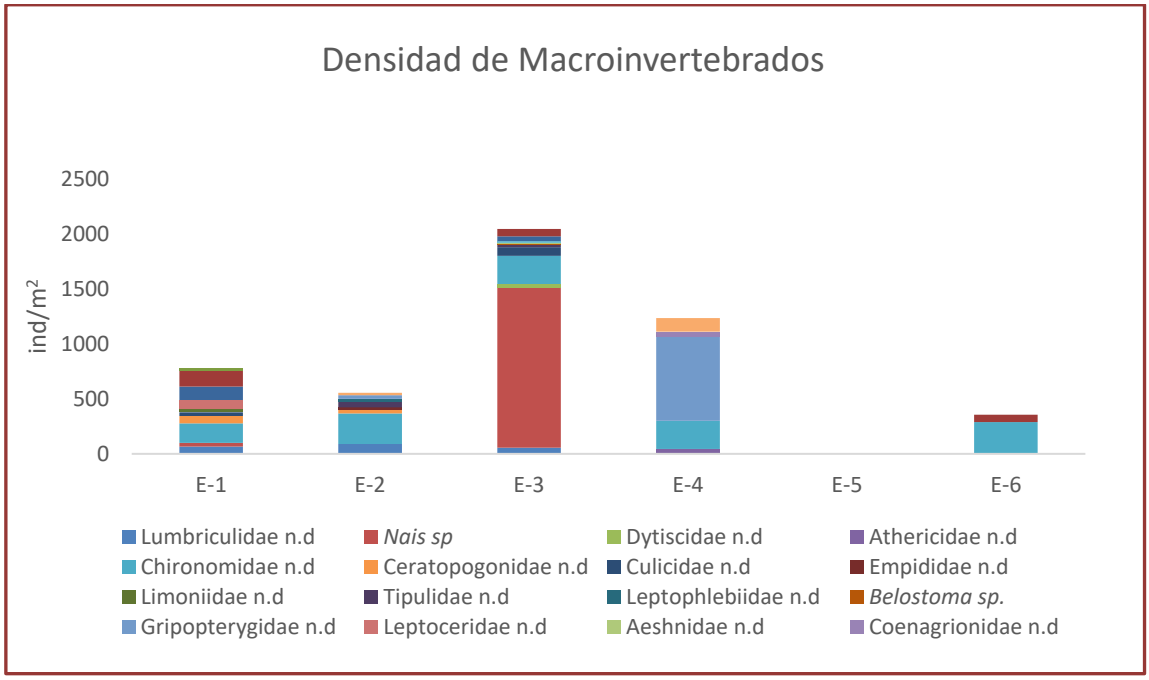
Tabla 92. Densidad (ind/m^2) y Riqueza de especies de macroinvertebrados registrados en las estaciones de muestreo.

Estación	Cuerpo de agua	Densidad (ind/m^2)	Riqueza de especies
E-1	Cauce sin nombre 1 asociado al Estero Quinicavén	777	10
E-2	Estero Pencahua o Recreo	555	8
E-3	Tranque de acumulación	2045	11
E-4	Estero Pencahua o Recreo	1233	5
E-5	Cauce sin nombre 2 asociado al Estero Pencahua o Recreo	*	*
E-6	Cauce sin nombre 3 asociado al Estero Pencahua o Recreo	356	2

(*): Ausencia de agua superficial

Fuente: Elaboración propia.

Figura 13. Densidad de las comunidades de Macroinvertebrados (Ind/m²) en las estaciones de muestreo.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Listado de macroinvertebrados registrados en el área de estudio (ind/m²).

Phylum	Clase	Orden	Familia	Género	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	Total	Densidad (%)
Annelida	Clitellata	Lumbriculida	Lumbriculidae	-	67	89	56	0	*	0	211	4,25
Annelida	Clitellata	Tubificida	Naididae	*Nais sp*	33	0	1456	0	*	0	1489	29,98
Arthrópoda	Insecta	Coleóptera	Dytiscidae	-	0	0	33	0	*	0	33	0,67
Arthrópoda	Insecta	Díptera	Athericidae	-	0	0	0	44	*	0	44	0,89
Arthrópoda	Insecta	Díptera	Chironomidae	-	178	278	256	256	*	289	1256	25,28
Arthrópoda	Insecta	Díptera	Ceratopogonidae	-	67	33	0	0	*	0	100	2,01
Arthrópoda	Insecta	Díptera	Culicidae	-	33	0	78	0	*	0	111	2,24
Arthrópoda	Insecta	Díptera	Empididae	-	0	22	0	0	*	0	22	0,45
Arthrópoda	Insecta	Díptera	Limoniidae	-	33	0	0	0	*	0	33	0,67
Arthrópoda	Insecta	Díptera	Tipulidae	-	0	56	22	0	*	0	78	1,57
Arthrópoda	Insecta	Ephemeróptera	Leptophlebiidae	-	0	22	0	0	*	0	22	0,45
Arthrópoda	Insecta	Hemíptera	Belostomatidae	*Belostoma sp.*	0	0	11	0	*	0	11	0,22
Arthrópoda	Insecta	Plecóptera	Gripopterygidae	-	0	33	0	767	*	0	800	16,11
Arthrópoda	Insecta	Trichóptera	Leptoceridae	-	78	0	0	0	*	0	78	1,57
Arthrópoda	Insecta	Odonata	Aeshnidae	-	0	0	11	0	*	0	11	0,22

Phylum	Clase	Orden	Familia	Género	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	Total	Densidad (%)
Arthrópoda	Insecta	Odonata	Coenagrionidae	-	0	0	0	44	*	0	44	0,89
Arthrópoda	Insecta	Odonata	Libellulidae	-	0	0	11	0	*	0	11	0,22
Arthrópoda	Entognatha	Poduromorpha	Poduridae	-	0	22	0	122	*	0	144	2,91
Arthrópoda	Malacostraca	Amphípoda	Hyalellidae	*Hyalella sp.*	122	0	44	0	*	0	167	3,36
Mollusca	Bivalvia	Sphaeriida	Sphaeriidae	*Pisidium sp.*	144	0	67	0	*	67	278	5,59
Mollusca	Gastropoda	Littorinimorpha	Hydrobiidae	-	22	0	0	0	*	0	22	0,45

*: Ausencia de agua superficial. | (-): No identificado hasta especie.

Fuente: Elaboración propia.

- **Índices comunitarios**

Con el fin de evaluar la estructura de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos presente en las estaciones de muestreo, se calcularon índices comunitarios que incluyen riqueza taxonómica, abundancia total, diversidad de Shannon-Wiener (H'), equidad de Pielou (J') y dominancia de Simpson (λ). Estos descriptores permiten caracterizar la composición de la comunidad y la distribución relativa de los individuos entre los distintos taxa registrados, proporcionando una base cuantitativa para comparar las condiciones ecológicas entre los sitios evaluados durante la campaña. A continuación, se presentan los resultados de los índices comunitarios de los macroinvertebrados bentónicos registrados en el área de estudio en la Tabla y su posterior análisis.

Tabla 4. Índices comunitarios de macroinvertebrados bentónicos registrados en el área de estudio.

Índices comunitarios					
Estaciones	Riqueza (S)	Abundancia (N)	Diversidad de Shannon (H´)	Equidad (J´)	Simpson (λ)
E-1	10	777	3,026	0,91	0,142
E-2	8	555	2,295	0,765	0,299
E-3	11	2045	1,615	0,467	0,527
E-4	5	1233	1,57	0,676	0,442
E-6	2	356	0,698	0,698	0,694

Fuente: Elaboración propia.

El sistema del **Cauce sin nombre 1 (E-1)** evidencia una riqueza taxonómica de 10 especies y abundancia de 778 ind/m^2, en cuanto a los índices ecológicos una mayor diversidad biológica reflejada en un índice de Shannon alto (H’ = 3,026), junto con una elevada equidad (J’ = 0,9109), indican una distribución relativamente homogénea de los individuos entre las especies presentes y una baja dominancia, corroborada por el índice de Simpson (λ = 0,1426).

En cuanto al sistema del **Estero Pencahua o Recreo aguas arriba (E-2)** se reporta una riqueza taxonómica de 8 taxa y abundancia de 556 ind/m^2. El índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'

2,295), indica una diversidad moderada de la comunidad. Por su parte, el índice de equidad de Pielou (J' =0,765) refleja una distribución relativamente homogénea de los individuos entre los taxa registrados. Complementariamente, el índice de dominancia de Simpson (λ = 0,299) evidenció una baja dominancia de taxa particulares. En conjunto, **estos resultados sugieren una comunidad biológica relativamente equilibrada** y sin evidencias de monopolización por parte de un grupo taxonómico específico, condición que suele asociarse a ecosistemas con una estructura comunitaria estable.

Los resultados de los índices ecológicos en el tramo del **Estero Pencahua o Recreo aguas abajo (E-4)** indican una riqueza taxonómica de 5 taxa y una abundancia de 1233 ind/m^2. El índice de diversidad de Shannon-Wiener (H' = 1,570) indica una diversidad moderada a baja. El índice de equidad de Pielou (J'= 0,676), sugiere una distribución relativamente heterogénea de los individuos entre los taxa presentes. Asimismo, el índice de dominancia de Simpson (λ = 0,442) evidenció una dominancia moderada de uno o pocos grupos taxonómicos. En conjunto, estos resultados reflejan una **comunidad biológica de composición simple de diversidad**, con abundancias concentradas en determinados taxa y una estructura comunitaria menos equilibrada que la observada en ecosistemas con mayor riqueza y diversidad biológica.

En el tranque de acumulación **(E-3)** la comunidad de macroinvertebrados bentónicos registró una riqueza de 11 taxa y una abundancia total de 2045 ind/m^2. El índice de diversidad de Shannon-Wiener (H' =1,615) indicó una diversidad moderada a baja. Asimismo, el índice de equidad de Pielou (**J'** = 0,467), evidencia una distribución heterogénea de los individuos entre los taxa registrados. Complementariamente, el índice de dominancia de Simpson (λ = 0,527) reveló una marcada dominancia de uno o pocos grupos taxonómicos. En conjunto, estos resultados sugieren una comunidad con una composición relativamente diversa en términos de riqueza, pero estructurada principalmente por la elevada abundancia de determinados taxa, en específico la familia Naididae y Chironomidae, que reduce la diversidad efectiva y la homogeneidad de la comunidad biológica.

Por último, el sistema **Cauce sin nombre 2 y 3 (E-5 y E-6 respectivamente)** corresponden a un tributario del Estero Pencahua o Recreo, y es importante recordar que durante la prospección en terreno la estación E-5 se encontró sin agua superficial y solo se pudo evaluar la estación E-6. La comunidad de macroinvertebrados bentónicos registró una riqueza taxonómica de 2 taxa y una abundancia total de 356 ind/m^2. El índice de diversidad de Shannon-Wiener (H' = 0,698) refleja una diversidad baja, y por su parte, el índice de equidad de Pielou (J' = 0,698) indica una distribución moderadamente homogénea de los individuos entre ambos taxa, aunque este valor debe interpretarse considerando la escasa riqueza observada. Complementariamente, el índice de dominancia de Simpson (λ = 0,694) evidencia una alta dominancia de uno de los taxa registrados (Chironomidae), sugiriendo que gran parte de los individuos pertenece a un único grupo. En

conjunto, estos resultados describen una comunidad biológica poco diversa, estructuralmente simple y fuertemente dominada por un número reducido de organismos.

- **Índices de calidad ambiental (IBF y EPT)**

La calidad biológica de los ecosistemas acuáticos fue evaluada mediante el Índice Biótico de Familias (IBF) y el índice EPT, herramientas basadas en la composición de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos que permiten estimar el estado ecológico de los cuerpos de agua y su respuesta frente a perturbaciones ambientales. A continuación, se presentan los resultados de estos índices (Tabla) y su posterior análisis ecológico.

Tabla 5. Índices de calidad ambiental (IBF y EPT) para las estaciones del estudio.

Índice de calidad ambiental				
Estaciones	**IBF**		**EPT**	
E-1	6,471	Relativamente mala	10	Mala
E-2	6,02	Relativamente mala	10	Mala
E-3	6,25	Relativamente mala	0	Mala
E-4	2,964	Excelente	62,16	Buena
E-6	7,187	Mala	0	Mala

Fuente: Elaboración propia.

