

cenma
Centro Nacional del Medio Ambiente

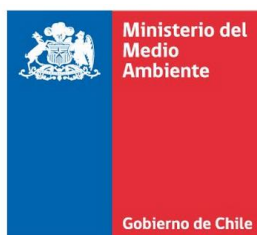
INFORME FINAL CORREGIDO 2

“DIAGNÓSTICO SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA DEL RÍO AZOPARDO”

(612543-4-LP15)

Preparado para:

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE



SANTIAGO de CHILE

JULIO 2016

Historia del documento

Revisión	Fecha de revisión	Revisado por	Aprobado por	Fecha de aprobación	Tipo de revisión
0					

Distribución de copias

Revisión	Número de copias	Distribuidas a

Imprimido	29 Julio 2016
Último guardado	29 Julio 2016 12:38 p. m.
Nombre del archivo	LQA-C01-P08-ITE-012_REV 1
Autor	Daniel Rebolledo
Jefe de proyecto	Isel Cortes
Nombre organización	Centro Nacional del Medio Ambiente
Nombre del proyecto	Diagnóstico Servicios Ecosistémicos y Calidad Ambiental de la Cuenca del Río Azopardo
Nombre del documento	Informe Final Corregido 2
Versión	1

RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio da cuenta de los resultados obtenidos en el proyecto “DIAGNÓSTICO SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA DEL RÍO AZOPARDO” (ID 612543-4-LP15), ejecutado por el Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA), entre octubre de 2015 y julio de 2016.

El alto valor de los componentes ambientales y el potencial desarrollo del turismo de naturaleza que presenta el sector de la Cuenca Hidrográfica Lago Fagnano – Río Betbeder – Río Azopardo ubicada en la Tierra del Fuego chilena, hace necesario implementar medidas que permitan la protección del ecosistema asociado a la cuenca y orienten inversiones para maximizar los beneficios de los recursos contenidos en los ecosistemas en un esquema de desarrollo sustentable.

La porción chilena de la cuenca evidencia bajos niveles de intervención antrópica asociados principalmente a la antigua explotación forestal y ganadera, y más recientemente al desarrollo turístico de la pesca recreativa y la construcción de la Senda Vicuña – Yendegaia. Se proyecta un incremento de esta intervención con la instalación de infraestructura turística en la ribera sur del Río Azopardo; el asentamiento de una villa en la ribera suroeste del Lago Fagnano, habitaciones para las personas naturales y delegaciones de la Municipalidad de Timaukei; y en las proximidades de la desembocadura del Río Azopardo; la habilitación de una rampa, un aeródromo y dependencias para los operadores de naves y recepción de pasajeros.

Por su parte la porción trasandina de la cuenca presenta mayores niveles de intervención antrópica, debido a que a las actividades identificadas en la porción chilena se agrega la explotación del bosque y turba, la navegación turística, y el emplazamiento del poblado de Tolhuin en la ribera del Lago Fagnano, cuya población asciende a los 3000 habitantes y no cuentan con planta de tratamiento de aguas servidas, que indirectamente son vertidas al lago.

En la porción chilena de la cuenca, no se han realizado estudios específicos orientados a caracterizar los servicios ecosistémicos, la calidad ambiental del recurso hídrico y las amenazas actuales tanto a la biodiversidad como a la provisión de servicios ecosistémicos.

Los instrumentos de gestión ambiental como las Normas Secundaria de Calidad Ambiental y la declaración de Área preferencial para la Pesca Recreativa, permitirían la protección y conservación de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, de las características del recurso hídrico y de los recursos hidrobiológicos, otorgando algún nivel de protección al ecosistema acuático asociado a la Cuenca Hidrográfica Lago Fagnano – Río Betbeder – Río Azopardo y al mismo tiempo, orientar el desarrollo sustentable de actividades económicas compatibles con la imagen objetivo turística que se ha construido para el territorio Lago Fagnano - Caleta María.

Por tales razones, se requería efectuar el diagnóstico de los servicios ecosistémicos y calidad ambiental de la Cuenca Hidrográfica Lago Fagnano- -Río Betbeder – Río Azopardo que permita determinar el valor ambiental del territorio, caracterizar la biodiversidad y analizar la necesidad de elaborar normas secundarias de calidad ambiental para la cuenca, generando así la necesidad de este estudio.

Los **objetivos** abordados en el estudio, con sus actividades, fueron:

Objetivo a) Caracterizar los servicios ecosistémicos de la Cuenca Hidrográfica Lago Fagnano - Río Betbeder – Río Azopardo.

- Revisión y análisis documental de información secundaria para determinar el estado del arte de los servicios ecosistémicos asociados.
- Desarrollo de campañas de terreno N°1 y N°2 para la Identificación en terreno de los servicios ecosistémicos asociados a la Cuenca Lago Fagnano- Río Betbeder – Río Azopardo.

Objetivo b) Caracterizar las amenazas a la biodiversidad asociada a la prestación de los principales servicios ecosistémicos.

- Identificación de las amenazas por medio de revisión bibliográfica y antecedentes relevantes.
- Identificación de las amenazas por medio de observaciones durante las campañas de terreno.

Objetivo c) Elaborar una línea base de parámetros de calidad del agua de la Cuenca Hidrográfica Lago Fagnano - Río Betbeder – Río Azopardo.

- Revisión y análisis documental de la información topográfica e hidrológica de la cuenca.
- Análisis de la presencia de fuentes contaminantes puntuales, difusas, usos de suelos, calidad de agua y presiones hidromorfológicas.
- Desarrollo de cartografía.
- Determinación de indicadores biológicos.
- Muestreo aguas e indicadores biológicos campañas N°1 y N°2.
- Análisis fisicoquímicos y biológicos.
- Determinación de indicadores biológicos.
- Aplicación de la metodología para el Diagnóstico y Clasificación de los cuerpos de agua según objetivos de calidad (DGA 2004).

Objetivo d) Analizar la necesidad de elaborar normas secundarias de calidad ambiental para la Cuenca Hidrográfica Lago Fagnano-Río Betbeder-Río Azopardo.

- Evaluar la necesidad de elaborar Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la cuenca en estudio.
- Proponer el Borrador de Anteproyecto para tales normas.

Los **principales resultados y conclusiones** del estudio son los siguientes:

Este estudio constituye el **primer diagnóstico de los servicios ecosistémicos y de calidad ambiental de la Cuenca Hidrográfica Lago Fagnano - Río Betbeder – Río Azopardo**. La cuenca posee gran extensión de recursos hídricos, con un caudal promedio histórico mensual de 50,9 m³/s medido en la estación fluviométrica de DGA ubicada en la desembocadura del Río Azopardo. Está formada por cuerpos de agua que constituyen ambientes únicos y particulares, lo que sumado a las especies de flora y fauna y las formaciones geológicas que contiene, hace de ésta un área de relevancia ambiental.

Se establecieron como **beneficiarios directos** de los ecoservicios a los habitantes de la Estancia Lago Fagnano, a los trabajadores y funcionarios del Cuerpo Militar del Trabajo

(C.M.T) y a los turistas que llegan a la zona. La población en general, se identificó como **beneficiario indirecto** pasivo.

En toda la cuenca se identificaron servicios ecosistémicos de **regulación** (que son los que se obtienen de la regulación de los procesos ecológicos), mientras que en los sectores noroeste y norte del Lago Fagnano se identificaron, además, servicios ecosistémicos de **provisión**, obtenidos de forma directa del ecosistema.

La presencia y caracterización de los servicios ecosistémicos descritos se estableció a partir de **revisión de antecedentes disponibles y su corroboración en terreno por inspecciones visuales de los componentes ambientales**, efectuadas en la primavera del año 2015 y en el verano del año 2016.

La literatura ha descrito un conjunto amplio de amenazas a la biodiversidad. Sin embargo, en la Cuenca Hidrográfica Lago Fagnano - Río Betbeder – Río Azopardo, se constataron las siguientes **amenazas asociadas a la prestación de los principales servicios ecosistémicos**:

- Cambio de uso de suelo relacionado con el inicio del proceso de entrega de concesiones en el sector de Lago Fagnano y Caleta María, en la cuenca del Río Azopardo.
- Amenaza al recurso hídrico por alteraciones morfológicas de los cauces, relacionadas con la construcción de infraestructura vial, canalización o entubamiento del flujo de agua de tributarios de los ríos Azopardo y Betbeder.
- Introducción de especies, especialmente relacionadas con las madrigueras y expansión de los castores en los ríos Azopardo y Betbeder.

A la fecha de este estudio, las amenazas descritas se encuentran en condición de **amenazas potenciales**, puesto que se evidenció en terreno que las mismas tienen **bajo impacto**.

El área de estudio se caracteriza por una topografía llana a convexa según un complejo sistema orográfico, carente de mesetas y llanuras; presenta valles angostos asociados a los ríos y a los numerosos arroyos existentes en la misma. La abundante red hídrica está compuesta por los ríos Río Azopardo, Betbeder y el Lago Fagnano como cuerpos principales de la cuenca.

A la fecha de este estudio, se constató que **no existen fuentes puntuales de contaminación**, como emisarios o ductos de aguas servidas.

Sin embargo, se identificaron **algunas potenciales fuentes difusas** que podrían aportar contaminantes a los cuerpos de agua, las que se componen de las actividades para la construcción del aeródromo y de la red vial también en construcción. Estas obras, además, pueden generar **presiones hidromorfológicas** en la cuenca por las estructuras de puentes y atraveso de cauces que se requieren para su ejecución.

Otras fuentes difusas de contaminación, tales como agricultura, ganadería, suelos contaminados, zonas urbanas, zonas mineras, zonas recreativas, praderas, estaciones de servicio, **fueron descartadas** por inspecciones en terreno.

El suelo de la zona de estudio es prístino, con muy poco uso, excepto por la construcción del aeródromo, la habilitación de caminos y un par de asentamiento humanos identificados.

No se encontró evidencia en terreno ni antecedentes relacionados con explotación forestal, aunque las obras anteriores han removido árboles y suelo para su avance.

Respecto al suelo, el iniciado proceso de entrega de concesiones en el sector de Lago Fagnano y Caleta María según lineamientos del GORE de Magallanes, pretende aumentar la llegada de turistas en la región, proyectando la macro urbanización de una parte de la zona de estudio, afectará el uso del suelo respecto del nivel constatado en este estudio, lo que eventualmente podría generar afectaciones en los cuerpos de agua y en el funcionamiento ecológico de la cuenca.

En este estudio, se determinaron los niveles de Clorofila a y la caracterización de macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos para evaluar el estado actual de la cuenca y constituirse en el registro inicial que permita monitorear el avance y efectos de eventuales perturbaciones antrópicas. Estos indicadores tienen la ventaja de que son sensibles a las variaciones en las comunidades ecológicas, son indicadores de amplio uso a nivel internacional, de los cuales existe experiencia en Chile y que se obtienen de manera sencilla, mediante procedimientos estandarizados.

En la primavera de 2015 (noviembre), en las nueve estaciones de muestreo, se constataron bajos niveles de **Clorofila a** (menor que 3 µg/L) lo que corresponde a la condición oligotrófica de estos cuerpos de agua.

La composición taxonómica de **macroinvertebrados bentónicos** presentó **18 taxa**, donde las familias de Chironomidae, Leptophlebiidae, Gripopterygidae y Hyalellidae se encuentran presentes en casi todos los sectores estudiados de la cuenca. La riqueza fue mayor a 4 en todos los sitios estudiados, aunque algunas estaciones presentaron abundancia muy baja, menor a 50 individuos, como las que corresponden al Río Betbeder y a la ribera sur del Lago Fagnano.