Respecto al índice EPT (Ephemeróptera, Plecóptera y Trichóptera) en el sistema del Cauce sin nombre 1 (E-1), se determina que presenta calidad Mala, debido a la ausencia de individuos de estos órdenes, los cuales se encuentran insertos en sedimento cuando las condiciones de calidad de agua son favorables. El índice biótico de familias (IBF) determina que la calidad del ambiente es Relativamente mala, ya que las familias presentes en la comunidad bentónica estuvieron compuestas en su mayor porción por organismos de la familia Chironomidae, Hyalella y Sphaeriidae, los cuales presentan alta y media tolerancia a estrés ambiental, lo cual caracteriza al sistema con una comunidad bentónica que indica una condición basal desfavorable. Sin embargo, en este sistema se reportó presencia de ictiofauna (Puye rojo) y uno de los factores que permiten su presencia en este ambiente es la gran abundancia de Hyalella y Sphaeriidae, los cuales son utilizados como alimento por esta especie, además de la presencia de macrófitas que proporciona refugio y/o hábitat para cumplir sus etapas del ciclo biológico

En cuanto al sistema del Estero Pencahua o Recreo aguas arriba (E-2) el índice EPT determina la calidad de Mala, por la ausencia de organismos de estos órdenes y alta presencia de organismos quironómidos, los cuales son indicadores de enriquecimiento orgánico, esto es congruente con el resultado del índice IBF que caracteriza este tramo con calidad Relativamente mala debido a menor

presencia de organismos sensibles durante la actual campaña. Esto se relaciona con la nula ausencia de ictiofauna, por consecuencia de la poca disponibilidad de alimento, sumado a que en el cuerpo de agua no se observó cobertura de macrófitas, lo cual provee refugio, por lo que las condiciones basales de este tramo son desfavorables dentro de los índices, sin embargo, la interpretación de estos resultados debe considerar las características particulares del hábitat evaluado. El sitio presentó aguas de escasa velocidad de corriente, abundante vegetación suspendida y condiciones de sombreamiento generadas por la cobertura vegetal colindante al cuerpo de agua, estos factores que favorecen la acumulación de materia orgánica y baja renovación hídrica. Adicionalmente, durante la campaña se observó que una estación ubicada aguas arriba presentaba una importante acumulación de hojas, ramas y material vegetal caído, situación probablemente asociada a la estacionalidad otoñal y a las bajas precipitaciones registradas en el período.

Respecto a los índices ecológico en el tramo del Estero Pencahua o Recreo aguas abajo (E-4), el EPT clasifica el tramo como calidad de agua Buena por gran presencia de individuos de la familia Gripopterygidae (Plecóptera) (Tabla), su presencia caracteriza un ambiente favorable para el desarrollo de estos individuos sensibles a condiciones de estrés ambiental bajo tal índice. Por su lado, el resultado del IBF indica una clasificación Excelente, esto debido a la presencia de individuos con baja tolerancia a calidad de agua deficiente, los cuales presentan un bajo número de tolerancia, lo cual caracteriza buena calidad de agua del sistema. A pesar de las buenas condiciones de calidad de agua, solo se encontró 1 individuo de ictiofauna, esto se puede atribuir a que los ítems presa de esta especie (anfípodos y quironómidos) se encuentran en baja proporción y, además, se observa ausencia de macrófitas que estos peces utilizan como hábitat y/o refugio ante posibles amenazas.

El índice EPT en el tranque de acumulación (E-3) clasifica según el resultado obtenido al sistema con calidad ambiental Mala, dado que en el análisis no se registró la presencia de los órdenes Ephemeróptera, Plecóptera y Tricóptera y tuvo una alta dominancia de la familia Naididae (anélido) que indica una calidad de agua deficiente, ya que el orden se caracteriza por su alta tolerancia de materia orgánica. Esto es concordante con los resultados del índice IBF el cual determina la calidad como Relativamente mala dada la ausencia de individuos con valores sensibles a estrés ambiental y la alta abundancia de organismos que si toleran esas condiciones (anélidos). Es importante mencionar que los resultados de ambos índices si bien indican condiciones ambientales no óptimas, este sistema presenta condiciones potenciales de humedal de acuerdo con hallazgos macrófitas, y en ese sentido, la presencia de organismos de Naididae no constituye por sí sola un indicador de deterioro ambiental o contaminación orgánica. Diversos estudios (Learner, et al., 1978; Armendáriz & Damborenea, 2000) han demostrado que estos oligoquetos forman parte natural de comunidades bentónicas asociadas a humedales, turberas, sectores con abundante vegetación acuática y ambientes con acumulación natural de materia orgánica. En estos casos, su ocurrencia responde principalmente a las características del hábitat, particularmente al tipo de sustrato, disponibilidad

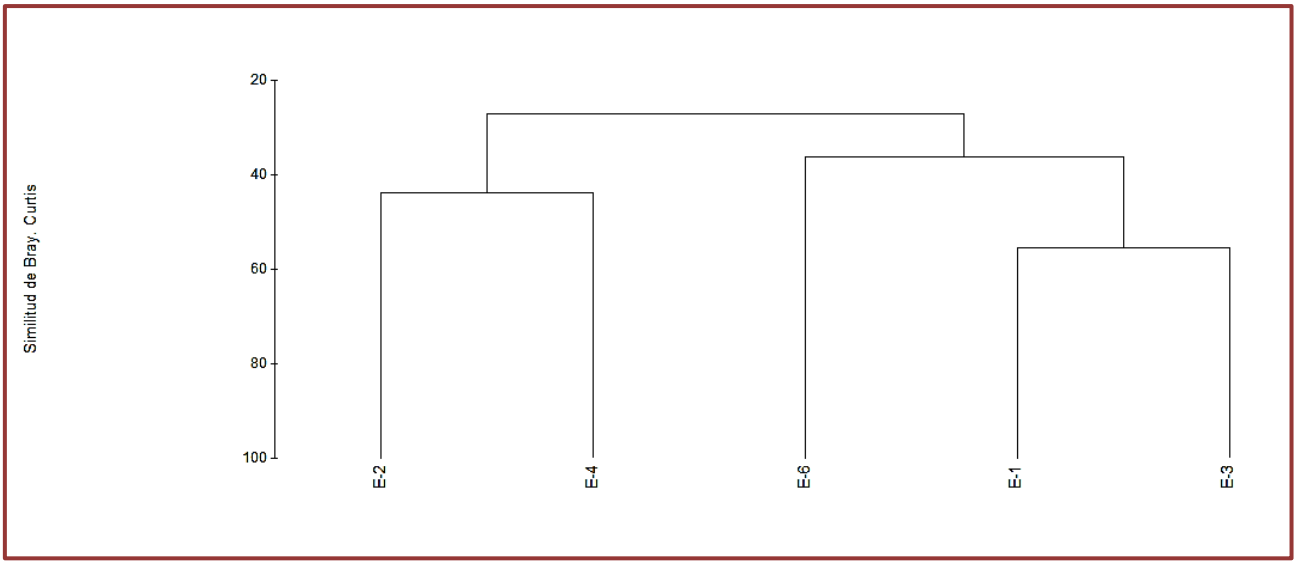
de recursos tróficos y complejidad estructural de la vegetación, más que a procesos de contaminación.

El resultado del EPT e IBF del sistema Cauce sin nombre 2 y 3 (E-5 y E-6 respectivamente) evaluado indica la calidad como Mala, lo cual coincide con la alta presencia y dominancia de la familia Chironomidae, el cual es reconocido como un bioindicador de elevada carga orgánica en sistemas dulceacuícolas. No obstante, la interpretación de estos resultados debe considerar las características particulares del hábitat evaluado. El sistema presentó aguas de escasa o nula velocidad de corriente, abundante vegetación suspendida y condiciones de sombreamiento generadas por la cobertura vegetal circundante, factores que favorecen la acumulación de materia orgánica y el desarrollo de ambientes con baja renovación hídrica. Adicionalmente, durante la campaña se observó que una estación ubicada aguas arriba presentaba una importante acumulación de hojas, ramas y material vegetal caído, situación probablemente asociada a la estacionalidad otoñal y a las bajas precipitaciones registradas en el período. Esta condición habría generado un efecto de represamiento parcial o disminución de la conectividad hidráulica del cauce, favoreciendo aún más la retención de materia orgánica.

- **Análisis de similitud por clúster**

El análisis de similitud de Bray-Curtis muestra que el tramo de estudio presenta similitud en las condiciones ambientales o comunidad biológicas en los sistemas asociados al cauce sin nombre 1 (E-1) y en el tranque de acumulación (E-3) las cuales presentan un porcentaje de similitud alrededor del 55%. Se agrupa con ellas el cauce sin nombre 3 (E-6) presentando un 45% de similitud a ese clado. A pesar de las diferencias en los porcentajes de similitud, se observa la conexión entre todos los sistemas, en cuanto a macroinvertebrados bentónicos, lo que caracteriza al tramo con condiciones ambientales similares.

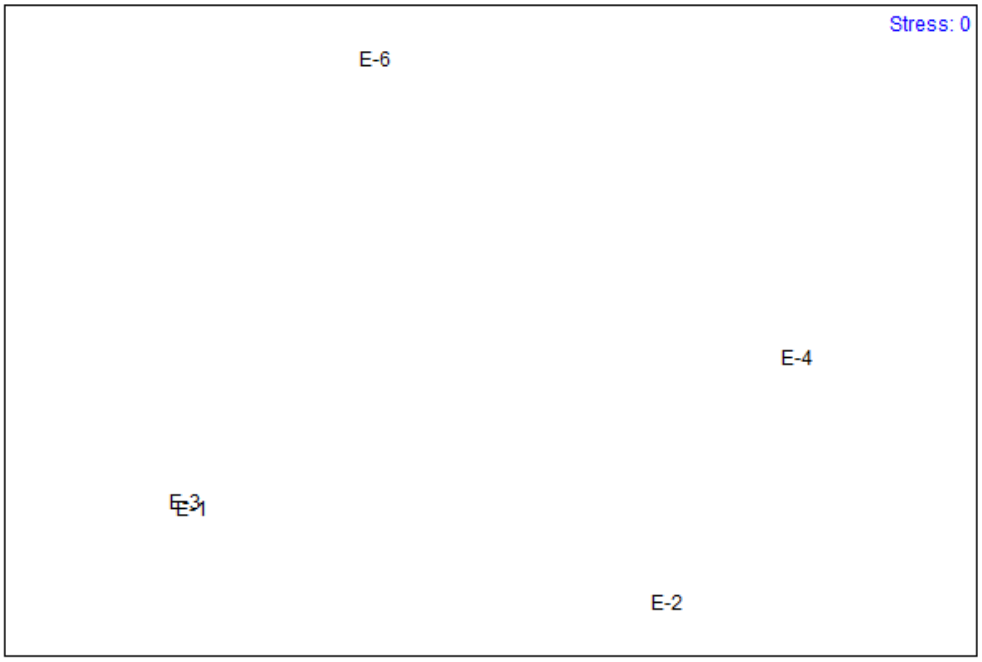
Figura 14. Dendrograma de similitud Bray-Curtis.



Fuente: Elaboración propia.

El Escalamiento multidimensional no métrico (MDS) actúa como un complemento visual para el análisis de similitud de Bray-Curtis e indica los mismos resultados, pero se sitúa en un espacio bidimensional para facilitar su interpretación. Se agrupan estaciones con similares ensambles de macroinvertebrados bentónicos y, al contrario, los ensambles disímiles se posicionarán distantes.

Figura 15. Análisis El Escalamiento Multidimensional no Métrico (MDS).



Fuente: Elaboración propia.

8.4.2. Ictiofauna

De acuerdo con los resultados obtenidos en terreno, la comunidad de ictiofauna registrada en las estaciones del estudio limnológico estuvo compuesta por 39 individuos correspondiente al Puye rojo (Brachygalaxias bullocki), el cual es de origen nativo. La categoría de conservación de la especie es Vulnerable (VU). El Puye rojo (B. bullocki) corresponde a un pez dulceacuícola endémico de Chile cuya clasificación en el Reglamento para la Clasificación de Especies (RCE) se sustenta en la reducida superficie de ocupación de sus poblaciones y en la disminución de la calidad de su hábitat. La categoría VU significa que la mejor evidencia científica disponible indica que enfrenta un alto riesgo de extinción en estado silvestre a mediano plazo. Las principales amenazas identificadas corresponden a la alteración de ecosistemas acuáticos continentales, incluyendo la pérdida de vegetación ribereña, la modificación de cauces, el drenaje de humedales y la presencia de especies exóticas introducidas. En consecuencia, la presencia de esta especie constituye un antecedente relevante para la evaluación ambiental, particularmente en proyectos que puedan generar intervenciones sobre cuerpos de agua continentales y humedales asociados.

Tabla 106. Especie de Ictiofauna registrada en el área de estudio. Se indica el nombre común y estado de conservación.

Especies	Nombre Común	Estado de Conservación
Especies Nativas		
Brachygalaxias bullocki	Puye rojo	**Vulnerable (VU)**

Fuente: Elaboración propia.

A pesar del bajo oxígeno disuelto registrado en la estación E-6 de muestreo durante la prospección en terreno, la captura de 36 individuos de Puye rojo (Brachygalaxias bullocki; VU). En cuanto a su hábitat presenta una estrategia reproductiva estrechamente asociada a ambientes de humedal y zonas inundable. La reproducción ocurre principalmente durante el período de invierno (MMA, 2014; Campos, 1972) (por lo que algunos individuos pudieron estar comenzando la reproducción), cuando el incremento de los caudales favorece la conectividad entre hábitats acuáticos. Los huevos son depositados sobre vegetación sumergida (Campos, 1972) y sectores protegidos y cabe mencionar que se identificó la presencia de Redondita de agua (Hydrocotyle ranunculoides), Clavito de agua (Ludwigia peploides), Junco (Juncus sp.) y Junquillo (Juncus procerus), mientras que los estadios juveniles utilizan áreas someras con abundante cobertura vegetal como zonas de refugio y alimentación. En consecuencia, la mantención de la conectividad hidrológica y de la vegetación acuática constituye un elemento clave para la conservación de las poblaciones de este hallazgo.

- **Distribución espacial**

En la Tabla 11 se presenta la abundancia y distribución espacial de la ictiofauna registradas en las estaciones de muestreo evaluadas. Al respecto, la presencia de individuos fue reportada únicamente en las estaciones en el cauce sin nombre 1 (E-1), Estero Pencahua o Recreo aguas abajo (E-4) y en el cauce sin nombre 3 (E-6), mientras que en los demás sitios no se registraron capturas ni observaciones de ictiofauna durante la aplicación de la metodología de pesca eléctrica ni durante los recorridos de prospección asociados.

La ausencia de registros en las estaciones en el Estero Pencahua o Recreo (E-2) y en el tranque de acumulación (E-3) podría estar relacionada con las condiciones hidrológicas observadas durante la campaña, caracterizadas por bajos caudales y una reducida disponibilidad de hábitat acuático. Estas condiciones pueden limitar temporalmente la presencia de peces o favorecer su desplazamiento hacia sectores que ofrecen una mayor profundidad, conectividad hidráulica o disponibilidad de refugios. Asimismo, factores como la acumulación de hojarasca, material leñoso y sedimentos finos, propios de la estacionalidad otoñal y de la dinámica natural del sistema, podrían haber influido en la detectabilidad de los individuos o restringido el acceso a determinados microhábitats.

Por otra parte, en el cauce sin nombre 2 (E-5) no fue posible implementar la metodología de pesca eléctrica debido a la ausencia de agua superficial al momento del muestreo. Esta condición refleja una limitación hidrológica temporal del cuerpo de agua, asociada probablemente a la estacionalidad y a la disminución de las precipitaciones previas al monitoreo, impidiendo la evaluación de la comunidad íctica en dicho sector.

Tabla 117. Abundancia total (%) de ictiofauna por estación de muestreo.

Especies	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	Total	Abundancia total (%)
Brachygalaxias bullocki	2	0	0	1	*	36	38	100,00

*: Estación con ausencia de agua superficial.

Fuente: Elaboración propia.

En el sistema del cauce sin nombre 1 (E-1) se reportó la presencia de 2 individuos de Puye rojo (B. bullocki) durante el recorrido de pesca eléctrica, según los resultados de macroinvertebrados si hay una fuente potencial de alimento para estas poblaciones de peces, de manera complementaria, se evidenció cobertura de macrófitas en el cuerpo de agua que es utilizado como refugio y zonas de deposición de huevos en época reproductiva y la calidad de agua es favorable para la presencia de biota acuática.

Por su parte, el sistema del Estero Pencahua o Recreo aguas abajo (E-2) no presentó ictiofauna, esto puede deberse a la poca cobertura macrófita en el cuerpo de agua, lo cual no proporciona un hábitat para el desarrollo de peces ni para los macroinvertebrados, sumado a la baja abundancia de quironómidos y anfípodos que son la presa preferida de esta especie, lo cual concuerda con los resultados de macroinvertebrados. Sin embargo, en el Estero Pencahua o Recreo aguas arriba (E-4), se obtuvo 1 individuo durante las actividades de pesca eléctrica, a diferencia de aguas abajo, en este tramo del Estero se observó mayor cobertura de macrófitas, abundancias de anfípodos y quironómidos y mayor oxígeno disuelto, lo cual podría explicar que las comunidades de Puye pudieron haberse desplazado en este tramo, por la mayor disponibilidad de alimento, refugio y mejor oxigenación.

Respecto a las comunidades de ictiofauna en el sistema del el tranque de acumulación (E-3), no se detectaron individuos, por lo que es importante mencionar que las condiciones del sistema no fueron las adecuadas para realizar el tramo lineal habitual de la pesca eléctrica, debido a que el cuerpo de agua se encontró con una considerable pendiente, profundidad y sustrato fangoso lo cual dificultó las actividades. No obstante, los resultados de macroinvertebrados, macrófitas y calidad de agua son favorables para el asentamiento de comunidades de ictiofauna.

El sistema del cauce sin nombre 3 asociado al Estero Pencahua o Recreo (E-6) fue el sector en donde se encontró la mayor proporción de ictiofauna, según los resultados de macroinvertebrados se encontraron quironómidos que son presa del Puye rojo y una variada cobertura de macrófitas, lo cual constituye refugio para estos individuos, de manera contradictoria, los resultados de calidad de agua indican una bajísima disponibilidad de oxígeno disuelto, lo que indica que esta especie presenta una gran resiliencia a condiciones ambientales extremas. Cabe recordar que de la estación del cauce sin nombre 2 (E-5), sin presencia de agua superficial, se puede inferir que las poblaciones del Puye (B. bullocki) se encontrarían de manera estacional en este tramo de E-6, y cuando aumenten las precipitaciones se espera la unión de los ecosistemas por escorrentía superficial, aumento de caudal, despeje del cuerpo de agua por arrastre de materia vegetal que se encuentra suspendida durante la actual estacionalidad de otoño y el aumento del oxígeno disuelto por recarga hídrica del sistema.

Figura 16. Abundancia de ictiofauna en las estaciones del estudio.



Fuente: Elaboración propia.

- **Estado de las especies**

En relación con la condición de nutrición y salud de la Ictiofauna registrada en las estaciones muestreadas, el factor de condición (K) que presenta la especie presente se encuentra dentro de los rangos establecidos por la literatura (Cifuentes et al. 2012), con valor cercano a 1 (K=0,9), lo que muestra un buen estado de condición para cada uno de los ejemplares capturado en los distintos sistemas en la zona de emplazamiento del proyecto.

Con respecto a la relación longitud peso, se reporta una curva de crecimiento para la especie nativa Puye rojo (Brachygalaxias bullocki), presentando un crecimiento isométrico, dado que sus estructuras corporales crecen de manera proporcionada, en cuanto a la longitud corporal y el peso de la población reportada en la actual campaña.

Tabla 8. Factor de condición (K) para la especie capturada durante el estudio.

Especie	Factor K
Brachygalaxias bullocki	0,9

Fuente: Elaboración propia.

Figura 17. Fotografía de Puye rojo (*Brachygalaxias bullocki*) capturado en terreno.



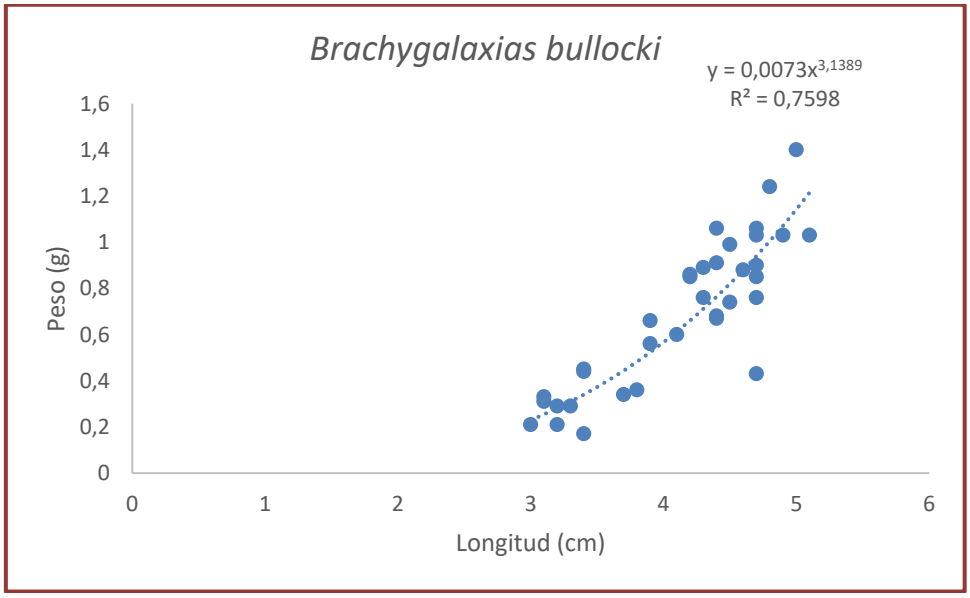
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9. Características morfométricas de los ejemplares registrados en el área de estudio.

Estación	Especie	Talla	Peso	Factor K
E-1	*Brachygalaxias bullocki*	4,7	0,43	0,4
	Brachygalaxias bullocki	5,1	1,03	0,8
E-4	*Brachygalaxias bullocki*	4,7	0,9	0,9
E-6	*Brachygalaxias bullocki*	4,1	0,6	0,9
	Brachygalaxias bullocki	3,4	0,17	0,4
	Brachygalaxias bullocki	4,4	0,67	0,8
	Brachygalaxias bullocki	4,3	0,89	1,1
	Brachygalaxias bullocki	4,2	0,86	1,2
	Brachygalaxias bullocki	4,7	1,03	1,0
	Brachygalaxias bullocki	3,9	0,66	1,1
	Brachygalaxias bullocki	4,5	0,99	1,1
	Brachygalaxias bullocki	4,2	0,85	1,1
	Brachygalaxias bullocki	4,7	1,06	1,0
	Brachygalaxias bullocki	4,6	0,88	0,9
	Brachygalaxias bullocki	4,8	1,24	1,1
	Brachygalaxias bullocki	3,2	0,29	0,9
	Brachygalaxias bullocki	4,4	1,06	1,2
	Brachygalaxias bullocki	3,4	0,45	1,1
	Brachygalaxias bullocki	4,3	0,76	1,0
	Brachygalaxias bullocki	3,8	0,36	0,7
	Brachygalaxias bullocki	4,4	0,91	1,1
	Brachygalaxias bullocki	3,3	0,29	0,8
	Brachygalaxias bullocki	3	0,21	0,8
	Brachygalaxias bullocki	3,2	0,21	0,6
	Brachygalaxias bullocki	4,7	0,76	0,7
	Brachygalaxias bullocki	5	1,4	1,1
	Brachygalaxias bullocki	3,9	0,56	0,9
	Brachygalaxias bullocki	3,1	0,33	1,1
	Brachygalaxias bullocki	4,9	1,03	0,9
	Brachygalaxias bullocki	3,7	0,34	0,7
	Brachygalaxias bullocki	4,4	0,68	0,8
	Brachygalaxias bullocki	4,7	0,85	0,8
	Brachygalaxias bullocki	3,4	0,44	1,1
	Brachygalaxias bullocki	3,1	0,31	1,0
	Brachygalaxias bullocki	4,5	0,74	0,8

Fuente: Elaboración propia.

Figura 18. Relación lineal de peso y longitud corporal del Puye rojo (*Brachygalaxias bullocki*).



Fuente: Elaboración propia.

Considerando el contexto de crecida (período de alto caudal y menor susceptibilidad térmica), los sistemas acuáticos evaluados no solo albergan una especie protegida, sino que operan como refugios ecológicos críticos. Las principales amenazas para B. bullocki se vinculan a la degradación de la vegetación ribereña (que provee sombra, detritus y refugio contra depredadores) por el despeje de la vegetación riperiana necesaria para mantener la faja de servidumbre de la LAT, además de la alteración física de los cauces. Dado que el proyecto intercepta temporal o espacialmente con estos entornos, mediante el emplazamiento de las torres de la LAT y sus franjas de seguridad asociadas, estos puntos (E-1, E-4, E-6) con hallazgos adquieren la connotación de ambientes de alta sensibilidad ambiental. Cualquier perturbación que altere la cobertura vegetal de la ribera o modifique la dinámica del flujo hídrico podría romper el frágil equilibrio que permite a esta población vulnerable subsistir en condiciones de estrés ambiental límite.

8.4.3. Flora vascular y Macrófitas

Las macrófitas desempeñan un rol ecológico fundamental como ingenieras ecosistémicas en los cuerpos de agua continentales (Ramírez & San Martín, 2018). Al colonizar las zonas litorales, regulan la dinámica hidrodinámica y estabilizan los sedimentos. Asimismo, funcionan como un filtro biológico natural que retiene nutrientes, mientras que su estructura tridimensional provee una alta heterogeneidad de hábitat y zonas de refugio para la fauna local (Carpenter & Lodge, 1986; Brix,

Tal como se observa en la Tabla20, se identifican un total de 28 especies de flora vascular y macrófitas durante el actual estudio, siendo 17 de origen nativo y 11 de origen introducido. Se observa una mayor dominancia de especies nativas en los sistemas estudiados, lo cual también se corrobora en el entorno directo/indirecto descrito en las estaciones de muestreo, donde predomina los ambientes de bosque.

Durante la campaña de otoño 2026 se registraron 28 especies en total de especies de flora vascular y macrófitas. Del total de especies se registraron 17 de origen nativo, las cuales son C. acutata, C. erinacea, C. fuscula, J. procerus, Juncus sp, G. tinctoria, H. ranunculoides, L. peploides, L. apiculata, P boldus, Q. saponari, A. integrifolia, C. striata, A. chilense, E. bogotense, B. hastatum y P. chilense. En cuanto a las especies introducidas se identificaron 11 especies tales como A. stolonifera, E. crassipes, J. bufonius, A. melanoxylon, G. officinalis, G. monspesulana, E. globulus, R. eglanteria, R. ulmifolius, Salix sp y P. radiata.

Tabla20. Listado de flora vascular y macrófitas identificadas en el área de estudio, con su respectiva forma de crecimiento y origen (I= Introducida y N= Nativa).