Respecto de los grupos funcionales de los **macroinvertebrados bentónicos**, se encontró presencia de los **seis principales grupos funcionales**: Depredador, Fragmentador, Recolector, Ramoneador, Filtrador y Generalista. La proporción de grupos tróficos indicó una distribución en distintas proporciones en los diferentes sectores de la cuenca. Así, las estaciones que corresponden al Río Azopardo AZ presentan mayor proporción de Recolectores, mientras las estaciones del Río Betbeder abundan en Ramoneadores. Por su parte en las estaciones del Lago Fagnano se distribuyen en proporciones similares los Fragmentadores, Recolectores, excepto en la ribera sur donde los Fragmentadores desaparecen por completo.

Respecto de la **calidad físicoquímica de las aguas**, los valores de los parámetros físicoquímicos obtenidos en este estudio, que pueden asimilarse a la línea base de calidad de agua, son los siguientes:

Parámetros de condición natural:

- **pH:** 6,96 – 7,71 unidades de pH evidenciando aguas neutras, de buena calidad, sin descargas antropogénicas directas, con poca capacidad para disolver contaminantes metálicos que eventualmente puedan incorporarse a los suelos a través de contaminación difusa.
- **Temperatura** entre 1,92 – 4,99 °C en primavera y entre 6,6 y 10,05 °C en verano, indicando cuerpos de agua fríos, donde los procesos de degradación de la calidad del agua son muy lentos, lo que constituye un factor de protección del ecosistema.

- **Conductividad eléctrica** entre 58 y 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, evidenciando muy bajos niveles de sólidos disueltos, lo que se corresponde tanto con el pH neutro como con las bajas temperaturas. Estos valores bajos de conductividad ratifican la condición de prístinas que tienen estas aguas.
- **Oxígeno disuelto** entre 7,18 y 10,87 mg/L evidenciando igualmente aguas de buena calidad.
- **Nitratos** en niveles no detectables (<0,5 mg/L) ratificando aguas oligotróficas de buena calidad.
- **Fosfatos** entre <0,05 mg/L y 0,86 mg/L ratificando aguas oligotróficas, de buena calidad.
- **Amonio** entre 0,8 y 14,4 mg/L lo que corresponde a valores bajos que pueden relacionarse con los procesos naturales de metabolismo de los organismos que viven en la cuenca.
- **Cloruros** en niveles no detectables (<25 mg/L) ratificando aguas de buena calidad, con baja cantidad de sales.
- **Sulfatos** en niveles no detectables (<5 mg/L) ratificando aguas de buena calidad, con baja cantidad de sales.
- **Nitritos** en niveles no detectables (<0,3 mg/L) ratificando aguas de buena calidad, oxigenadas, con baja cantidad de sales.
- **Metales:**
 - Aluminio (**Al**) en niveles entre <0,026 mg/L y 0,212 mg/L ratificando aguas de buena calidad con bajos contenidos de metales de origen natural.
 - Manganeso (**Mn**) en niveles entre 0,007 mg/L y 0,025 mg/L ratificando aguas de buena calidad con bajos contenidos de metales de origen natural.
 - Bario (**Ba**) en niveles entre 0,0010 mg/L y 0,0038 mg/L ratificando aguas de buena calidad con bajos contenidos de metales de origen natural.
 - Hierro (**Fe**) en niveles entre <0,1 mg/L y 0,16 mg/L ratificando aguas de buena calidad con bajos contenidos de metales de origen natural.

Parámetros de intervención antrópica:

- **Contaminantes orgánicos:**
 - **Detergentes (SAAM)** en niveles no detectables (<0,3 mg/L) ratificando aguas de buena calidad, sin descargas antropogénicas.
 - **Aceites y grasas** en niveles no detectables (<5 mg/L) ratificando aguas de buena calidad, sin descargas antropogénicas.
 - **Hidrocarburos fijos, totales y volátiles**, todos en niveles no detectables (<5 mg/L) ratificando aguas de buena calidad, sin descargas antropogénicas.
 - **Demanda Química de Oxígeno (DQO)** en niveles no detectables (<2 mg/L) ratificando aguas de buena calidad, sin descargas antropogénicas.
 - **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)** en niveles no detectables (<2 mg/L) ratificando aguas de buena calidad, sin descargas antropogénicas.
- **Contaminantes inorgánicos:**

- Cadmio (**Cd**) en niveles no detectables (<0,001 mg/L) ratificando aguas de buena calidad sin presencia de metales tóxicos.
- Zinc (**Zn**) en niveles no detectables (<0,009 mg/L) ratificando aguas de buena calidad sin presencia de metales tóxicos.
- Cromo (**Cr**) en niveles no detectables (<0,006 mg/L) ratificando aguas de buena calidad sin presencia de metales tóxicos.
- Arsénico (**As**) en niveles no detectables (<0,015 mg/L) ratificando aguas de buena calidad sin presencia de metales tóxicos.
- Cobre (**Cu**) en niveles no detectables (<0,005 mg/L) ratificando aguas de buena calidad sin presencia de metales tóxicos.
- Níquel (**Ni**) en niveles no detectables (<0,032 mg/L) ratificando aguas de buena calidad sin presencia de metales tóxicos.
- Plomo (**Pb**) en niveles no detectables (<0,008 mg/L) ratificando aguas de buena calidad sin presencia de metales tóxicos.
- Selenio (**Se**) en niveles no detectables (<0,010 mg/L) ratificando aguas de buena calidad sin presencia de metales tóxicos.
- Vanadio (**V**) en niveles no detectables (<0,001 mg/L) ratificando aguas de buena calidad sin presencia de metales tóxicos.
- Plata (**Ag**) en niveles no detectables (<0,001 mg/L) ratificando aguas de buena calidad sin presencia de metales tóxicos.
- Cobalto (**Co**) en niveles no detectables (<0,001 mg/L) ratificando aguas de buena calidad sin presencia de metales tóxicos.
- Molibdeno (**Mo**) en niveles no detectables (<0,001 mg/L) ratificando aguas de buena calidad sin presencia de metales tóxicos.
- Berilio (**Be**) en niveles no detectables (<0,0003 mg/L) ratificando aguas de buena calidad sin presencia de metales tóxicos.
- Boro (**B**) en niveles no detectables (<0,104 mg/L) ratificando aguas de buena calidad sin presencia de metales tóxicos.
- Mercurio (**Hg**) en niveles no detectables (<0,00012 mg/L) ratificando aguas de buena calidad sin presencia de metales tóxicos.

De acuerdo a todos los antecedentes recopilados, analizados y constatados en este estudio, se considera necesaria y conveniente formular Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas de la cuenca hidrográfica Lago Fagnano-Río Azopardo-Río Betbeder, por cuanto existe planificación de actividades a desarrollar en la parte chilena de Tierra del Fuego, que se suman a las actividades existentes en la parte argentina de la isla, de las cuales no se tiene monitoreo. Un instrumento de gestión como las normas secundarias, permitirá el seguimiento sistemático de la calidad de las aguas, establecerá condiciones a las actividades que se instalen en la cuenca y contribuirá a proteger los servicios ecosistémicos que la misma brinda.

Se presenta en este estudio, la primera formulación respecto del contenido para el Anteproyecto de Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas de la cuenca hidrográfica Lago Fagnano-Río Azopardo-Río Betbeder, considerando como

cauce principal de la red fluvial al Río Azopardo, integrada además por el Río Betbeder y el Lago Fagnano.

La propuesta de cuerpo normativo incluye tres áreas de vigilancia: AZ1, ubicada antes de la desembocadura en el Seno Almirantazgo, AZ2 ubicada aguas debajo de la naciente del Río Azopardo en el Lago Fagnano y AZ3 ubicada en la salida del Lago Fagnano, en la naciente del Río Azopardo.

Se proponen otras siete áreas de vigilancia para incluir en el Programa de Vigilancia, por cuanto no hay registros históricos que permitan asignar valores normativos a estos sectores.

La propuesta normativa entregada, se basa en la aplicación de la metodología para el diagnóstico y clasificación de los cuerpos de agua según objetivos de calidad, propuesta y utilizada por DGA, cuyos resultados para esta cuenca, han sido complementados con las experiencias obtenidas del presente estudio.

La información disponible desde el monitoreo histórico que realiza la DGA, si bien entrega datos históricos de 10 años, requiere optimizar los límites de detección de algunos de los parámetros analizados, considerar los tributarios y la cuenca en su conjunto y aumentar la frecuencia de análisis, combinado con condiciones seguras de trabajo especialmente durante el invierno.

Por otra parte, los resultados entregados por CENMA en este estudio, aportan nueva información sobre la composición de las aguas en la cuenca, pero requieren ser complementados con muestras tomadas en el tiempo para evaluar el comportamiento estacional de dichos parámetros en la cuenca.

No se establecen niveles normativos para el parámetro fundamental Temperatura, por cuanto es una condición de la naturaleza que no es viable regular, especialmente por las consecuencias no previstas actualmente del cambio climático global y la ausencia de registros en toda la cuenca. Sin embargo, las mediciones de temperatura del agua acompañan a todas las investigaciones que se ejecuten en el Programa de Vigilancia.

De acuerdo a la experiencia de CENMA en estudios similares, no es recomendable incluir parámetros de intervención antrópica en el cuerpo normativo de la cuenca hidrográfica Lago Fagnano-Río Azopardo-Río Betbeder, mientras las intervenciones humanas en la misma se mantengan en los niveles observados en este estudio. No obstante, mediciones de las concentraciones de metales en aguas podrían acompañar los estudios que se ejecuten en el Programa de Vigilancia, así como estudios de la composición química de los sedimentos y de los suelos en la cuenca.

En correspondencia con todo lo anterior, se presenta en este informe la propuesta de Anteproyecto de norma secundaria de calidad ambiental para la cuenca del Río Azopardo, conteniendo parámetros y niveles de calidad ambiental por áreas de vigilancia son los siguientes:

Compuestos elementos	Unidad	AZ-1	AZ-2	AZ-3
Físico y Químicos				
Conductividad Eléctrica	µS/cm	96	97	100
Oxígeno Disuelto	mg/L	8,60	8,40	7,2
pH	Unidad	7,1-7,3	7,3-7,5	7,5-7,6

Compuestos elementos	Unidad	AZ-1	AZ-2	AZ-3
Inorgánicos				
Amonio	mg/L	14,4	9,9	14,4
Cloruro	mg/L	25	25	25
Sulfato	mg/L	5	5	5
Nitrógeno de Nitrato	mg/L	0,50	0,50	0,50
Fosforo de Fosfato	mg/L	0,05	0,45	0,18
Microbiológicos				
Macroinvertebrados	Taxa	12	9	8
Clorofila	µg/L	3	3	3