División/Clase	Familia	Nombre científico	Nombre común	Forma de crecimiento	Origen
Liliopsida	Poaceae	*Agrostis stolonifera*	Chépica	Herbácea	I
	Cyperaceae	*Carex acutata*	Junco de espiga delgada	Herbácea	N
		Carex erinacea	Carex	Herbácea	N
		Carex fuscula	-	Herbácea	N
	Pontederiaceae	*Eichhornia crassipes*	Jacinto de agua	Macrófita/Hidrofita	I
	Juncaceae	*Juncus bufonius*	Junquillo	Herbácea	I
		Juncus procerus	Junquillo	Herbácea	N
		Juncus sp.	Junco	Herbácea	N
Magnoliopsida	Fabaceae	*Acacia melanoxylon*	Acacio negro	Arbórea	I
		Galega officinalis	Galega	Herbácea	I
		Genista monspesulana	Retamilla	Arbustiva	I
	Gunneraceae	*Gunnera tinctoria*	Nalca	Herbácea	N
	Araliaceae	*Hydrocotyle ranunculoides*	Redondita de agua	Macrófita/Hidrofita	N
	Onagraceae	*Ludwigia peploides*	Clavito de agua	Macrófita/Hidrofita	N
	Myrtaceae	*Eucalyptus globulus*	Eucalipto	Arbórea	I
		Luma apiculata	Arrayán	Arbórea	N
	Monimiaceae	*Peumus boldus*	Boldo	Arbórea	N
	Quillajaceae	*Quillaja saponaria*	Quillay	Arbórea	N
	Rosaceae	*Rosa eglanteria*	Rosa mosqueta	Arbustiva	I
		Rubus ulmifolius	Zarzamora	Arbustiva	I
	Salicaceae	*Azara integrifolia*	Challín	Arbórea	N

División/Clase	Familia	Nombre científico	Nombre común	Forma de crecimiento	Origen
		Salix sp.	Sauce	Arbórea	I
	Vitaceae	*Cissus striata*	Voqui colorado	Arbustiva	N
Pinopsida	Pinaceae	*Pinus radiata*	Pino	Arbórea	I
Polypodiopsida	Pteridaceae	*Adiantum chilense*	Palito negro	Herbácea	N
	Equisetaceae	*Equisetum bogotense*	Limpiaplata	Herbácea	N
	Blechnaceae	*Blechnum hastatum*	Palmilla	Herbácea	N
		Parablechnum chilense	Costilla de vaca	Herbácea	N

Fuente: Elaboración propia.

Específicamente en los diferentes sistemas del estudio limnológico, se reportó la presencia de 5 especies de macrófitas; Jacinto de agua (Eichhornia crassipes), Redondita de agua (Hydrocotyle ranunculoides), Junco (Juncus sp.) y Junquillo (Juncus bufonius y Juncus procerus), cuya distribución por estación se detalla en la Tabla 12. La ocurrencia de estos taxones está directamente vinculada a las condiciones de los ambientes evaluados, correspondientes a ecosistemas lénticos con baja velocidad de corriente. En concordancia con los resultados de los componentes de ictiofauna, macroinvertebrados bentónicos y calidad de agua, se colige que estas especies conforman la estructura del hábitat, proveyendo refugio y sustentando la retención de nutrientes en el cuerpo de agua.

Tabla 121. Distribución de vegetación macrófitas en las estaciones de estudio.

		Macrófitas				
Estación	Cuerpo de agua	Jacinto de agua *(Eichhornia crassipes)*	Redondita de agua *(Hydrocotyle ranunculoides)*	Clavito de agua *(Ludwigia peploides)*	Junco *(Juncus sp.)*	Junquillo *(Juncus procerus)*
E-1	Cauce sin nombre 1 asociado al Estero Quinicavén	**Presente**	-	-	-	**Presente**
E-2	Estero Pencahua o Recreo	**Presente**	-	-	**Presente**	**Presente**
E-3	Tranque de acumulaci+ón	**Presente**	**Presente**	**Presente**	**Presente**	**Presente**
E-4	Estero Pencahua o Recreo	-	-	-	-	-
E-5	Cauce sin nombre 2 asociado al Estero Pencahua o Recreo	**Presente**	-	-	-	**Presente**
E-6	Cauce sin nombre 3 asociado al Estero Pencahua o Recreo	**Presente**	**Presente**	**Presente**	-	**Presente**

Fuente: Elaboración propia.

A nivel espacial, el tranque de acumulación (E-3) con características de humedal, presentó la mayor riqueza y diversidad de macrófitas. Dicho sector exhibe características potenciales de un ambiente de humedal; en estos sistemas, la presencia de agua superficial y el aporte hídrico por ascenso capilar favorecen el desarrollo de vegetación mesófita, destacando macrófitas emergentes de los géneros Juncus, Carex y Eleocharis (Raffaele, 2004).

En relación con la distribución de los taxones, se destaca la presencia de J. bufonius (junquillo) en casi toda el área de estudio. Esto detona una alta disponibilidad de agua durante el período de evaluación, considerando que su germinación ocurre preferentemente en sustratos húmedos, expuestos y suelos desnudos. J. bufonius es una especie sensible a la dinámica hídrica, afectada por el déficit de humedad en el suelo, de baja tolerancia a la sombra y a la competencia intra/interespecífica, que prefiere niveles freáticos altos y no tolera la inmersión total prolongada (Cope & Stace, 1978).

Por otra parte, en el tranque de acumulación (E-3) y en el sector del cauce sin nombre 3 E-6), se constató la presencia de Ludwigia peploides (clavito de agua). Esta especie coloniza preferentemente ríos de caudal lento, humedales y cuerpos de agua estancados, concentrándose en la ecotono o franja de transición entre el medio terrestre y acuático (Jo et al., 2024), condiciones morfológicas e hidrodinámicas que caracterizan a los sectores de los sistemas asociados a las estaciones E-3 y E-6. En ambos sistemas también se encontró a la macrófita H. ranunculoides (Redondita de agua) presenta rasgos biológicos de comportamiento oportunista, tales como una eficiente propagación vegetativa, capacidad de regeneración a partir de fragmentos modales unitarios y una alta plasticidad fenotípica en su crecimiento (Ruiz Ávila & Klemm, 1996; Newman & Dawson, 1999). Cabe señalar que este taxón ha sido validado en procesos de biorremediación de aguas con resultados exitosos (Rizzo et al., 2012). La presencia conjunta de L. peploides e H. ranunculoides potencia la capacidad de asimilación y retención de nutrientes en el sistema lótico, incrementando la complejidad del hábitat para las comunidades de organismos acuáticos residentes, estas características permiten entender la dinámica de ambos sistemas mencionados, uno en donde se observan un hábitat con potencial características de humedal (E-3) y el otro sistema con baja velocidad de corriente debido a la ausencia de precipitaciones estacionales y a la acumulación de vegetación caída que detuvo el flujo.

8.5. PROTOCOLO DE BIOSEGURIDAD: DIDYMO

No se registró de manera visual la presencia de la microalga Didymosphenia geminata durante la campaña de terreno, en ninguna estación de muestreo ni sistema hídrico. Se realizó limpieza en cada vehículo, instrumentos y materiales antes y después de cada muestreo y estación, de acuerdo

con la Res.Ex. N° 1843/2024 modificada por Res.Ex. N° 170/2025 resuelvo 9 en base al Programa de vigilancia, detección y control de plaga D. geminata Res. ex. 1070/2014.

8.6. CAMBIO CLIMÁTICO

Según la información disponible en la plataforma ArClim, para la comuna de Quirihue, donde se emplazan el Estero Pencahua o Recreo y los otros cauces asociados, se identifican condiciones de riesgo climático asociadas a la disminución de precipitaciones, aumento de temperatura y sequías prolongadas, las cuales constituyen factores relevantes en la caracterización del componente ecosistemas acuáticos continentales.

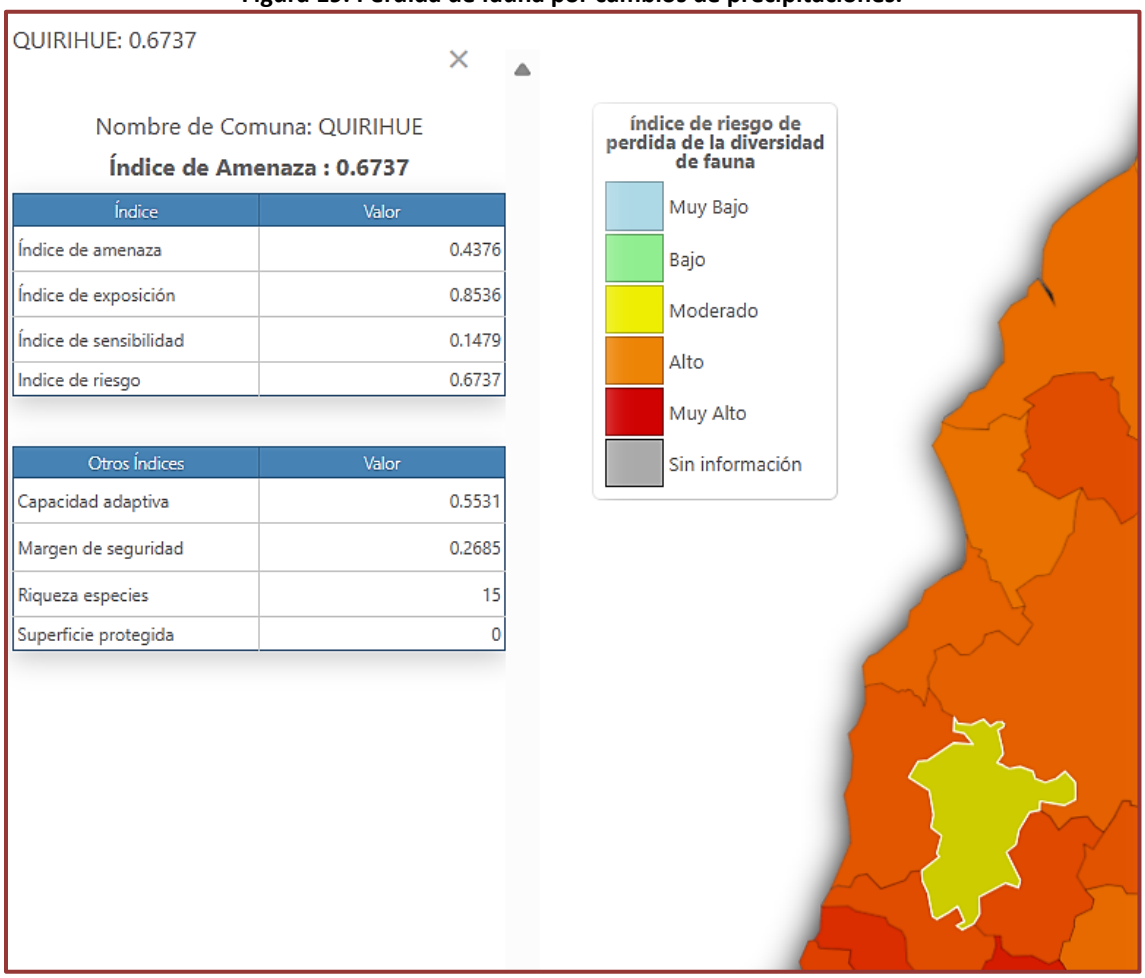
8.6.1. Disminución de precipitaciones y ocurrencia de sequias

Considerando las características de los sistemas evaluados, correspondientes a cursos de agua de régimen pluvial y permanencia estacional, donde se podría ver alterada la disminución de precipitaciones y la ocurrencia de sequías se asocian a una reducción en la disponibilidad hídrica superficial, lo que puede influir en la continuidad de flujo, la disminución de caudales base en donde se ven alterados los parámetros de calidad de agua y el aumento o disminución de su concentración.

En este contexto, las precipitaciones. Presenta el índice de riesgo asociado a la pérdida de fauna por disminución de precipitaciones, obtenido a partir de la plataforma ArClim. Dicho índice debe interpretarse en función de su categoría. En particular, el valor observado (índice de riesgo de 0,6737) lo que refleja un nivel Alto de riesgo climático para la fauna presente en el área de estudio frente a escenarios de disminución de precipitaciones.

En términos ecológicos, estas condiciones pueden incidir en la estructura y funcionamiento de los sistemas acuáticos, favoreciendo la reducción de hábitats, la disminución de la disponibilidad de alimento y/o de refugio, así como cambios en la composición y distribución de las comunidades biológicas, particularmente en comunidades de fauna acuática con mayor dependencia de condiciones hídricas permanentes o con menor tolerancia al estrés hídrico.