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	1
2	ANTECEDENTES DEL PROBLEMA DE ESTUDIO	1
2.1	Normas Secundarias de Calidad Ambiental.....	2
2.2	Objetivo General.....	3
2.2.1	Objetivos Específicos	3
3	METODOLOGÍA	4
3.1	Caracterizar los servicios ecosistémicos de la cuenca hidrográfica Lago Fagnano - Río Betbeder – Río Azopardo.....	4
3.1.1	Delimitación y caracterización del socio-ecosistema	5
3.1.2	Identificación de las unidades suministradoras de servicios.....	5
3.1.3	Identificación de los beneficiarios de eco-servicios	5
3.1.4	Identificación de los servicios de los ecosistemas	6
3.2	Caracterizar las amenazas a la biodiversidad asociada a la prestación de los principales servicios ecosistémicos.....	6
3.3	Elaborar una línea base de parámetros de calidad del agua de la cuenca hidrográfica Lago Fagnano – Río Betbeder – Río Azopardo.....	7
3.3.1	Revisión y análisis documental	7
3.3.2	Análisis de la presencia de fuentes contaminantes y determinación de la calidad del agua de la cuenca.....	8
3.3.3	Determinación de indicadores biológicos	8
3.3.4	Planificación de Campañas de terreno.....	9
3.3.5	Análisis de parámetros físico químicos y biológicos	9
3.3.6	Identificación de las condiciones del estado actual de la calidad del agua de la cuenca.....	9
3.4	Analizar la necesidad de elaborar normas secundarias de calidad para la cuenca hidrográfica Lago Fagnano - Río Betbeder – Río Azopardo.	9
4	CARACTERIZACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA LAGO FAGNANO - RÍO BETBEDER – RÍO AZOPARDO.....	10
4.1	Revisión y análisis documental de información secundaria para determinar el estado del arte de los servicios ecosistémicos asociados.....	10
4.1.1	Antecedentes de servicios ecosistémicos	11
4.1.2	Clasificación de servicios ecosistémicos	13
4.1.3	Características ambientales	16
4.1.4	Delimitación y caracterización del socio-ecosistema	34
4.1.5	Identificación de las unidades suministradoras de servicios.....	42
4.1.6	Identificación de los beneficiarios de eco-servicios	42

4.1.7	Identificación de los servicios de los ecosistemas	43
4.2	Reuniones de Planificación de Campaña de Terreno N°1	43
4.2.1	Reuniones de trabajo y ajuste con la contraparte técnica del proyecto	43
4.3	Campaña de Terreno N°1	43
4.3.1	Identificación en terreno de los servicios ecosistémicos asociados a la cuenca.	46
4.3.2	Caracterización de la cuenca (sistema físico natural, sistemas humanos y uso de suelo).....	65
4.4	Reuniones de Planificación de Campaña de Terreno N°2	67
4.4.1	Reuniones de trabajo y ajuste con la contraparte técnica del proyecto	67
4.5	Campaña de terreno N°2	68
4.5.1	Elaboración de Plan de Muestreo considerando cambios estacionales y número representativo de muestras, fuentes de descarga puntuales y difusas	68
4.5.2	Desarrollo de Campaña de Terreno N°2	68
4.5.3	Verificación en terreno de los servicios ecosistémicos identificados en la cuenca.	70
5	IDENTIFICACIÓN DE LAS AMENAZAS PARA LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE LA CUENCA DEL RÍO AZOPARDO	84
5.1	Identificación de las amenazas por medio de revisión bibliográfica y antecedentes relevantes.....	84
5.1.1	Amenazas por cambio climático.....	85
5.1.2	Amenazas por cambio de uso de suelo (pérdidas de suelo y praderas).....	85
5.1.3	Amenazas por explotación de las turberas.....	86
5.1.4	Amenazas por explotación de bosque.....	86
5.1.5	Amenazas al recurso hídrico	86
5.1.6	Amenazas por introducción de especies	87
5.2	Identificación de las amenazas por medio de observaciones durante campañas de terreno.....	88
5.2.1	Amenazas a la biodiversidad.....	88
5.2.2	Amenazas por cambio climático.....	88
5.2.3	Amenazas por cambio de uso de suelo.....	88
5.2.4	Amenazas por explotación de turberas y bosques	89
5.2.5	Amenazas al recurso hídrico por contaminación de aguas.....	89
5.2.6	Amenazas al recurso hídrico por alteraciones morfológicas.....	89
5.2.7	Amenazas por introducción de especies	89

5.2.8	Caracterización del nivel de impacto de las amenazas actuales y potenciales identificadas sobre la biodiversidad y el recurso hídrico	90
5.2.9	Áreas de relevancia ambiental cuenca hidrográfica del Lago Fagnano-Río Azopardo -Río Betbeder	90
6	ELABORAR UNA LÍNEA BASE DE PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA LAGO FAGNANO - RÍO BETBEDER – RÍO AZOPARDO....	90
6.1	Sistematización de la información topográfica e hidrológica de la cuenca, incluyendo el análisis de la presencia de fuentes contaminantes puntuales, difusas, usos de suelos, calidad de agua y presiones hidromorfológicas	90
6.1.1	Revisión y análisis documental de la información topográfica e hidrológica de la cuenca.....	90
6.1.2	Análisis de la presencia de fuentes contaminantes puntuales, difusas, usos de suelos, calidad de agua y presiones hidromorfológicas.	94
6.1.3	Desarrollo de cartografía.....	95
6.2	Determinación de indicadores biológicos.....	95
6.3	Reunión planificación terreno.....	96
6.4	Campaña de muestreo N°1	96
6.4.1	Diseño del muestreo	96
6.4.2	Elaboración del Plan de Muestreo Campaña N° 1.....	98
6.4.3	Desarrollo de Campaña N°1 de muestreo de aguas e indicadores biológicos.....	98
6.4.4	Análisis fisicoquímicos Campaña de muestreo N°1.....	98
6.4.5	Análisis de parámetros biológicos Campaña N°1	101
6.6	Campaña de muestreo N° 2.....	106
6.6.1	Elaboración de Plan de Muestreo considerando cambios estacionales y número representativo de muestras, así como fuentes de descarga puntuales y difusas	106
6.6.2	Desarrollo de Campaña muestreo N° 2.....	106
6.6.3	Análisis de parámetros físico químicos y biológicos Campaña N°2.....	106
6.6.4	Indicadores físico químicos	108
7	APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA EL DIAGNÓSTICO Y CLASIFICACIÓN DE LOS CUERPOS DE AGUA SEGÚN OBJETIVOS DE CALIDAD.....	110
7.1	Etapa I: Elección de la cuenca y definición de cauces	110
7.2	Etapa II: Caracterización de la cuenca.....	110
7.2.1	Cartografía y segmentación:	110
7.2.2	Caracterización de la cuenca	110
7.3	Etapa III: Establecimiento de la base de datos	111
7.3.1	Información fluviométrica:	111

7.3.2	Usos del agua:	111
7.3.3	Descargas:.....	112
7.3.4	Datos de calidad de agua:.....	112
7.4	Etapa IV: Análisis y procesamiento de la información, considerando:.....	112
7.4.1	Información fluviométrica.	112
7.5	Información de calidad del agua	112
7.5.1	Selección de parámetros.....	112
7.5.2	Asignación de Clases de Calidad Actual	140
7.5.3	Definición de la calidad actual y natural de los cursos superficiales	144
8	ANÁLISIS DE LA NECESIDAD DE ELABORAR NORMA SECUNDARIA DE CALIDAD AMBIENTAL PARA LA CUENCA HIDROGRÁFICA LAGO FAGNANO – RÍO BETBEDER – RÍO AZOPARDO	145
8.1	FUNDAMENTACIÓN	145
8.2	ANTECEDENTES GENERALES	146
8.3	OBJETIVOS DE CALIDAD SECUNDARIA Y PROTECCIÓN AMBIENTAL	146
8.4	DISPOSICIONES GENERALES	147
8.5	DEFINICIONES	147
8.6	NIVELES DE CALIDAD AMBIENTAL POR ÁREAS DE VIGILANCIA	148
8.7	PROGRAMA DE VIGILANCIA	151
8.8	METODOLOGÍAS DE MUESTREO Y ANÁLISIS.....	151
8.9	CUMPLIMIENTO Y EXCEDENCIAS.....	152
8.10	FISCALIZACIÓN.....	152
8.11	INFORME DE CALIDAD.....	153
8.12	VIGENCIA	153
9	CONCLUSIONES	154
10	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	159

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Temas a considerar en el levantamiento de información de la Cuenca Hidrográfica del Lago Fagnano- Río Betbeder- Río Azopardo	7
Tabla 2: Ejemplos de servicios ecosistémicos de provisión	14
Tabla 3: Ejemplos de servicios ecosistémicos de regulación	15
Tabla 4. Ejemplo de servicios ecosistémicos culturales	15
Tabla 5: Funciones ecosistémicas de soporte.....	16
Tabla 6: Afluentes del Lago Fagnano	19
Tabla 7: Datos meteorológicos en estaciones cercanas al área de estudio	34

Tabla 8: Superficie por tipo de uso de suelo Área de Influencia Directa.....	39
Tabla 9: Servicios suministrados por el ecosistema	43
Tabla 10: Ubicación efectiva de los puntos de muestreo y evaluación de servicios ecosistémicos. Campaña N° 1	46
Tabla 11: Información registrada en terreno Desembocadura Río Azopardo	47
Tabla 12: Información registrada en terreno punto intermedio Río Azopardo.....	49
Tabla 13: Información registrada en terreno punto naciente Río Azopardo.....	51
Tabla 14: Información registrada en terreno ribera noroeste del Lago Fagnano (FA-1) ...	53
Tabla 15: Información registrada en terreno ribera norte Lago Fagnano (FA-2).....	55
Tabla 16: Información registrada en terreno ribera sur Lago Fagnano (FA-3).....	57
Tabla 17: Información registrada en terreno punto BE-1 Río Betbeder	59
Tabla 18: Información registrada en terreno punto BE-2 río Betbeder	61
Tabla 19: Información registrada en terreno punto BE-3.....	63
Tabla 20: Ubicación efectiva de los puntos de muestreo y evaluación de servicios ecosistémicos. Campaña N° 2	70
Tabla 21: Información registrada en terreno Río Toledo	82
Tabla 22 Resultados de mediciones en terreno con Sondamultiparámetros. Campaña N° 1.	99
Tabla 23: Resultados de mediciones N-NO ₃ y P-PO ₄ de la Campaña 1 realizadas en Laboratorio Móvil en terreno	99
Tabla 24: Resultados del análisis de Aceites y Grasas, Hidrocarburos fijos, volátiles y totales	99
Tabla 25: Resultados del análisis de Cl, NO ₂ , SO ₄ , Detergentes (SAAM) y NH ₄ . Campaña N° 1.....	100
Tabla 26: Resultados del análisis de la demanda química (DQO) y de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅). Campaña N° 1.....	100
Tabla 27: Resultados del análisis de metales totales Campaña N° 1	100
Tabla 28: Organismos focales y su clasificación funcional	102
Tabla 29: Resultados del análisis de macroinvertebrados	103
Tabla 30: Grupos funcionales de macroinvertebrados presentes en los cuerpos de agua analizados	104
Tabla 31 Resultados de mediciones en terreno con Sondamultiparámetros. Campaña N° 2	106
Tabla 32: Resultados de mediciones N-NO ₃ y P-PO ₄ de la Campaña N° 2 realizadas en Laboratorio Móvil en terreno	106
Tabla 33: Resultados de análisis de Aceites y Grasas, Hidrocarburos fijos, volátiles y totales. Campaña N° 2	107