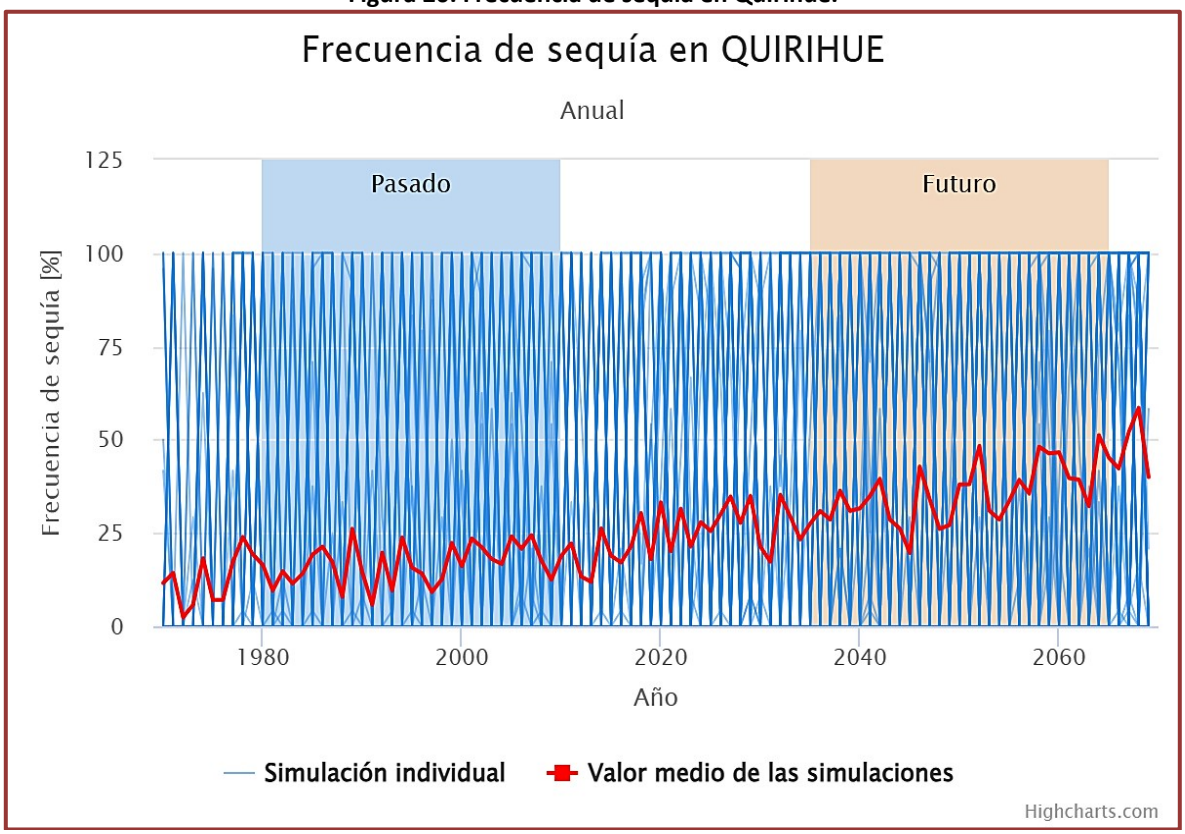
Figura 19. Pérdida de fauna por cambios de precipitaciones.



Fuente: www.arclim-mma.gob.cl.

En base a lo anterior y de manera complementaria, se consultó el explorador de amenazas climáticas referente a la frecuencia de sequía en la comuna de Quirihue comparando clima pasado (1980-2010) y escenario futuro (2035-2060) y se observa que, en ambos casos el aumento ha sigo progresivo en el pasado y seguirá con esos patrones a lo largo del tiempo. En conjunto, esto sugiere una mayor variabilidad y una tendencia a condiciones de sequía más intensas en el futuro.

Figura 20. Frecuencia de sequía en Quirihue.



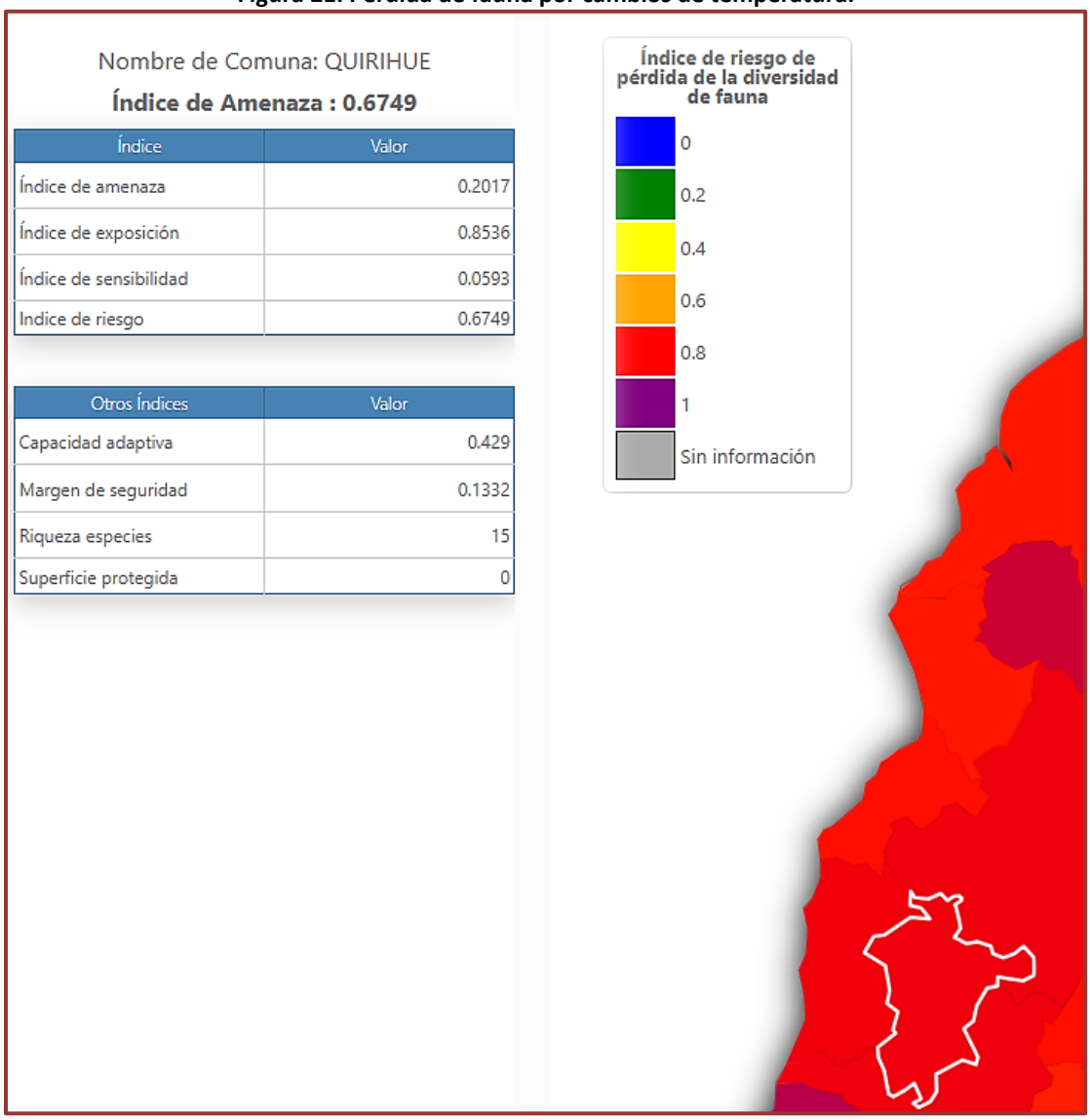
Fuente: www.arclim-mma.gob.cl.

8.6.2. Cambios de temperatura

El aumento de la temperatura del agua puede modificar las condiciones fisicoquímicas del ecosistema acuático, reduciendo la concentración de oxígeno disuelto y alterando los procesos metabólicos de la biota acuática. Asimismo, puede favorecer el desarrollo de floraciones algales, modificar la composición de comunidades biológicas y afectar la disponibilidad y calidad del hábitat para especies sensibles a cambios térmicos.

En la Figura 21 se presenta el índice de riesgo asociado a la pérdida de diversidad de fauna producto del aumento proyectado de la temperatura media anual, el cual debe interpretarse a escala comunal. Para el área de estudio, el índice alcanza un valor de 0,6749, correspondiente a una categoría de riesgo alto para el componente fauna. Este resultado indica una elevada susceptibilidad de las comunidades faunísticas frente al cambio climático, lo que podría traducirse en un incremento del estrés fisiológico de las especies, alteraciones en sus patrones de actividad y comportamiento, modificaciones en el uso del hábitat y efectos indirectos derivados de la disminución de la disponibilidad hídrica y de los cambios en la cobertura vegetal.

Figura 21. Pérdida de fauna por cambios de temperatura.



Índice	Valor
Índice de amenaza	0.2017
Índice de exposición	0.8536
Índice de sensibilidad	0.0593
Indice de riesgo	0.6749

Otros Índices	Valor
Capacidad adaptiva	0.429
Margen de seguridad	0.1332
Riqueza especies	15
Superficie protegida	0

Fuente: www.arclim-mma.gob.cl.

9. DISCUSIÓN

El ecosistema acuático del Estero Pencahua o Recreo, en el tramo de las estaciones E-2 y E-4 indica que la calidad del agua en condición basal es buena, con valores bajos de conductividad, alto oxígeno disuelto y pH neutro. En cuanto a los resultados del análisis en laboratorio, los resultados de calidad de agua evidencian condiciones propias de cuerpos de agua dulce con baja concentración de sales disueltas y una capacidad moderada de amortiguación frente a cambios de acidez. Ambas estaciones registraron temperaturas similares durante el muestreo, indicando condiciones térmicas homogéneas. No obstante, la estación E-2 presentó valores mayores a E-4 en color, turbidez y sólidos sedimentables, lo que sugiere una mayor influencia de materia orgánica disuelta y aporte de material particulado. En contraste, la estación E-4 reflejó aguas más transparentes y con menor carga de sedimentos. En conjunto, ambas estaciones presentan características compatibles con sistemas acuáticos naturales, aunque E-2 evidencia una mayor influencia de procesos de arrastre de materia orgánica y sedimentos respecto de E-4.

En cuanto a el tranque de acumulación (E-3), los resultados in situ y de laboratorio indican una buena calidad de agua en general. La turbiedad (60 UNT) y sólidos sedimentables (3 mg/L) sugieren una carga de material particulado en el agua, lo cual como condición basal da lugar a una reducción de la penetración de la luz, el deterioro de los hábitats acuáticos, el resguardo y/o asfixia de organismos bentónicos, pero en el sistema existe oxigenación que puede sostener biota acuática. El origen de esto podría estar relacionado con procesos naturales de erosión y aportes de sedimentos desde la cuenca o perturbaciones antrópicas en el entorno, lo cual coincide con el tranque de acumulación de origen antrópico. Estas condiciones presentan una dinámica natural de un ecosistema tipo humedal, como el aposamiento del cuerpo de agua, la alta turbiedad y sólidos sedimentables por la retención de materia orgánica, la elevada acumulación de materia orgánica observada constituye una característica frecuente en ecosistemas de humedal, donde las condiciones de saturación hídrica reducen la velocidad de descomposición de los restos vegetales y favorecen su incorporación al sedimento. Este material cumple un rol ecológico fundamental al aportar energía y nutrientes a la red trófica, proporcionar refugio a organismos acuáticos y participar en procesos de retención y transformación de nutrientes (Miller et al., 2015; Reddy y DeLaune, 2008). Se debe destacar que este cuerpo de agua es utilizado para combatir incendios en la zona y como bebestible de ganado, por lo que el sistema provee servicios ecosistémicos, sumado a las características de buena calidad de agua lo enmarcan como un sistema sensible frente a cambios antropogénicos.

Referente al ecosistema acuático del cauce sin nombre 1 (E-1), las condiciones de calidad de agua determinan que corresponde a un estero natural, con condiciones similares al sistema de la estación E-4, con baja conductividad, pH levemente ácido, pero con alcalinidad suficiente para cambios

abruptos del parámetro, buena concentración de oxígeno disuelto y temperatura correspondiente a la temporalidad estudiada. Por lo cual la condición basal del agua es estable y capaz de sostener comunidades de biota acuática en categoría de conservación.

El sistema del cauce sin nombre 3 (E-6), según sus características basales fisicoquímicas corresponde a un cuerpo de agua tributario al Estero principal, y presenta condiciones estables correspondiente a un cuerpo dulceacuícola natural, sin embargo, el único parámetro crítico según los análisis es la concentración de oxígeno disuelto. Sin embargo, es relevante recordar que fue el sistema en donde se encontró mayor abundancia de comunidades de fauna acuática en categoría de conservación, lo cual caracteriza a este sistema como sensible e inestable a posibles futuras perturbaciones.

En base a la fauna acuática, los sistemas cauce sin nombre 1 (E-1), Estero Pencahua o Recreo aguas abajo (E-4) y cauce sin nombre 3 (E-6) reportó comunidades de ictiofauna de Puye rojo (B. Bullocki; VU), macroinvertebrados bioindicadores de calidad de agua y presas de depredadores (peces), lo cual categoriza este sistema como sensible a perturbaciones que suspenda vegetación y alteren la calidad de agua. Es importante recordar que a pesar de que no se haya reportado presencia de ictiofauna en los sistemas Estero Pencahua o Recreo aguas abajo (E-2), tranque de acumulación (E-3), no se puede descartar su existencia, debido a que, si hay disponibilidad de alimento y leves parches de vegetación que pueden utilizar como refugio, junto a la conectividad hidrológica directa.