Tabla 34: Resultados del análisis de Cl, NO ₂ , SO ₄ , Detergentes (SAAM) y NH ₄ . Campaña N° 2.....	107
Tabla 35: Resultados del análisis de la demanda química (DQO) y de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅). Campaña N° 2.....	108
Tabla 36: Resultados del análisis de metales totales. Campaña N° 2.....	108
Tabla 37: Indicadores fisicoquímicos	109
Tabla 38: Segmentación de tramos de cuerpos de agua estudiados	110
Tabla 39: Usos del agua identificados	111
Tabla 40: Estadígrafos de la data fluviométrica estación Azopardo desembocadura DGA	112
Tabla 41: Lista de Parámetros minitoreados por la DGA en la Estación Azopardo desembocadura	113
Tabla 42: Valor del Parámetro Temperatura por Períodos Estacionales	115
Tabla 43: Valor del Parámetro pH por Períodos Estacionales.....	115
Tabla 44: Valor del Parámetro Conductividad Eléctrica por Períodos Estacionales	116
Tabla 45: Valor del Parámetro Oxígeno disuelto por Períodos Estacionales.....	116
Tabla 46: Valor del Parámetro Nitrógeno de Nitrato (N-NO ₃) por Períodos Estacionales.....	117
Tabla 47: Valor del Parámetro Demanda Química de Oxígeno (DQO) por Períodos Estacionales	117
Tabla 48: Valor del Parámetro Cloruros por Períodos Estacionales.....	118
Tabla 49: Valor del Parámetro Sulfatos por Períodos Estacionales	118
Tabla 50: Valor del Parámetro Nitrógeno de Nitrito y Nitrato por Períodos Estacionales	119
Tabla 51: Valor del Parámetro Fósforo de Orto fosfato por Períodos Estacionales.....	119
Tabla 52: Valor del Parámetro Fosforo de Fosfato por Períodos Estacionales.....	119
Tabla 53: Valor del Parámetro Sodio Total por Períodos Estacionales	120
Tabla 54: Valor del Parámetro Potasio Total por Períodos Estacionales.....	120
Tabla 55: Valor del Parámetro Calcio Total por Períodos Estacionales	120
Tabla 56: Valor del Parámetro Magnesio Total por Períodos Estacionales	120
Tabla 57: Valor del Parámetro Razón de Absorción de Sodio por Períodos Estacionales	121
Tabla 58: Valor del Parámetro Sodio Disuelto por Períodos Estacionales	121
Tabla 59: Valor del Parámetro Potasio Disuelto por Períodos Estacionales.....	121
Tabla 60: Valor del Parámetro Magnesio Disuelto por Períodos Estacionales	121
Tabla 61: Valor del Parámetro Zinc Total por Períodos Estacionales.....	122
Tabla 62: Valor del Parámetro Arsénico Total por Períodos Estacionales.....	122
Tabla 63: Valor del Parámetro Al Total por Períodos Estacionales	123

Tabla 64: Valor del Parámetro Se Total por Períodos Estacionales	123
Tabla 65: Valor del Parámetro Manganeso Total por Períodos Estacionales	124
Tabla 66: Valor del Parámetro Plata Total por Períodos Estacionales	124
Tabla 67: Valor del Parámetro Bario Total por Períodos Estacionales	125
Tabla 68: Valor del Parámetro Cobalto Total por Períodos Estacionales	125
Tabla 69: Valor del Parámetro Molibdeno Total por Períodos Estacionales	126
Tabla 70: Valor del Parámetro Fe por Períodos Estacionales	126
Tabla 71: Valor del Parámetro DBO ₅ por Períodos Estacionales	127
Tabla 72: Valor del Parámetro SAAM por Períodos Estacionales	127
Tabla 73: Valor del Parámetro Nitrito por Períodos Estacionales	128
Tabla 74: Valor del Parámetro Amonio por Períodos Estacionales	128
Tabla 75: Factores incidentes en la calidad del agua en la cuenca	129
Tabla 76: Asignación de Clases de Calidad Actual	141
Tabla 77: Valores estacionales máximos de los parámetros en la cuenca en estudio....	144
Tabla 78: Coordenadas propuestas para el área de vigilancia	149
Tabla 79: Áreas de observación	149
Tabla 80: Niveles de Calidad Ambiental por Áreas de Vigilancia	150
Tabla 81: Métodos de muestreo	151
Tabla 82: Metodologías de análisis	151

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Marco conceptual de la metodología	4
Ilustración 2: Metodología de priorización de actores sociales	6
Ilustración 3: Marco conceptual para la caracterización de las amenazas actuales y futuras a los servicios ecosistémicos identificados	7
Ilustración 4: Niveles de integración de los ecosistemas	10
Ilustración 5: Relaciones entre seres vivos y el medio ambiente	11
Ilustración 6: Ejemplos de los distintos servicios ecosistémicos	13
Ilustración 7: Clasificación de los servicios ecosistémicos	14
Ilustración 8: Mapa de localización del Área de estudio (AE) dentro de la Región de Magallanes y Antártica chilena.	17
Ilustración 9: Lago Fagnano	20
Ilustración 10: Caleta María	21
Ilustración 11: Naciente Río Azopardo	23
Ilustración 12: Río Fontaine	24

Ilustración 13: Desembocadura del Río Betbeder en el Lago Fagnano.....	25
Ilustración 14: Suelo cuenca Río Azopardo	28
Ilustración 15: Avifauna sector cuenca río Betbeder	29
Ilustración 16: Bosques y turba sector Río Betbeder.....	31
Ilustración 17: Máximos media mensual estación meteorológica de Puerto Williams.....	32
Ilustración 18: Precipitación media mensual en Puerto Williams	32
Ilustración 19: Viento máximo registrado cada mes en Puerto Williams.....	33
Ilustración 20: Mapa de la ubicación detallada del Área de Estudio (AE) y sus principales integrantes.....	35
Ilustración 21: Estancia Lago Fagnano	36
Ilustración 22: Mapa localización general de asentamientos humanos cercanos al área de estudio	38
Ilustración 23: Área de proyecto Aeródromo Caleta María	39
Ilustración 24: Mapa infraestructura presente en el área de estudio	41
Ilustración 25: Mapa ubicación efectiva de los puntos de muestreo Campaña de terreno N° 1	45
Ilustración 26: Punto de muestreo AZ-1	48
Ilustración 27: Punto de muestreo AZ-2.....	50
Ilustración 28: Punto de muestreo AZ-3.....	52
Ilustración 29: Punto de muestreo FA-1	54
Ilustración 30: Punto de muestreo FA-2.....	56
Ilustración 31: Punto de muestreo FA-3.....	58
Ilustración 32: Punto de muestreo BE-1.....	60
Ilustración 33: Punto de muestreo BE-2.....	62
Ilustración 34: Punto de muestreo BE-3.....	64
Ilustración 35: Mapa ubicación efectiva de los puntos de muestreo Campaña N° 2.....	69
Ilustración 36: Punto de muestreo AZ-1 C2	71
Ilustración 37: Caleta María	72
Ilustración 38: Río Fontaine	73
Ilustración 39: Punto de muestreo AZ-2 C2	74
Ilustración 40: Punto de muestreo AZ-3 C2	75
Ilustración 41: Punto de muestreo FA-1 C2	76
Ilustración 42: Punto de muestreo FA-2 C2	77
Ilustración 43: Punto de muestreo FA-3 C2	78
Ilustración 44: Punto de muestreo BE-1 C2	79

Ilustración 45: Punto de muestreo BE-2 C2	80
Ilustración 46: Punto de muestreo BE-3 C2	81
Ilustración 47: Punto de muestreo Río Toledo	83
Ilustración 48: Madriguera y dique de castor observados en Río Betbeder.....	90
Ilustración 49: Mapa hidrología y curvas de nivel del Área de Estudio	93
Ilustración 50: Mapa distribución teórica de los puntos de muestreo. Campaña N° 1.....	97
Ilustración 51: Toma de muestras para análisis físico químicos y biológicos.	98
Ilustración 52: Concentraciones de Clorofila a en las estaciones de muestreo. Noviembre de 2015.....	103
Ilustración 53: Proporción de grupos tróficos de macroinvertebrados bentónicos en la cuenca en estudio.....	105
Ilustración 54: Comportamiento espacio-temporal de Al	130
Ilustración 55: Comportamiento espacio-temporal de Cl ⁻	130
Ilustración 56: Comportamiento espacio-temporal de Ca	131
Ilustración 57: Comportamiento espacio-temporal de CE	131
Ilustración 58: Comportamiento espacio-temporal del DQO.....	132
Ilustración 59: Comportamiento espacio-temporal de Fe	132
Ilustración 60: Comportamiento espacio-temporal de Mg	133
Ilustración 61: Comportamiento espacio-temporal de OD	133
Ilustración 62: Comportamiento espacio-temporal de pH.....	134
Ilustración 63: Comportamiento espacio-temporal de K	134
Ilustración 64: Comportamiento espacio-temporal de RAS	135
Ilustración 65: Comportamiento espacio-temporal de Na	135
Ilustración 66: Comportamiento espacio-temporal de SO ₄ ⁻²	136
Ilustración 67: Comportamiento espacio-temporal de T°	136
Ilustración 68: Comportamiento espacio-temporal de Zn	137
Ilustración 69: Comportamiento espacio-temporal de Al	138
Ilustración 70: Comportamiento espacio-temporal de Mn	138
Ilustración 71: Comportamiento espacio-temporal de Fe	139
Ilustración 72: Comportamiento espacial de OD	139

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Plan de Muestreo Campaña 1 PM/N°005-2015

Anexo B: Plan de Muestreo Campaña 2 PM/N°004-2016

Anexo C: Minutas de reunión

Anexo D: Geodatabase

Anexo E: Informes de análisis

Anexo F: F.1: Data Monitoreo fisicoquímico estación Río Azopardo en
Desembocadura

F.2: Data fluviométrica estación Río Azopardo en Desembocadura

1 INTRODUCCIÓN

El presente documento constituye el Informe Final del estudio denominado **"DIAGNÓSTICO SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA DEL RÍO AZOPARDO"**, (ID 612543-4-LE15), ejecutado por el Centro Nacional del Medio Ambiente, para la Subsecretaría de Medio Ambiente, Secretaría Regional Ministerial, Región de Magallanes y Antártica Chilena.

2 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA DE ESTUDIO

El alto valor de los componentes ambientales y el potencial desarrollo del turismo de naturaleza que presenta el territorio conocido como Lago Fagnano- Caleta María, principalmente el sector de la Cuenca hidrográfica Lago Fagnano – Río Betbeder – Río Azopardo, ubicado en la Tierra del Fuego chilena, hace imperiosa la necesidad de implementar medidas que permitan la protección del ecosistema acuático asociado a la cuenca y orienten inversiones que permitan maximizar los beneficios de los recursos contenidos en los ecosistemas en un esquema de desarrollo sustentable.

La porción chilena de la cuenca hidrográfica comprende al Lago Fagnano y sus tributarios, entre los cuales cuenta el río Betbeder y el desagüe del Lago hacia el Seno Almirantazgo, representado por el Río Azopardo y sus tributarios. Junto con el valor de los recursos forestales y paisajísticos, las turberas y el propio valor del recurso hídrico, la cuenca contiene importantes recursos para la pesca recreativa.

La porción chilena de la cuenca evidencia bajos niveles de intervención antrópica asociados principalmente a la antigua explotación forestal y ganadera, y más recientemente al desarrollo turístico de la pesca recreativa y la construcción de la Senda Vicuña – Yendegaia. Se proyecta un incremento de esta intervención con la instalación de infraestructura turística en la ribera sur del Río Azopardo; el asentamiento de una villa en la ribera suroeste del Lago Fagnano donde se proyectan servicios de apoyo al turismo, dependencias para los Órganos de la Administración del Estado, habitaciones para las personas naturales y delegaciones de la Municipalidad de Timaukei; además, en las proximidades de la desembocadura del Río Azopardo están proyectadas la habilitación de una rampa, un aeródromo y dependencias para los operadores de naves y recepción de pasajeros. Por su parte la porción trasandina de la cuenca presenta mayores niveles de intervención antrópica, debido a que a las actividades identificadas en la porción chilena se agrega la explotación del bosque para la producción de leña, la explotación de turba, la navegación turística, y el emplazamiento del poblado de Tolhuin en la ribera del Lago Fagnano, cuya población asciende a los 3.000 habitantes y no cuentan con planta de tratamiento de aguas servidas, que indirectamente son vertidas al lago.

La Dirección General de Aguas (DGA) ha ejecutado registro de algunos parámetros descriptivos del recurso hídrico en la cuenca, y se han realizado estudios orientados a caracterizar el potencial para la pesca recreativa y de planificación territorial focalizados en el desarrollo turístico. Sin embargo, no se han realizado estudios específicos orientados a caracterizar los servicios ecosistémicos, la caracterización de la calidad ambiental del recurso hídrico y las amenazas actuales a la biodiversidad y a la provisión de servicios ecosistémicos.

Existen dos instrumentos de gestión ambiental que en forma complementaria permiten otorgar algún nivel de protección al ecosistema acuático asociado a la Cuenca Hidrográfica Lago Fagnano – Río Betbeder – Río Azopardo y al mismo tiempo, orientar el desarrollo sustentable de las actividades económicas compatibles con la imagen objetivo turística que se ha construido para el territorio Lago Fagnano - Caleta María. Estos instrumentos descritos como Norma Secundaria de Calidad Ambiental (Ley 19.300 Sobre Bases Generales del Medio Ambiente) y Área preferencial para la Pesca Recreativa (Ley 20.256 Establece Normas Sobre Pesca

Recreativa), permiten la protección o conservación de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, las características del recurso hídrico y de los recursos hidrobiológicos.

2.1 Normas Secundarias de Calidad Ambiental

El Decreto 38/2013¹, que Aprueba Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad ambiental y de Emisión, establece en su Artículo 3º que "Las normas secundarias de calidad ambiental son aquellas que establecen los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos, permisibles de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la protección o conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza".

Este decreto describe el procedimiento administrativo para la dictación de las normas, el cual incluye la realización de estudios científicos, análisis técnico y económico, y consulta a organismos competentes públicos y privados. La coordinación del procedimiento de dictación y del programa de vigilancia corresponde al Ministerio del Medio Ambiente.

En Chile, la primera experiencia de dictación y aplicación de Normas Secundarias de Calidad Ambiental para una cuenca hidrográfica, se realizó en la Región de Magallanes y Antártica Chilena, y corresponde a las "Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Superficiales de la Cuenca del Río Serrano" en la Provincia de la Última Esperanza. Los atributos ambientales y las actividades productivas desarrolladas en la cuenca del Río Serrano son equivalentes a las que se proyectan para la Cuenca Hidrográfica Lago Fagnano- -Río Betbeder – Río Azopardo, entre las cuales cuentan, recursos para la pesca recreativa, infraestructura de apoyo al desarrollo de actividades turísticas y el emplazamiento en su ribera del Pueblito del Río Serrano. Ambas corresponden a cuencas prístinas, con bajo nivel de intervención antropogénica, que deben ser conservadas en tales condiciones, sin que ello signifique restringir el desarrollo económico y social de la zona.

El objetivo general de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Superficiales de la Cuenca del Río Serrano es "proteger y mantener cuerpos o cursos de agua de calidad excepcional en la Cuenca del Río Serrano que asegure sus cualidades como sitio de valor ambiental, escénico y turístico, de manera de salvaguardar el aprovechamiento del recurso hídrico, las comunidades acuáticas y los ecosistemas, maximizando los beneficios ambientales, sociales y económicos".

Las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Superficiales de la Cuenca del Río Serrano, en la práctica constituyen un mecanismo que regula la capacidad de carga de proyectos o actividades que puedan alterar significativamente la estructura y funcionamiento del ecosistema, lo cual concuerda con los que se persiguen para la Cuenca Hidrográfica Lago Fagnano- -Río Betbeder – Río Azopardo: la protección ambiental de la misma y a la vez potenciar el desarrollo sustentable de actividades productivas coherentes con la imagen objetivo del territorio de interés.

Es en este contexto que se requiere un diagnóstico de los servicios ecosistémicos y de la calidad ambiental actual de la Cuenca Hidrográfica Lago Fagnano- -Río Betbeder – Río Azopardo que permita determinar el valor ambiental de territorio, caracterizar la biodiversidad y analizar la necesidad de elaborar normas secundarias de calidad ambiental para la cuenca.

¹ Disponible en <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1053036&idParte=0>

2.2 Objetivo General

De acuerdo a lo planteado en las bases técnicas de la licitación, el objetivo general del presente estudio es elaborar un diagnóstico de los servicios ecosistémicos y la calidad ambiental de la Cuenca Hidrográfica Lago Fagnano - Río Betbeder – Río Azopardo.

2.2.1 Objetivos Específicos

Los objetivos específicos planteados en las bases técnicas del presente estudio son:

1. Caracterizar los servicios ecosistémicos de la Cuenca Hidrográfica Lago Fagnano - Río Betbeder – Río Azopardo.
2. Caracterizar las amenazas a la biodiversidad asociadas a la prestación de los principales servicios ecosistémicos.
3. Elaborar una línea base de parámetros de calidad del agua de la Cuenca Hidrográfica Lago Fagnano - Río Betbeder – Río Azopardo.
4. Analizar la necesidad de elaborar normas secundarias de calidad ambiental para la Cuenca Hidrográfica Lago Fagnano - Río Betbeder – Río Azopardo.

3 METODOLOGÍA

A continuación, se detalla la metodología utilizada para lograr los objetivos planteados:

3.1 Caracterizar los servicios ecosistémicos de la cuenca hidrográfica Lago Fagnano - Río Betbeder – Río Azopardo

La metodología utilizada en este estudio, está basada en un enfoque multiescala según los lineamientos descritos en el documento "Funciones y servicios de los ecosistemas: una herramienta para la gestión de los espacios naturales"², (Ilustración 1). Los ecosistemas y la biodiversidad que éstos albergan, proveen la plataforma básica para mantener las funciones de los ecosistemas. ¿Cuánta y cómo es la estructura esencial para proveer al ser humano de los eco-servicios necesarios para el mantenimiento de su bienestar?. El marco metodológico propuesto persigue responder esta pregunta y generar información válida para la gestión de espacios naturales, sobre la base de los siguientes pasos: (1) la caracterización de socioecosistemas, (2) la identificación de las unidades suministradoras de servicios ecosistémicos, (3) la identificación de los actores sociales (beneficiarios de los ecoservicios), (4) la identificación de los ecoservicios. La valoración monetaria de eco-servicios y el Análisis de trade-off entre actores sociales y eco-servicios, e identificación de posibles conflictos sociales están fuera del alcance del presente estudio.

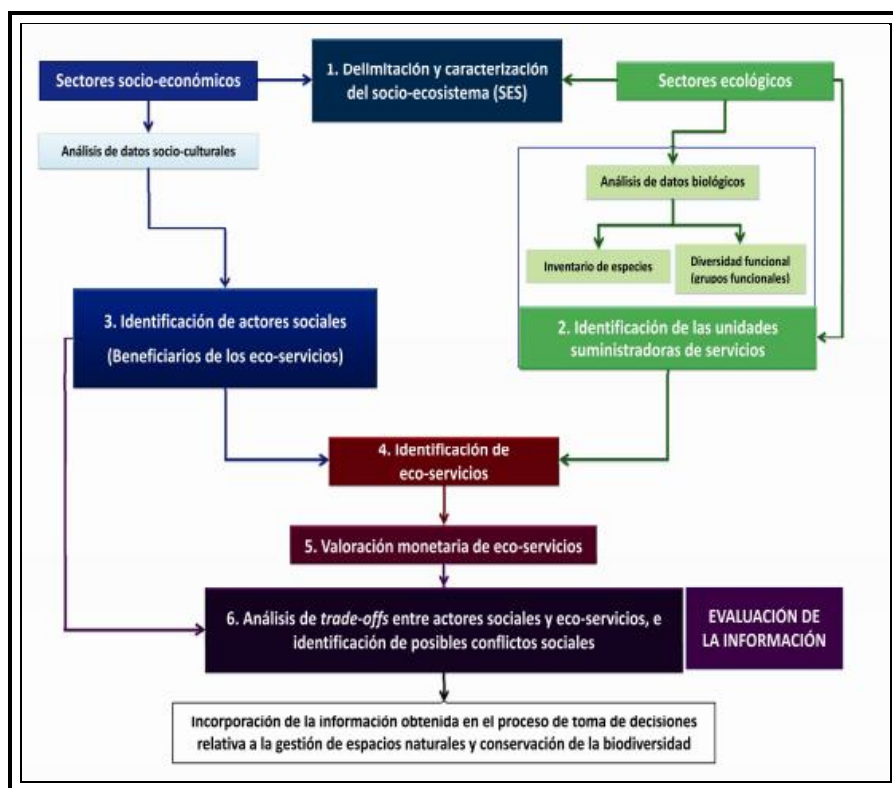


Ilustración 1: Marco conceptual de la metodología

Fuente: Funciones y servicios de los ecosistemas: una herramienta para la gestión de los espacios naturales. UAM.

² Berta Martín-López, Carlos Montes. 2014. Funciones y servicios de los ecosistemas: una herramienta para la gestión de los espacios naturales. Departamento de Ecología. Universidad Autónoma de Madrid (UAM). España.

3.1.1 Delimitación y caracterización del socio-ecosistema

El trabajo con los socio-ecosistemas requiere la identificación previa de los sectores ecológicos y socio-económicos (Liu et al., 2007), es decir una sectorización ecológica y socio-económica. Por un lado, la sectorización ecológica consiste en una tipificación de los ecosistemas, es decir, en diferenciar sectores ambientales basados en su homogeneidad interna respecto a un conjunto de variables, así como en la heterogeneidad que, de acuerdo con estas variables, muestra el territorio para los sectores obtenidos, considerando a la cuenca analizada como unidad homogénea.

3.1.2 Identificación de las unidades suministradoras de servicios

Para evaluar qué servicios puede suministrar el ecosistema objeto de estudio se requiere conocer cuáles son las unidades suministradoras de servicios. Las unidades suministradoras de servicios pueden ser definidas como aquellos componentes de los ecosistemas que ejercen funciones, es decir, que tienen capacidad de proveer los servicios requeridos por los beneficiarios (Vandewalle et al., 2008). El concepto de unidades suministradoras de servicios originalmente se focalizaba en las poblaciones de especies (Luck et al., 2003). Sin embargo, reconociendo las dificultades de aplicar este concepto al nivel poblacional, las unidades suministradoras de servicios han sido redefinidas como aquellos organismos, colección de individuos de una o más especies, especies, grupos funcionales, caracteres funcionales, poblaciones o comunidades, que contribuyan a la provisión de un determinado servicio (Vandewalle et al., 2008).

3.1.3 Identificación de los beneficiarios de eco-servicios

Los beneficiarios de los servicios son definidos como aquellos actores sociales que se benefician (directa o indirectamente) de los servicios suministrados por los ecosistemas.

Un actor social es definido como aquella persona u organización con un particular interés en el uso o gestión de los servicios. Los actores sociales a su vez pueden tener dos papeles en relación con los servicios: un papel activo en tanto que controlan el manejo y gestión de los servicios, y un papel pasivo en tanto que se ven afectados (positiva o negativamente) por la gestión del flujo de servicios (De Groot et al., 2006; Ilustración 2). Por esta razón, se debe discernir cuáles son los actores sociales más importantes en función de su nivel de influencia sobre el suministro de los servicios, o en función del grado de importancia que los servicios tienen para ellos. El nivel de influencia se refiere al grado de control, acceso, o manejo que el grupo de actores sociales tiene sobre el eco-servicio. La importancia se refiere al grado de dependencia del grupo social con respecto al suministro del eco-servicio.