Las caracterización de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos se observa la dominancia de una familia (Chironomidae) (1256 ind/m2) en todos los sistemas del estudio, estos organismos habitan diferentes tipos de hábitat, particularmente en aquellos con escasa concentración de oxígeno disuelto y mayor cantidad de partículas en suspensión, condiciones que se incrementan en corrientes de agua que tienen áreas ribereñas desprotegidas (Callisto et al., 1999) y por la especie Nais sp (1489 ind/m2) la cual habita aguas enriquecida orgánicamente y es probable que en estos y otros ambientes acuáticos, los gusanos naididos proporcionen una importante fuente de alimento para los miembros depredadores de la comunidad (Learner et al., 1971; Learner et al., 1978). Estos grupos oportunistas son capaces de tolerar altas concentraciones de carga orgánica y extensos periodos con bajas concentraciones de oxígeno, facilitando altas tasas reproductiva en estos ambientes (Figueroa et al., 2007), debido a que se presentan condiciones favorables para estos grupos, la calidad ambiental basal del actual es estudio no es muy favorable y se refleja en los resultados de los índices de calidad ambiental. Sin embargo, se reportó la presencia de organismos del orden Plecóptera (Gripopterygidae), los cuales son indicadores de calidad ambiental, ya que prefieren cursos de aguas fríos y bien oxigenados y presentan una alta sensibilidad a la contaminación orgánica (Figueroa et al., 2007).

En el caso del sistema cauce sin nombre 2 (E-5), en la actual campaña no se presentó agua superficial, pero esta condición puede deber a las bajas precipitaciones acumuladas hasta esa fecha, debido a que, según las redes hídricas, este sistema se encuentra conectado al tramo de estudio de E-6 y si existe conectividad en épocas con mayores precipitaciones que aumenten el caudal del cauce.

El componente de flora vascular y macrófitas en el actual estudio estuvo compuesta de especies introducidas y nativas, estos organismos son importantes estructuradoras del hábitat, influyen notablemente en la composición de la fauna asociada. El aumento de la abundancia, riqueza y diversidad animal debido a la complejidad del hábitat de las macrófitas puede explicarse mediante mecanismos sencillos que implican la disponibilidad de hábitat, lo que incrementa la posibilidad de encontrar alimento y, en consecuencia, atrae a otros organismos, que luego interactúan entre sí utilizando esta complejidad como refugio o zonas de alimentación (Thomaz & Cunha, 2010). Respecto a los sistemas estudiados, se aprecia una gran presencia de macrófitas en los cuerpos de agua, lo cual demuestra la capacidad de sostener vida acuática.

A su vez, la información de ARClim indica que el territorio presenta condiciones de riesgo climático Alto en la disminución de precipitaciones referentes a los caudales de los cuerpos de agua y pérdida de fauna por aumento de temperatura, ambos escenarios deben ser considerados en la evaluación ambiental del componente ecosistemas acuáticos continentales. La interpretación de estos resultados permite concluir que los cambios proyectados en precipitación, temperatura y frecuencia de sequía constituyen factores de presión ambiental que podrían amplificar la vulnerabilidad ecológica del área de estudio.

10. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permitieron caracterizar la condición fisicoquímica basal de las aguas superficiales presentes en el área de estudio, evidenciando variaciones entre las estaciones de muestreo asociadas a las características hidrológicas y geomorfológicas de cada sistema. En términos generales, los parámetros medidos in situ y analizados en laboratorio presentaron valores basales concordantes con los criterios establecidos en la NCh 1333 tabla 4 para la protección de la vida acuática, registrándose aguas con pH cercano a la neutralidad, baja conductividad eléctrica, propia de sistemas dulceacuícolas naturales, y valores de alcalinidad que evidencian una adecuada capacidad amortiguadora frente a variaciones del pH. Asimismo, la mayoría de las estaciones presentó concentraciones de oxígeno disuelto compatibles con el desarrollo de comunidades acuáticas, con excepción del cauce sin nombre 3 (E-6), donde se registró un valor inferior al criterio de referencia, condición que debe interpretarse considerando las características naturales del sitio durante la campaña, particularmente la baja velocidad de flujo y la acumulación de materia orgánica. Por su parte, el tranque de acumulación (E-3) presentó mayores valores de color y turbiedad, consistentes con las características naturales de un ambiente con rasgos de humedal. En conjunto, los resultados obtenidos representan adecuadamente la condición basal de la calidad de las aguas superficiales en el área de influencia del proyecto y constituyen un antecedente técnico para la caracterización del componente ecosistemas acuáticos continentales.

Las comunidades de macroinvertebrados bentónicos presentaron variaciones en su composición, riqueza y estructura entre las estaciones evaluadas, reflejando la heterogeneidad de los hábitats presentes en el área de estudio. Los índices comunitarios y de calidad biológica (IBF y EPT) registraron categorías que variaron entre excelente y mala, destacando la estación del estero Pencahua o Recreo (E-4) por presentar los valores más favorables de ambos índices, asociados a la presencia de taxa sensibles. En los tramos de los cuerpos de agua restantes (E-1, E-2, E-3 y E-6) predominó la presencia de organismos con mayor tolerancia ambiental; sin embargo, la interpretación de estos resultados debe considerar las características naturales de los sistemas evaluados, tales como la estacionalidad de la campaña, la baja velocidad de flujo, la acumulación natural de materia orgánica y la presencia de sectores con características potenciales de humedal, condiciones que influyen en la composición de las comunidades bentónicas. Finalmente, el análisis de similitud de Bray-Curtis evidenció una composición comunitaria compartida entre las estaciones, indicando que los cuerpos de agua presentan características ecológicas comparables dentro del área de influencia del componente ecosistemas acuáticos continentales.

En términos generales, la comunidad de ictiofauna registrada en el área de estudio estuvo representada exclusivamente por el Puye rojo (Brachygalaxias bullocki), especie nativa endémica de Chile clasificada en categoría Vulnerable (VU). Su distribución se concentró en el cauce sin nombre

2 (E-1), estero Pencahua o Recreo (E-4) y cauce sin nombre 3 (E-6), mientras que en las restantes estaciones no se registraron individuos, condición que se asocia a las características hidrológicas y del hábitat observadas durante la campaña de otoño. Los resultados obtenidos caracterizan la condición basal de la ictiofauna en el área de influencia del proyecto y confirman la presencia de una especie de relevancia para la conservación, estrechamente asociada a ambientes con vegetación acuática y conectividad hidrológica.

El componente de flora vascular y las macrófitas registradas en el área de estudio reflejan la heterogeneidad de los ambientes acuáticos y ribereños presentes, identificándose un total de 28 especies, con predominio de especies nativas sobre introducidas. Se registraron cinco especies de macrófitas distribuidas en las distintas estaciones de muestreo, observándose una mayor riqueza en el tranque de acumulación (E-3), donde las condiciones hidrológicas y las características potenciales de humedal favorecen el desarrollo de vegetación hidrófita y emergente. Asimismo, la distribución de especies como Hydrocotyle ranunculoides, Ludwigia peploides y representantes del género Juncus sp. fue concordante con sectores de baja velocidad de corriente y ambientes con características de humedal. En conjunto, los resultados obtenidos permiten caracterizar la condición basal de la flora vascular y las macrófitas presentes en el área de influencia del proyecto, evidenciando comunidades representativas de las condiciones ambientales observadas durante la campaña de otoño.

Conforme a la presente caracterización del componente Ecosistemas Acuáticos Continentales, fue registrada la especie íctica Brachygalaxias bullocki, clasificada en categoría Vulnerable (VU), en los cauces sin nombre asociados a las estaciones E-1 y E-6, antecedente que fue considerado en conjunto con la localización de las partes y obras del Proyecto, principalmente a) Nueva línea de transmisión aérea 2x66 kV; b) Caminos de acceso nuevos y el mejoramiento de caminos existentes; c) Instalaciones de faenas; d) Obras civiles. A partir de dichas obras se reconocen como Factores Generadores de Impacto (FGI) relevantes para el componente la corta y despeje de vegetación, el i) Acondicionamiento del terreno; ii) La habilitación de accesos y caminos internos; iii) Los movimientos de tierra y excavaciones; iii) El tránsito de equipos y maquinarias, los cuales podrían generar aporte de sedimentos y material particulado, alteraciones localizadas de las riberas o modificaciones de la conectividad en sectores de cruce. Complementariamente, la Línea Base de Flora y Vegetación (ANX 2.7-C2-FyV) reconoce que los remanentes de bosque nativo del área se concentran principalmente en sectores de quebradas y que estos ambientes presentan mayor naturalidad y sensibilidad frente a obras próximas, por lo que la corta y despeje de vegetación se analiza no solo respecto del potencial aporte de material hacia los cauces, sino también considerando el resguardo de la cobertura ribereña como elemento estructural del hábitat acuático; En este contexto, los residuos asociados al corte y despeje de vegetación serán manejados conforme a la normativa ambiental vigente y no alcanzarán niveles o concentraciones que puedan generar

una alteración significativa de los cuerpos de agua ni de su calidad. Además, se considera la presencia del anfibio semiacuático Calyptocephalella gayi (VU) (ANX 2.10-C2-FAU) al suroeste del sistema asociado a E-1, estación con presencia de B. bullocki, en donde se presenta conectividad hidrológica con más cauces tributarios, por lo que la ejecución de las obras de caminos de acceso deberá evitar la afectación directa de la biota que pueda desplazarse por área y prevenir alteraciones relevantes de la calidad del agua. En consideración de los registros hidrobiológicos, vegetación presente, partes y obras y FGI asociados, no se prevé una intervención de magnitud o extensión suficiente para generar efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, por lo que se descartan los efectos, características o circunstancias establecidos en el artículo 11 letra b) de la Ley N°19.300 y en el artículo 6 del RSEIA, resultando los antecedentes consistentes con la evaluación del Proyecto mediante una Declaración de Impacto Ambiental.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Environment Federation. (2017). Standard methods for the examination of water and wastewater (23rd ed.). APHA.

Barbour, M. T., Gerritsen, J., Snyder, B. D., & Stribling, J. B. (1999). Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: Periphyton, benthic macroinvertebrates and fish (2nd ed.). U.S. Environmental Protection Agency.

Bray, J. R., & Curtis, J. T. (1957). An Ordination of the Upland Forest Communities of Southern Wisconsin. Ecological Monographs, 27(4), 325–349. https://doi.org/10.2307/1942268

Campos H (1972) Karyology of three Galaxiids fishes Galaxias maculatus, G. platei and Brachygalaxias bullocki. Copeia 2: 368-370.

-Castillo, G.C. & I.C. Vila. 2000. Ecotoxicity assessment of metáis and wastewater using multitrophic assays. Environ. Toxicol., 15: 370-375

CONAMA (2004). Guía Establecimiento de las normas secundarias de calidad ambiental para las aguas continentales y marinas, Gobierno de Chile.

Contreras et al. (2018). Guía metodológica y protocolos de muestreo de flora y fauna acuática en aguas continentales de Chile: Informe final, Proyecto FIPA N° 2016-46. Fondo de Investigación Pesquera y Acuicultura.

Cope, T. A., & Stace, C. A. (1978). The Juncus bufonius L. aggregate in western Europe. Watsonia, 12, 113-128.

Domínguez, E., & Fernández, H. R. (Eds.). (2009). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: Sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo.

Dirección General de Aguas. (2024). Red hidrométrica. Red_hidrométrica - Vista general.

Dirección General de Aguas. (2015). Mapoteca Digital: Cuencas DARH. Ministerio de Obras Públicas.

Dirección General de Aguas. (2014). Inventario de cuencas, subcuencas y subsubcuencas de Chile (SDT N.° 364). División de Estudios y Planificación, Ministerio de Obras Públicas.

Dyer, B. S. (2000). Systematic review and biogeography of the freshwater fishes of Chile revision sistematica y biogeografica de los peces dulceacuicolas de 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(2), 275-285.

- FIGUEROA, RICARDO, PALMA, ALEJANDRO, RUIZ, VICTOR, & NIELL, XAVIER. (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. https://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2007000200008

Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight–length relationships: History, meta-analysis and recommendations. Journal of Applied Ichthyology, 22(4), 241–253. https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x

Fulton, T. W. (1902). The rate of growth of fishes. Twentieth Annual Report of the Fishery Board for Scotland, Part III, 326–446

González, G. (2017). Estudio básico Diagnóstico para desarrollar plan de riego en Cuenca de Itata: informe final.

Habit, E., Belk, M., Victoriano, P., & Jaque, E. (2007). Spatio-temporal distribution patterns and conservation of fish assemblages in a Chilean coastal river. Biodiversity and Conservation, 16(11), 3179-3191.

Habit, E., E Dyer & I, Villa, (2006), Estado de conocimiento de los peces dulceacuícolas de Chile, Gayana 70(1): 100-113.

Habit, E., Górski, K., Vila, I., Manosalva, A., Díaz, G., Toledo, B., ... & Zurita, A. (2024). Efectos de las presiones antrópicas sobre la fauna nativa de peces y lampreas de Chile. Gayana (Concepción), 88(1), 76-104.

Instituto Nacional de Normalización (INN). (2014). NCh 411/3: Guía sobre preservación y manejo de muestras. Instituto Nacional de Normalización.

Instituto Nacional de Normalización (INN). (2014). NCh 411/3: Guía para el muestreo de ríos y cursos de agua. Instituto Nacional de Normalización.

Instituto Nacional de Normalización (INN). (2014). NCh 411/3: Guías sobre técnicas de muestreo. Instituto Nacional de Normalización.