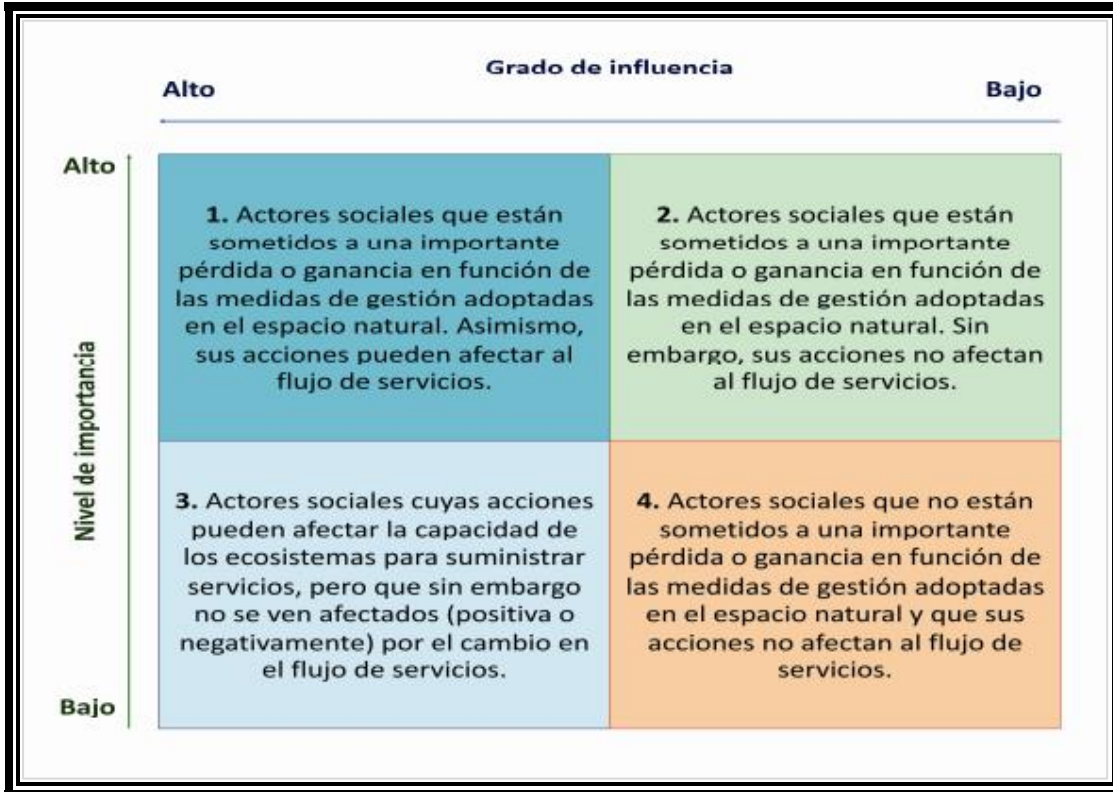


Ilustración 2: Metodología de priorización de actores sociales

Fuente: Funciones y servicios de los ecosistemas: una herramienta para la gestión de los espacios naturales. UAM.

3.1.4 Identificación de los servicios de los ecosistemas

En cuarto lugar, una vez que se conocen cuáles servicios pueden ser suministrados por el ecosistema y cuáles son los servicios demandados por el sistema social (beneficiarios), es posible evaluar cuál es el flujo de los ecoservicios que se genera o puede generar entre ecosistema y sistema socio-económico. En este punto, es necesario aclarar que frecuentemente, sobre todo en el caso de los servicios de abastecimiento, los beneficios obtenidos por el ser humano requieren de la implicación de capital de origen humano, y no sólo del capital natural. Por ejemplo, el alimento procedente de la agricultura requiere tanto de capital humano (conocimiento humano) como de capital manufacturado (tecnología).

3.2 Caracterizar las amenazas a la biodiversidad asociada a la prestación de los principales servicios ecosistémicos

Se recopilaban antecedentes desde la revisión bibliográfica y en terreno, los que según el marco metodológico señalado en la Ilustración 3, permitieron detallar los factores o amenazas indirectas y directas de cambio para los servicios ecosistémicos diferenciando de acuerdo a su escala temporal, los cambios actuales o futuros que se desencadenan a partir de estos factores (Ilustración 3).

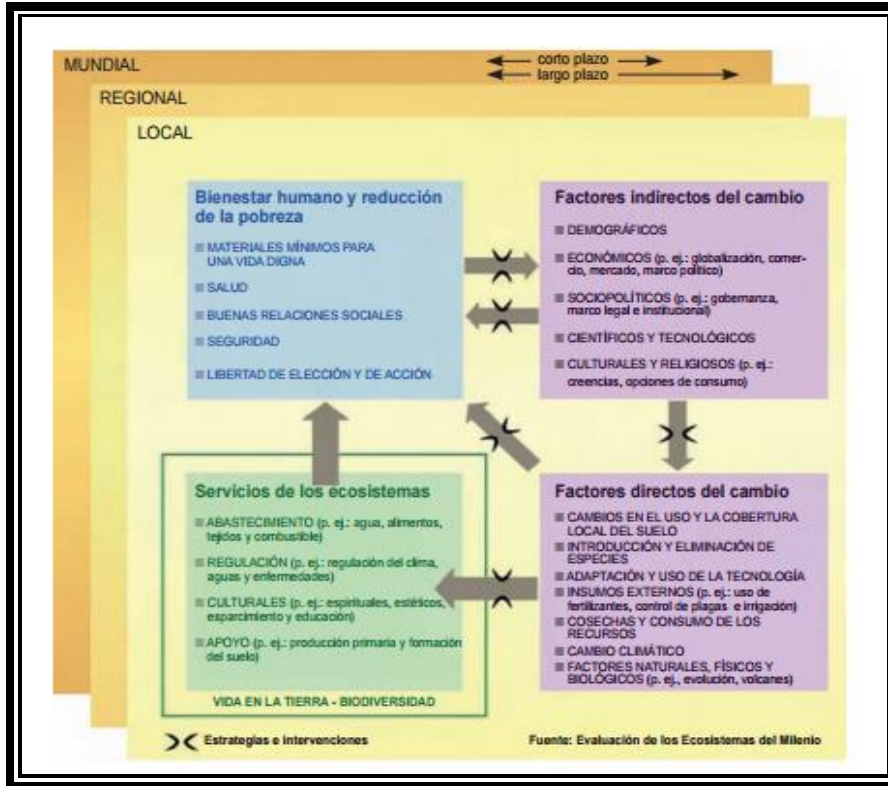


Ilustración 3: Marco conceptual para la caracterización de las amenazas actuales y futuras a los servicios ecosistémicos identificados

Fuente: Funciones y servicios de los ecosistemas: una herramienta para la gestión de los espacios naturales. UAM.

3.3 Elaborar una línea base de parámetros de calidad del agua de la cuenca hidrográfica Lago Fagnano – Río Betbeder – Río Azopardo

3.3.1 Revisión y análisis documental

Se realizó revisión y análisis documental de la información topográfica e hidrológica de la cuenca hidrográfica del Lago Fagnano- Río Betbeder- Río Azopardo, así como de las relaciones de interacción y los servicios ambientales, existentes en el área de estudio.

Para la caracterización de la cuenca hidrográfica se recopilaron antecedentes, conforme a los siguientes temas:

Tabla 1: Temas a considerar en el levantamiento de información de la Cuenca Hidrográfica del Lago Fagnano- Río Betbeder- Río Azopardo

TEMA	INFORMACIÓN / PARÁMETROS
Contexto regional	Recopilación de antecedentes
Contexto local	Investigación bibliográfica y propuesta metodológica para la determinación de los parámetros considerados en la línea base ambiental.
	Área de estudio (AE): Delimitar el AE en función de la asignación otorgada, además de considerar las condiciones fisiográficas y los Planes reguladores del sector.
	Presentar imágenes satelitales a escala 1:125,000 hasta 1:5,000 que permita la correcta visualización del AE
	Realizar recorridos previos, documentando con fotografías y video el estado actual del AE.

TEMA	INFORMACIÓN / PARÁMETROS
Geología y geomorfología	Descripción geológica del AE, considerando aspectos relevantes como las unidades morfológicas y características de Morfogénesis.
Recursos hídricos	Caracterización de las redes hídricas del AE por medio de la recopilación de antecedentes
	Caracterización de las cuencas hidrográficas por medio de la recopilación de antecedentes
	Caracterización de los usos y derechos de agua en el AE por medio de la recopilación de antecedentes
	Cartografía y segmentación
Caracterización del Suelo	Descripción de las condiciones geológicas, geo-hidrológicas e hidrológicas, basada en el análisis de la información recopilada
Fauna	Descripción de la fauna que componen los ecosistemas existentes, basada en el análisis de la información recopilada.
Flora y Vegetación	Descripción de la flora y vegetación que componen los ecosistemas existentes, basada en el análisis de la información recopilada.
Clima meteorología	Temperatura
	Precipitaciones
	Vientos
	Clima

Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Análisis de la presencia de fuentes contaminantes y determinación de la calidad del agua de la cuenca

El análisis de la presencia de fuentes contaminantes y determinación de la calidad del agua de la cuenca se realizó a partir de la siguiente información:

3.3.2.1 Caracterización de la cuenca:

Se realizó la identificación de la presencia de fuentes contaminantes puntuales, difusas, usos de suelos, calidad de agua y presiones hidromorfológicas en la Cuenca Hidrográfica del Lago Fagnano - Río Betbeder - Río Azopardo, considerando los siguientes aspectos fundamentales:

- Sistema físico natural
- Flora, vegetación y fauna
- Sistemas humanos
- Usos de suelo

3.3.3 Determinación de indicadores biológicos

Mediante literatura se establecieron aquellos indicadores biológicos que mejor puedan evidenciar el efecto de las actividades en la cuenca, de manera que sirvan como instrumentos de decisión y gestión a la autoridad, considerando lo siguiente: facilidad en la toma de datos y obtención de resultados, importancia ecológica, utilización a nivel mundial, desarrollo en Chile y desarrollo de índices que den cuenta de la calidad del sistema en evaluación.

3.3.4 Planificación de Campañas de terreno

Se diseñaron y ejecutaron dos campañas de terreno para el levantamiento de información y la obtención de muestras en la Cuenca Hidrográfica del Lago Fagnano- Río Betbeder- Río Azopardo de manera de identificar posibles cambios estacionales de la condición de calidad de agua en la cuenca, lo cual fue coordinado con la contraparte técnica de este estudio.

Las condiciones específicas del diseño del muestreo se establecieron en los respectivos Planes de Muestreo, que es el documento que recoge la planificación de todas las actividades de muestreo, incluyendo también las condiciones y detalles para la identificación, envase, preservación, transporte y almacenamiento de las muestras.

3.3.5 Análisis de parámetros físico químicos y biológicos

Se realizaron análisis de los siguientes parámetros físico químicos a muestras de agua superficial: conductividad eléctrica, pH, oxígeno disuelto, temperatura, cloruro, sulfato, aluminio, cadmio, cobre, cromo, hierro, manganeso, mercurio, molibdeno, níquel, plomo, selenio, zinc, coliformes fecales y totales, aceites y grasas, hidrocarburos fijos y totales, DBO₅, DQO, nitritos, nitratos, amonios, fosfatos y detergentes (sustancias activas al azul de metileno, SAAM)

CENMA cuenta con un Laboratorio Acreditado de acuerdo a la norma NCh-ISO 17025.Of2005 que cumple con el alcance en cuanto a los parámetros y su aplicación a muestras de agua continentales superficiales.

En casos específicos, donde se requiere externalizar análisis, se utilizan laboratorios acreditados de acuerdo a norma NCh-ISO 17025.Of2005 que cumplan con el alcance en cuanto a los parámetros y su aplicación a muestras de agua cruda (superficial).

3.3.6 Identificación de las condiciones del estado actual de la calidad del agua de la cuenca

La evaluación de la información obtenida permitió determinar el estado actual de la calidad del agua en la cuenca.

3.4 Analizar la necesidad de elaborar normas secundarias de calidad para la cuenca hidrográfica Lago Fagnano - Río Betbeder – Río Azopardo.

Sobre la necesidad de elaborar normas secundarias de calidad para la cuenca ene studio, la misma se estableció sobre la base de la información levantada y/o recopilada, agrupada en las siguientes áreas:

- Relevancia ambiental
- Perturbación de la biodiversidad
- Afectación de los principales servicios ecosistémicos

En base a los criterios descritos en el informe "Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad", realizado por DGA 2003 se analizó la necesidad y factibilidad técnica de implementar normas secundarias de calidad ambiental en esta cuenca.

Además se identificaron vacíos críticos de información y se entrega una propuesta de parámetros prioritarios a considerar en una eventual norma para esta cuenca.

4 CARACTERIZACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA LAGO FAGNANO - RÍO BETBEDER – RÍO AZOPARDO

4.1 Revisión y análisis documental de información secundaria para determinar el estado del arte de los servicios ecosistémicos asociados.

Para la caracterización de los servicios ecosistémicos entenderemos como ecosistema, un sistema natural que está formado por un conjunto de organismos vivos (biocenosis) y el medio físico donde se relacionan (biotopo). Un ecosistema es una unidad compuesta de organismos interdependientes que comparten el mismo hábitat. Los ecosistemas suelen formar una serie de cadenas que muestran la interdependencia de los organismos dentro del sistema. También se puede definir así: «Un ecosistema consiste de la comunidad biológica de un lugar y de los factores físicos y químicos que constituyen el ambiente abiótico». En las figuras siguientes se presentan esquemas que ilustran las relaciones entre los organismos interdependientes en los ecosistemas.

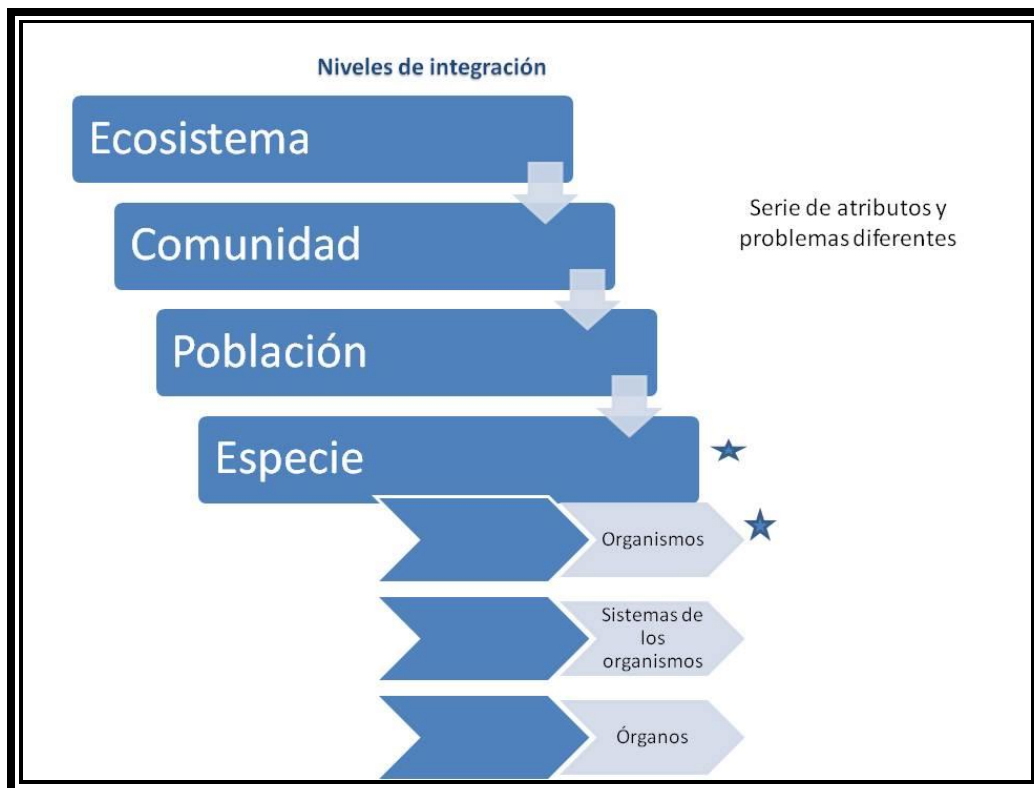


Ilustración 4: Niveles de integración de los ecosistemas
Fuente: LQA CENMA

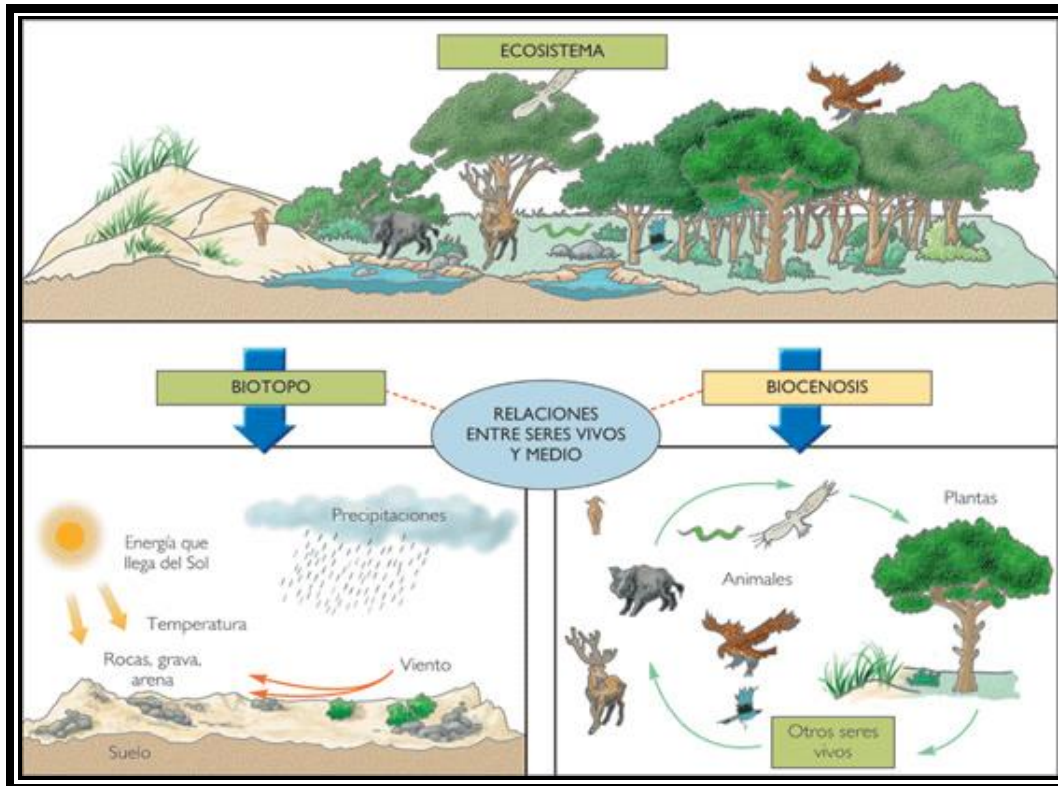


Ilustración 5: Relaciones entre seres vivos y el medio ambiente

Fuente: <http://www.portaleducativo.net/cuarto-basico/621/Ecosistema>

4.1.1 Antecedentes de servicios ecosistémicos

La naturaleza genera numerosos bienes y servicios que contribuyen al buen vivir y al bienestar de todos los seres humanos, además de permitirles el desarrollo de gran cantidad de actividades. Entre estos servicios vitales se encuentran el suministro de alimentos, el suministro de agua dulce, la captura de dióxido de carbono de la atmósfera, la protección de los suelos contra la erosión, entre otros (Sepúlveda, 2010).

El concepto de servicio ecosistémico surge a finales de los años 60 como una forma de dar a conocer y revelar ante la sociedad y quienes toman las decisiones, el vínculo directo que existe entre el bienestar humano y el mantenimiento de las funciones básicas del planeta (Balvanera y Cottler, 2007).

La primera formalización científica desde la ecología del término servicio ecosistémico fue la presentada por Daily (1997) en su libro titulado "Nature's Services" donde se define a los servicios ecosistémicos como "las condiciones y los procesos a partir de los cuales los ecosistemas y las especies mantienen y satisfacen la vida humana" (Montes, 2007). Dicha definición se centra principalmente en "las condiciones biofísicas cambiantes dentro de los ecosistemas, así como en las interacciones (procesos) entre éstas y sus componentes bióticos (especies)" (Balvanera y Cotler, 2007), señalando que un servicio ecosistémico depende de la estructura y de los procesos que componen un ecosistema en particular. Al respecto en el 2009 la Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) señala que un servicio ecosistémico es provisto por una unidad proveedora (ecosistema) y la calidad de este servicio depende del estado de conservación de estas unidades.

Un servicio ecosistémico está relacionado con los componentes vivos y no vivos que interactúan a través de flujos, como energía y nutrientes (De Groot *et al.*, 2002). Un servicio ecosistémico se origina en el funcionamiento de los ecosistemas y las diversas interacciones y procesos que en ellos ocurren, que derivan en "funciones ecosistémicas" las cuales pueden transformarse en "bienes y servicios ecosistémicos" al momento de ser utilizadas o valoradas por el hombre (De Groot *et al.*, 2002).

Costanza *et al.*, (1997), define a los servicios ecosistémicos como "la representación de los beneficios que la población humana obtiene directa o indirectamente de las funciones ecosistémicas". El servicio ecosistémico es un flujo de materia, energía e información desde un stock de capital natural que, combinado con un stock de capital manufacturado y humano, fluye o se traspa al ser humano como bienestar ofreciéndole alimentos, abasteciéndolo de agua, regulando gases y ciclando nutrientes. Esto determina que la traducción de una función a un servicio ecosistémico implica necesariamente la identificación de los beneficiarios, el tipo de utilización realizado, así como la localización espacio-temporal de su uso (Martín-López *et al.*, 2007).

A su vez, Millenium Ecosystem Assesment (2005) define los servicios ecosistémicos como aquellos beneficios que los seres humanos obtienen de funciones del ecosistema, y los clasifica en tres categorías: a) **de provisión**, tal como la producción de materias primas, de agua y combustibles, utilizadas directamente por los seres humanos; b) **de regulación y soporte**, relacionados con procesos que afectan el clima, los ciclos hidrológicos, los ciclos biogeoquímicos, la formación de suelos; y c) **de servicios culturales**, referidos a beneficios educativos, científicos, estéticos y artísticos.

Al respecto, Figueroa (2007) señala que **los servicios de provisión** incluyen productos o bienes tangibles que se obtienen de los ecosistemas, y que en su mayoría forman parte de un mercado estructurado; que **los servicios culturales** están muy ligados a los valores humanos, su identidad y su comportamiento. Respecto de los **servicios de regulación** menciona que entre ellos existen algunos llamados servicios de base o soporte, que son necesarios para el funcionamiento de los ecosistemas y para una adecuada producción de servicios ecosistémicos, y cuyo efecto sobre el bienestar de las personas y la sociedad se manifiesta en el largo plazo a través del impacto en la provisión de otros bienes y servicios ecosistémicos (como la regulación climática y la regulación hídrica).



Ilustración 6: Ejemplos de los distintos servicios ecosistémicos
<http://www.proyectomixteca.org.mx/servecos/>

4.1.2 Clasificación de servicios ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos se definen como “los beneficios que la población obtiene de los ecosistemas”. Su clasificación se realiza en función de propósitos puramente operacionales basado en cuatro líneas funcionales que incluyen servicios de soporte, regulación, aprovisionamiento y culturales (Ilustración 7), con la intención de facilitar la toma de decisiones.