Instituto Nacional de Estadísticas. (2022). VIII Censo Nacional Agropecuario y Forestal 2021. https://www.ine.gob.cl/censoagropecuario

Ilustre Municipalidad de Quirihue. (2012). Actualización Plan de Desarrollo Comunal de Quirihue (PLADECO 2012–2015). https://www.muniquirihue.cl/trans_activa/actos_reso_sobre_terceros/pladeco/PLADECO2012.pdf

Jo, A., Lee, S. I., Choi, D., Kim, Y., Lee, Y. H., & Hong, S. H. (2024). Distribución y riesgo ecológico de Ludwigia peploides en Corea del Sur. Biología, 13(10), 768. https://doi.org/10.3390/biology13100768

Kruskal, J. B. (1964). Nonmetric multidimensional scaling: A numerical method. Psychometrika, 29(2), 115–129.

Learner, M. A., Williams, R., Harcup, M., & Hughes, B. D. (1971). A survey of the macro-fauna of the River Cynon, a polluted tributary of the River Taff (South Wales). Freshwater Biology, 1(4), 339-367.

- Learner, M. A., Lochhead, G., & Hughes, B. D. (1978). A review of the biology of British Naididae (Oligochaeta) with emphasis on the lotic environment. Freshwater Biology, 8(4), 357-375.

Marticorena, C & M. Quezada. 1985. Catálogo de la flora vascular de Chile. Gayana Bot. 42 (1-2): 5-157.

Marticorena, C. Y R. Rodríguez (eds). 2001. Flora de Chile. Vol 2(1). Ed. Universidad de Concepción, Concepción. 99 p.

Marticorena, C. Y R. Rodríguez (eds). 2003. Flora de Chile. Vol 2(2). Ed. Universidad de Concepción, Concepción. 93 p.

Marticorena, C. Y R. Rodríguez (eds). 2005. Flora de Chile. Vol 2(3). Ed. Universidad de Concepción, Concepción. 128 p.

Matthei, O. 1995. Manual de las malezas que crecen en Chile. Ed. Alfabeta Impresiones, Santiago, Chile. 545 p.

Miller, J. R., Sinclair, J. T., & Walsh, D. (2015). Controls on Suspended Sediment Concentrations and Turbidity within a Reforested, Southern Appalachian Headwater Basin. Water, 7(6), 3123-3148. https://doi.org/10.3390/w7063123

Ministerio de Obras Públicas, Dirección general de Aguas. Informe Técnico del Inventario de Cuencas, Subcuencas y Subsubcuencas de Chile (División de Estudios y Planificación. (2014).

Ministerio del Medio Ambiente (Chile). (2026). 20º proceso de clasificación de especies (2023). https://clasificacionespecies.mma.gob.cl/procesos-de-clasificacion/20o-proceso-de-clasificacion-de-especies-2023.

Ministerio del Medio Ambiente. (2022). Guía de delimitación y Caracterización de Humedales Urbanos de Chile.

Ministerio del Medio Ambiente. (2024). Guía metodológica para la consideración del cambio climático en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

Ministerio del Medio Ambiente. (2014). Ficha de antecedentes de especie: Brachygalaxias bullocki (Regan, 1908) (Puye, peladilla). Comité de Clasificación de Especies Silvestres. Ministerio del Medio Ambiente – Ficha de antecedentes de especie.

Ministerio de Obras Públicas. Dirección General de Aguas. (2000). Mapoteca Digital. https://dga.mop.gob.cl/mapoteca-digital/.

Ministerio de Agricultura de Chile. (2026). Región de Ñuble. https://minagri.gob.cl/region-de-nuble/

Moya, C., Valdovinos, C., Moraga, A., ROMERO, F., Debels, P., & OYANEDEL, A. (2009). Patrones de distribución espacial de ensambles de macroinvertebrados bentónicos de un sistema fluvial Andino Patagónico. Revista chilena de historia natural, 82(3), 425-442.

Newman, J. R., & Dawson, F. H. (1999). Ecology, distribution and chemical control of Hydrocotyle ranunculoides in the UK. Hydrobiologia, 415(0), 295-298.

Norma Chilena 1333/78. Requisitos de calidad del agua para diferentes usos.

Palma, A. (2013). Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Universidad de Concepción.

Pyke, G. H. (2008). Plague minnow or mosquito fish? A review of the biology and impacts of introduced Gambusia species. Annual review of ecology, evolution, and systematics, 39(1), 171-191.

Raffaele E. (2004). Susceptibility of a Patagonian mallín flooded meadow to invasion by exotic species. Biol Invasions 6: 473–481

Ramírez C & J San Martín (2006) Diversidad de macrófitas chilenos. pp. 21-69. En: Vila I, A Veloso, R Schlatter& C Ramírez (eds) Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile. Editorial Universitaria. Santiago, Chile.

Ruiz V & Marchant M. (2006). Ictiofauna de aguas continentales chilenas, 235 pp.

Ruiz-Avila, R. J., & Klemm, V. V. (1996). Management of Hydrocotyle ranunculoides Lf, an aquatic invasive weed of urban waterways in Western Australia. Hydrobiologia, 340(1), 187-190.

Rizzo, P. F., Bres, P. A., Arreghini, S., Crespo, D. E., Serafini, R. J. M., & Fabrizio de Iorio, A. R. (2012). Remediación de efluentes provenientes de feedlots mediante el uso de plantas acuáticas. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo, 44(2), 47-64.

Soto, D. O. R. I. S., Arismendi, I., González, J., Sanzana, J., Jara, F., Jara, C., ... & Lara, A. (2006). Southern Chile, trout and salmon country: invasion patterns and threats for native species. Revista chilena de historia natural, 79(1), 97-117.

Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). (2026). Guía de área de influencia en el SEIA (2ª ed.). https://www.sea.gob.cl/sites/default/files/imce/archivos/2026/03/06/Gu%C3%ADa%20AI_2ed2026b.pdf

- Thomaz, S. M., & Cunha, E. R. D. (2010). The role of macrophytes in habitat structuring in aquatic ecosystems: methods of measurement, causes and consequences on animal assemblages' composition and biodiversity. Acta Limnologica Brasiliensia, 22, 218-236.

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (s.f.). Turbidity. Volunteer Monitoring Program. Recuperado de la EPA.

Universidad de Concepción. Instituto de ecología & biodiversidad. Instituto de Ecología & Biodiversidad - IEB Chile.

U.S. Environmental Protection Agency. (1999). Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish (Second Edition). https://archive.epa.gov/water/archive/web/html/index-14.html

Vila I, Veloso A, Schlatter R & Ramirez C. (2006). Macrófitas y vertebrados de los ecosistemas límnicos de Chile. Editorial universitaria SA.

Vila, I, L, Fuentes & M, Contreras, (1999). Peces Límnicos de Chile, Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, Chile, 48 61-75.

Wetzel, R. G. (2001). Limnology: lake and river ecosystems (Vol. 1). Academic Press.

Wentworth, C. K. (1922). A scale of grade and class terms for clastic sediments. The journal of geology, 30(5), 377-392.

12. APÉNDICES

12.1 LISTADO DE PROFESIONALES

Nombre	Profesión	Función
María José García	Bióloga Marina	Actividades en terreno y Elaboración de informe
Mauricio Cañas	Biólogo	Actividades en terreno
Javiera Salazar	Bióloga Marina	Revisión de informe
José Constanzo	Biólogo Marino	Aprobación de informe



María José García García.

20.153.834-3

12.2 PERMISO DE PESCA

Verificación del Documento:
- Id del Documento: 29628
- Código de verificación: 69161221524
- 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-2025-029 "LÍNEA DE BASE LIMNOLÓGICA"

AUTORIZA A GEAAMBIENTAL SpA PARA REALIZAR PESCA DE INVESTIGACIÓN QUE INDICA.

VALPARAÍSO,

R. EX. Nº **E-2025-076**

FECHA: **17/01/2025**

VISTO: Lo solicitado por GeaAmbiental SpA., mediante ingreso electrónico SUBPESCA E-PINV-2025-023, de fecha 09 de enero de 2025; lo informado por la División de Administración Pesquera de esta Subsecretaría, mediante Informe Técnico N° E-2025-029, de fecha 15 de enero de 2025; los Términos Técnicos de Referencia del proyecto denominado **"LÍNEA BASE LIMNOLÓGICA ASOCIADO AL PROYECTO NUEVA S/E COIQUÉN Y NUEVA LÍNEA 2X66 KV LAS DELICIAS – COIQUÉN, REGIÓN DE ÑUBLE"**, 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 de esta Subsecretaría, que establece las condiciones para el otorgamiento de pescas de investigación ambientales de bajo impacto.

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

Que, GeaAmbiental SpA., mediante ingreso electrónico citado en Visto, realiza solicitud para desarrollar una pesca de investigación conforme los Términos Técnicos de Referencia del proyecto denominado **"LÍNEA BASE LIMNOLÓGICA ASOCIADO AL PROYECTO NUEVA S/E COIQUÉN Y NUEVA LÍNEA 2X66 KV LAS DELICIAS – COIQUÉN, REGIÓN DE ÑUBLE"**.

Que, mediante Informe Técnico citado en Visto, la División de Administración Pesquera 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, 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, citado en Visto, corresponde autorizar la pesca de investigación solicitada.

R E S U E L V O:

1.- Autorízase a GeaAmbiental SpA, R.U.T. N° 76.624.433-5 con domicilio en Eusebio Lillo N° 136, Villa Icalma, San Pedro de la Paz, Región del Biobío, casilla de correo electrónico contacto@geaambiental.cl, para realizar una pesca de investigación de conformidad con los Términos Técnicos de Referencia del proyecto denominado **"LÍNEA BASE LIMNOLÓGICA ASOCIADO AL PROYECTO NUEVA S/E COIQUÉN Y NUEVA LÍNEA 2X66 KV LAS DELICIAS – COIQUÉN, REGIÓN DE ÑUBLE"**, elaborados por la peticionaria, el informe técnico citado en Visto y la Resolución Exenta N° 1.843 de 2024, de esta Subsecretaría disponible en https://www.subpesca.cl/portal/615/articles-122707_documento.pdf, todos los 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 caracterizar la limnología de los cuerpos de agua asociados al proyecto "Nueva S/E Coiquén y Nueva Línea 2X66 KV las delicias - Coiquén".

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 Estero Pencahua o Recreo, comuna de Quirihue, Región del Ñuble

4.- El cumplimiento de los objetivos de la presente pesca de investigación se autoriza a la peticionaria el muestreo con retención permanente de las matrices biológicas y la captura con retención temporal de la fauna íctica individualizadas en la Resolución Exenta N° 1.843 de 2024, citada en Visto, con los artes y aparejos de pesca autorizados en la mencionada resolución.

5.- La peticionaria designa como persona responsable de la presente pesca de investigación a doña Pamela Montero Contreras, R.U.T. N° 13.129.626-6, del mismo domicilio del solicitante. Asimismo, el jefe de proyecto y personal técnico participante del estudio corresponde a las personas que se indica, en las calidades que en cada caso se señalan, según la información proporcionada en el *currículum vitae* de cada uno de ellos:

Nombre	RUT	Profesión	Función
Javiera Salazar Ramos	19.508.978-7	Bióloga Marina	Jefe de Proyecto
María José García García	20.153.834-3	Bióloga Marina	Asistente de proyecto
Mauricio Cañas Merino	17.929.843-0	Biólogo	Asistente de proyecto
Michael Soto Hermosilla	16.895.143-4	Biólogo	Asistente de proyecto
Sebastian Haeger Yañez	18.769.730-1	Biólogo	Asistente de proyecto
Stephanie Roloff Farías	18.148.936-7	Ingeniera en Recursos Naturales Renovables	Asistente de proyecto

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

7.- 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.

8.- 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.

9.- 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.

REPUBLICA DE CHILE
MINIST. DE ECON. F. Y TURISMO
SUBSECRETARIA DE PESCA Y ACUICULTURA
JEFE DE GABINETE

JAVIER RIVERA VERGARA
Jefe de Gabinete

12.3. ANEXOS LABORATORIO

Hidrolab

Informe de Análisis 296741/2026.0

Razón de cambio:

Cotización: C6403/2026.1

(FAP-009-01)
Fecha Emisión Informe: 27-05-2026 15:54

Identificación del Cliente			
Cliente:	EMPRESA DE ESTUDIOS, MONITOREOS Y MEDICIONES AMBIENTALES GEAAMBIENTAL	**RUT:**	76.624.433-5
Dirección:	Eusebio Lillo 136, Concepción - San Pedro de la Paz - Biobío - Chile		
Contacto:	MARÍA JOSÉ GARCÍA	**Teléfono:**	+569 87646982

Nº Muestra: 296741-1/2026.0 - Id: 2532839 - E-1			
Subárea o producto:	Agua superficial		
Término de muestreo:	11-05-2026 15:30	**Fecha de Recepción:**	12-05-2026 09:00
Tipo de muestra:	Puntual	**Región:**	Región del Biobío
Comuna:	San Pedro de La Paz	**Lugar de muestreo:**	San Pedro de la Paz
Punto de muestreo:	E-1	**Dirección de muestreo:**	San Pedro de la Paz
Instrumento ambiental:	---	**Proyecto:**	---
Muestreado por:	Cliente		

Resultados Analíticos

Análisis Acreditados INN

Parámetro	Resultado	NCh 1333	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Alcalinidad	48 mg CaCO3/L	Mínimo 20 mg CaCO3/L	1 mg CaCO3/L	SM 2320 B	12-05-2026 10:00
Color	15 unidad Pt-Co	100 unidad Pt-Co	5 unidad Pt-Co	SM 2120 B	12-05-2026 09:15
pH	6,6 unidad de pH	5,5-9 unidad de pH	--- unidad de pH	SM 4500 H B	12-05-2026 10:00

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Conductividad	116 uS/cm	1 uS/cm	SM 2510 B	12-05-2026 10:00
Sólidos sedimentables	0,6 ml/L	0,1 ml/L	SM 2540 F	12-05-2026 09:40
Temperatura	23,2 °C	--- °C	SM 2550 B	12-05-2026 10:00
Turbiedad	15 UNT	0,5 UNT	SM 2130 B	12-05-2026 09:40

Especificaciones

NCh 1333: Norma Chilena 1333

Notas

ND: No determinado.
LD: Límite de Detección. LD para todos los ensayos excepto ensayos de cromatografía gaseosa, en el cual se considera Límite de Cuantificación.
SM: *Standard Methods* for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.

Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.
El presente informe no es de carácter ETFA.
Laboratorio Hidrolab S.A declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió
Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio.

Ximena Cuadros Moya

Hidrolab

Informe de Análisis 296741/2026.0

Razón de cambio:

Cotización: C6403/2026.1

Responsable Técnico/Rep. Legal

Código de Validación: 83d6edca751a4acbaa658fb63c20e58e

La validación de este documento puede ser realizada en: hidrolab.mylimsportal.cloud.

contacto@geaambiental.cl
+56 41 3832613
www.geaambiental.cl

Hidrolab

Informe de Análisis 296742/2026.0

Razón de cambio:

Cotización: C6403/2026.1

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 27-05-2026 15:55

Identificación del Cliente			
Cliente:	EMPRESA DE ESTUDIOS, MONITOREOS Y MEDICIONES AMBIENTALES GEAAMBIENTAL	**RUT:**	76.624.433-5
Dirección:	Eusebio Lillo 136, Concepción - San Pedro de la Paz - Biobío - Chile		
Contacto:	MARÍA JOSÉ GARCÍA	**Teléfono:**	+569 87646982

Nº Muestra: 296742-1/2026.0 - Id: 2532840 - E-2			
Subárea o producto:	Agua superficial		
Término de muestreo:	11-05-2026 13:30	**Fecha de Recepción:**	12-05-2026 09:00
Tipo de muestra:	Puntual	**Región:**	Región del Biobío
Comuna:	San Pedro de La Paz	**Lugar de muestreo:**	San Pedro de la Paz
Punto de muestreo:	E-2	**Dirección de muestreo:**	San Pedro de la Paz
Instrumento ambiental:	---	**Proyecto:**	---
Muestreado por:	Cliente		

Resultados Analíticos

Análisis Acreditados INN

Parámetro	Resultado	NCh 1333	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Alcalinidad	54,9 mg CaCO3/L	Mínimo 20 mg CaCO3/L	1 mg CaCO3/L	SM 2320 B	12-05-2026 10:00
Color	100 unidad Pt-Co	100 unidad Pt-Co	5 unidad Pt-Co	SM 2120 B	12-05-2026 09:15
pH	6,33 unidad de pH	5,5-9 unidad de pH	--- unidad de pH	SM 4500 H B	12-05-2026 10:00

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Conductividad	140 uS/cm	1 uS/cm	SM 2510 B	12-05-2026 10:00
Sólidos sedimentables	6,5 ml/L	0,1 ml/L	SM 2540 F	12-05-2026 09:40
Temperatura	23,1 °C	--- °C	SM 2550 B	12-05-2026 10:00
Turbiedad	9,5 UNT	0,5 UNT	SM 2130 B	12-05-2026 09:40

Especificaciones

NCh 1333: Norma Chilena 1333

Notas

ND: No determinado.
LD: Límite de Detección. LD para todos los ensayos excepto ensayos de cromatografía gaseosa, en el cual se considera Límite de Cuantificación.
SM: *Standard Methods* for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.

Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.
El presente informe no es de carácter ETFA.
Laboratorio Hidrolab S.A declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió
Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio.

Ximena Cuadros Moya

Hidrolab

Informe de Análisis 296742/2026.0

Razón de cambio:

Cotización: C6403/2026.1

Responsable Técnico/Rep. Legal

Código de Validación: e116427891bf4bb09cfb657069e235b2

La validación de este documento puede ser realizada en: hidrolab.mylimsportal.cloud.

contacto@geaambiental.cl
+56 41 3832613
www.geaambiental.cl

transemel

COMTEC

Hidrolab

Informe de Análisis 296743/2026.0

Razón de cambio:

Cotización: C6403/2026.1

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 27-05-2026 15:55

Identificación del Cliente

Cliente: EMPRESA DE ESTUDIOS, MONITOREOS Y MEDICIONES AMBIENTALES GEAAMBIENTAL	**RUT:** 76.624.433-5
Dirección: Eusebio Lillo 136, Concepción - San Pedro de la Paz - Biobío - Chile	
Contacto: MARÍA JOSÉ GARCÍA	**Teléfono:** +569 87646982

Nº Muestra: 296743-1/2026.0 - Id: 2532842 - E-3

Subárea o producto: Agua superficial			
Término de muestreo:	11-05-2026 14:00	**Fecha de Recepción:**	12-05-2026 09:00
Tipo de muestra:	Puntual	**Región:**	Región del Biobío
Comuna:	San Pedro de La Paz	**Lugar de muestreo:**	San Pedro de la Paz
Punto de muestreo:	E-3	**Dirección de muestreo:**	San Pedro de la Paz
Instrumento ambiental:	---	**Proyecto:**	---
Muestreado por:	Cliente		

Resultados Analíticos

Análisis Acreditados INN

Parámetro	Resultado	NCh 1333	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Alcalinidad	53,6 mg CaCO3/L	Mínimo 20 mg CaCO3/L	1 mg CaCO3/L	SM 2320 B	12-05-2026 10:00
Color	15 unidad Pt-Co	100 unidad Pt-Co	5 unidad Pt-Co	SM 2120 B	12-05-2026 09:15
pH	6,5 unidad de pH	5,5-9 unidad de pH	--- unidad de pH	SM 4500 H B	12-05-2026 10:00

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Conductividad	162 uS/cm	1 uS/cm	SM 2510 B	12-05-2026 10:00
Sólidos sedimentables	3 ml/L	0,1 ml/L	SM 2540 F	12-05-2026 09:40
Temperatura	23,2 °C	--- °C	SM 2550 B	12-05-2026 10:00
Turbiedad	60 UNT	0,5 UNT	SM 2130 B	12-05-2026 09:40

Especificaciones

NCh 1333: Norma Chilena 1333

Notas

ND: No determinado.
LD: Límite de Detección. LD para todos los ensayos excepto ensayos de cromatografía gaseosa, en el cual se considera Límite de Cuantificación.
SM: *Standard Methods* for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.

Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.
El presente informe no es de carácter ETFA.
Laboratorio Hidrolab S.A declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió
Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio.

Ximena Cuadros Moya

+56 41 3832613
www.geaambiental.cl

Hidrolab

Informe de Análisis 296743/2026.0

Razón de cambio:

Cotización: C6403/2026.1

Responsable Técnico/Rep. Legal

Código de Validación: ec5507856d8b47f0a0a1e2fee5401c92

La validación de este documento puede ser realizada en: hidrolab.mylimsportal.cloud.

contacto@geaambiental.cl
+56 41 3832613
www.geaambiental.cl

Hidrolab

Informe de Análisis 296744/2026.0

Razón de cambio:

Cotización: C6403/2026.1

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 27-05-2026 15:56

Identificación del Cliente			
Cliente:	EMPRESA DE ESTUDIOS, MONITOREOS Y MEDICIONES AMBIENTALES GEAAMBIENTAL	**RUT:**	76.624.433-5
Dirección:	Eusebio Lillo 136, Concepción - San Pedro de la Paz - Biobío - Chile		
Contacto:	MARÍA JOSÉ GARCÍA	**Teléfono:**	+569 87646982

Nº Muestra: 296744-1/2026.0 - Id: 2532843 - E-4			
Subárea o producto:	Agua superficial		
Término de muestreo:	11-05-2026 12:00	**Fecha de Recepción:**	12-05-2026 09:00
Tipo de muestra:	Puntual	**Región:**	Región del Biobío
Comuna:	San Pedro de La Paz	**Lugar de muestreo:**	San Pedro de la Paz
Punto de muestreo:	E-4	**Dirección de muestreo:**	San Pedro de la Paz
Instrumento ambiental:	---	**Proyecto:**	---
Muestreado por:	Cliente		

Resultados Analíticos

Análisis Acreditados INN

Parámetro	Resultado	NCh 1333	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Alcalinidad	50,5 mg CaCO3/L	Mínimo 20 mg CaCO3/L	1 mg CaCO3/L	SM 2320 B	12-05-2026 10:00
Color	10 unidad Pt-Co	100 unidad Pt-Co	5 unidad Pt-Co	SM 2120 B	12-05-2026 09:15
pH	6,6 unidad de pH	5,5-9 unidad de pH	--- unidad de pH	SM 4500 H B	12-05-2026 10:00

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Conductividad	131 uS/cm	1 uS/cm	SM 2510 B	12-05-2026 10:00
Sólidos sedimentables	< 0,1 ml/L	0,1 ml/L	SM 2540 F	12-05-2026 09:40
Temperatura	23,2 °C	--- °C	SM 2550 B	12-05-2026 10:00
Turbiedad	5,6 UNT	0,5 UNT	SM 2130 B	12-05-2026 09:40

Especificaciones

NCh 1333: Norma Chilena 1333

Notas

ND: No determinado.
LD: Límite de Detección. LD para todos los ensayos excepto ensayos de cromatografía gaseosa, en el cual se considera Límite de Cuantificación.
SM: *Standard Methods* for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.

Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.
El presente informe no es de carácter ETFA.
Laboratorio Hidrolab S.A declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió
Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio.

Ximena Cuadros Moya

Hidrolab

Informe de Análisis 296744/2026.0

Razón de cambio:

Cotización: C6403/2026.1

Responsable Técnico/Rep. Legal

Código de Validación: 93683baa7c1347c2bfe33ac345023891

La validación de este documento puede ser realizada en: hidrolab.mylimsportal.cloud.

contacto@geaambiental.cl
+56 41 3832613
www.geaambiental.cl

Hidrolab

Informe de Análisis 296745/2026.0

Razón de cambio:

Cotización: C6403/2026.1

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 27-05-2026 15:56

Identificación del Cliente			
Cliente:	EMPRESA DE ESTUDIOS, MONITOREOS Y MEDICIONES AMBIENTALES GEAAMBIENTAL	**RUT:**	76.624.433-5
Dirección:	Eusebio Lillo 136, Concepción - San Pedro de la Paz - Biobío - Chile		
Contacto:	MARÍA JOSÉ GARCÍA	**Teléfono:**	+569 87646982

Nº Muestra: 296745-1/2026.0 - Id: 2532845 - E-6			
Subárea o producto:	Agua superficial		
Término de muestreo:	11-05-2026 12:30	**Fecha de Recepción:**	12-05-2026 09:00
Tipo de muestra:	Puntual	**Región:**	Región del Biobío
Comuna:	San Pedro de La Paz	**Lugar de muestreo:**	San Pedro de la Paz
Punto de muestreo:	E-5	**Dirección de muestreo:**	San Pedro de la Paz
Instrumento ambiental:	---	**Proyecto:**	---
Muestreado por:	Cliente		

Resultados Analíticos

Análisis Acreditados INN

Parámetro	Resultado	NCh 1333	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Alcalinidad	98,3 mg CaCO3/L	Mínimo 20 mg CaCO3/L	1 mg CaCO3/L	SM 2320 B	12-05-2026 10:00
Color	10 unidad Pt-Co	100 unidad Pt-Co	5 unidad Pt-Co	SM 2120 B	12-05-2026 09:15
pH	6,52 unidad de pH	5,5-9 unidad de pH	--- unidad de pH	SM 4500 H B	12-05-2026 10:00

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Conductividad	216 uS/cm	1 uS/cm	SM 2510 B	12-05-2026 10:00
Sólidos sedimentables	1 ml/L	0,1 ml/L	SM 2540 F	12-05-2026 09:40
Temperatura	23,1 °C	--- °C	SM 2550 B	12-05-2026 10:00
Turbiedad	17 UNT	0,5 UNT	SM 2130 B	12-05-2026 09:40

Especificaciones

NCh 1333: Norma Chilena 1333

Notas

ND: No determinado.
LD: Límite de Detección. LD para todos los ensayos excepto ensayos de cromatografía gaseosa, en el cual se considera Límite de Cuantificación.
SM: *Standard Methods* for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.

Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.
El presente informe no es de carácter ETFA.
Laboratorio Hidrolab S.A declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió
Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio.

Ximena Cuadros Moya

Hidrolab

Informe de Análisis 296745/2026.0

Razón de cambio:

Cotización: C6403/2026.1

Responsable Técnico/Rep. Legal

Código de Validación: 57e435437b4746ba9d4a7354ba74cf44

La validación de este documento puede ser realizada en: hidrolab.mylimsportal.cloud.

contacto@geaambiental.cl
+56 41 3832613
www.geaambiental.cl