Ilustración 7: Clasificación de los servicios ecosistémicos

Fuente: MA, 2005

4.1.2.1.1 Servicios de provisión (abastecimiento)

Corresponden a aquellos servicios que se obtienen directamente del ecosistema (Tabla 2).

Tabla 2: Ejemplos de servicios ecosistémicos de provisión

Categorías	Funciones ecosistémicas	Ejemplos de servicios ecosistémicos
Servicios ecosistémicos de provisión	Producción de alimentos	Frutos, raíces, pescados, hongos, algas, forraje
	Provisión de agua	Agua potable, agua para riego, aguas como insumo industrial, mantención de la salud humana
	Producción de materias primas	Pieles, cáñamo. Fibras, plantas tintóreas
	Producción de combustibles	Leña, turba
	Recursos genéticos	Información genética de plantas y animales salvajes
	Recursos medicinales	Plantas medicinales, biocidas
	Recursos ornamentales	Plantas, musgos con atributos ornamentales

Fuente: MMA, 2005

4.1.2.1.2 Servicios de regulación

Son todos aquellos beneficios obtenidos de la regulación de los procesos ecológicos. El mantenimiento de la calidad del aire y del suelo, el control de las inundaciones y enfermedades o la polinización de cultivos son algunos de los "servicios de regulación" proporcionados por los ecosistemas. A menudo son invisibles y, por consiguiente, en la mayoría de los casos se dan

por sentados. Cuando se ven dañados, las pérdidas resultantes pueden ser importantes y difíciles de recuperar.

Tabla 3: Ejemplos de servicios ecosistémicos de regulación

Categorías	Funciones ecosistémicas	Ejemplos de servicios ecosistémicos de regulación
Servicios ecosistémicos de regulación	Regulación de gases atmosféricos	Regulación de la composición química de la atmósfera, atención de la calidad del aire, captación de carbono, protección de la radiación UV
	Regulación climática	Regulación de la temperatura global, protección y mitigación contra inundaciones y sequías
	Regulación de disturbios ambientales	Capacidad de ríos y de los ecosistemas para responder ante fluctuaciones ambientales
	Regulación de los ciclos hidrológicos	Almacenamiento, circulación y descarga a cuerpos de agua, transporte de nutrientes, filtro de contaminación
	Formación de suelos	Mantenimiento de la calidad del suelo, acumulación de materia orgánica, meteorización de rocas
	Control de la erosión y retención de sedimentos	Control de la pérdida del suelo
	Regulación de nutrientes	Almacenaje y reciclaje de nutrientes, procesamiento de nutrientes, mantenimiento de ecosistemas productivos
	Tratamientos de desechos	Remoción del exceso de nutrientes y compuestos contaminantes, filtro de partículas contaminantes
	Polinización	Provisión de polinizadores para la reproducción de especies, rol de la biota en el movimiento de gameto, polinización de la flora nativa
	Centro biológico	Control de plagas, regulación de la dinámica trófica
Hábitat	Provisión de una diversidad de hábitat para movimiento y reproducción de especies residentes y migratorias	

Fuente: MA, 2005

4.1.2.1.3 Servicios culturales

Los beneficios no materiales que las personas obtienen de los ecosistemas se denominan "servicios culturales". Estos servicios comprenden la inspiración estética, la identidad cultural, el sentimiento de apego a la tierra y la experiencia espiritual relacionada con el entorno natural. Normalmente, en este grupo se incluyen también las oportunidades para el turismo y las actividades recreativas.

Los servicios culturales están estrechamente interconectados y a menudo están relacionados con los servicios de abastecimiento y de regulación: la pesca en pequeña escala no solo tiene que ver con los alimentos y los ingresos, sino también con el modo de vida de los pescadores. En muchos casos, los servicios culturales figuran entre los valores más importantes que las personas asocian con la naturaleza; es por ello fundamental comprenderlos.

Tabla 4. Ejemplo de servicios ecosistémicos culturales

Categorías	Funciones ecosistémicas	Ejemplos de servicios ecosistémicos culturales
Servicios ecosistémicos culturales	Recreación	Variedad de paisajes con oportunidades para el desarrollo de actividades recreativas, variedad de paisajes con oportunidades para el desarrollo ecoturismo y realización de deportes
	Calidad escénica	Oportunidad para la satisfacción del espíritu a través de los atributos del paisaje

Categorías	Funciones ecosistémicas	Ejemplos de servicios ecosistémicos culturales
	Inspiración cultural y artística	Fuente de información de los primeros pueblos indígenas. Variedad de lugares con valor cultural artístico
	Inspiración espiritual e histórica	Variedad de atributos naturales con valor espiritual e histórico, variedad de atributos para fines religiosos, legado para futuras generaciones
	Ciencia y educación	Oportunidad para realizar estudios científicos

Fuente. FAO, 2009

4.1.2.1.4 Servicios de soporte

Son aquellos servicios necesarios para que un ecosistema siga siendo útil, es decir, siga ofreciendo recursos como, por ejemplo, suelos productivos, biodiversidad, y agua suficiente y de buena calidad, entre otros. El impacto de los servicios de soporte sobre las personas es indirecto y/o ocurre a largo plazo.

Tabla 5: Funciones ecosistémicas de soporte

Categorías	Funciones ecosistémicas
Servicios ecosistémicos de soporte	Formación de suelo
	Fotosíntesis
	Producción primaria
	Ciclos de nutrientes
	Ciclo del agua

Fuente. FAO, 2009

4.1.3 Características ambientales

4.1.3.1 Antecedentes

El Área de Estudio (AE) se encuentra inserta en la Región de Magallanes y Antártica Chilena, la cual, desde su historia post colonial, e incluso desde antes cuando era habitada exclusivamente por etnias nativas, ha centrado su evolución, y parte fundamental de su desarrollo, en torno al uso y aprovechamiento de los recursos renovables.

La región posee amplio contraste de paisajes, compuestos principalmente por extensas superficies de hielo milenario, por el norte; por territorio Antártico Chileno, por el Sur; por una zona altamente lluviosa y desmembrada en islas, fiordos y canales, por el este; y por una estepa vasta, plana y seca, por el oeste. Estas características otorgan a la región una diversidad muy particular de ambientes naturales, ricos en bellezas escénicas y diversos en aptitudes y potenciales usos.

En un contexto geográfico general el AE se encuentra ubicada entre la zona Cordillera Andina Patagónica y la Precordillera Oriental (Ilustración 8), las cuales presentan características geográficas, climáticas y biológicas distintas.

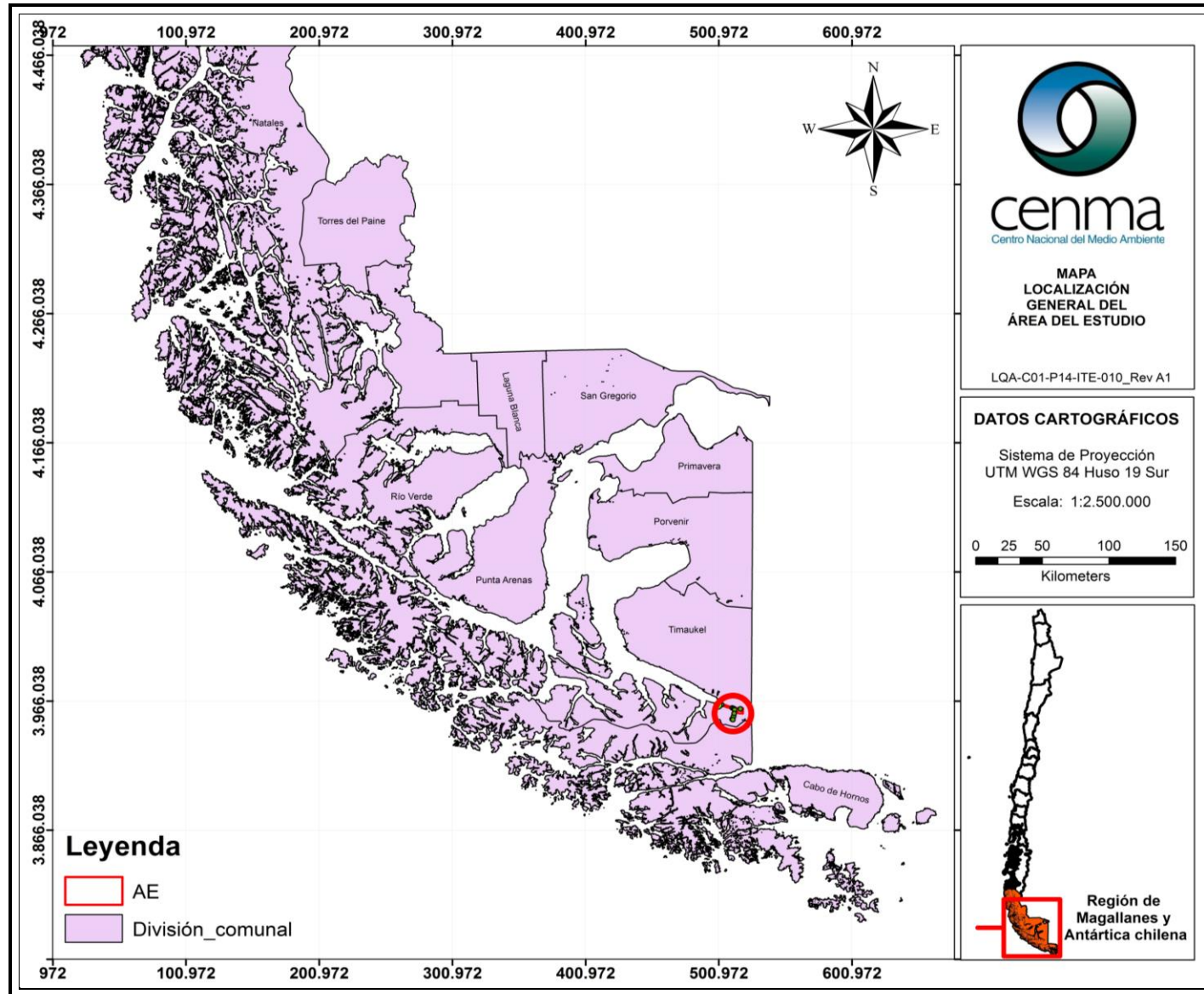


Ilustración 8: Mapa de localización del Área de estudio (AE) dentro de la Región de Magallanes y Antártica chilena.
Fuente: Elaboración propia LQA CENMA

La Cordillera Andina Patagónica es un factor orográfico muy influyente en las condiciones climáticas de toda la región magallánica. Actúa como un biombo de condensación para las masas de aire cargadas de humedad que provienen del Océano Pacífico, las que al acercarse a las islas occidentales y elevarse por las montañas andinas, descargan altas precipitaciones de lluvia y nieve en estas zonas, de 1.400 a 8.500 mm anuales. Cuando la masa de aire cruza la cordillera, las precipitaciones en la Precordillera oriental, ya son considerablemente menores y van disminuyendo hacia el este, de 1.000 a 400 mm anuales, y disminuyen aún más hacia la estepa patagónica, de 400 a 200 mm anuales. Esta distribución gradual descendente de oeste a este de las precipitaciones, el relieve de la región y los tipos de suelos o sustratos, determinan la distribución y la disponibilidad del agua en el terreno para las plantas. Este hecho fundamental, da origen en la región a una variedad de sitios con condiciones ecológicas distintas en los que se establecen las formaciones o comunidades vegetales típicas del paisaje magallánico.

En la zona cordillerana, predominan el Campo de Hielo Patagónico Sur y los glaciares y rocas desvegetadas; los bosques sólo forman bandas estrechas en la base de las montañas. En consecuencia, las mayores extensiones boscosas de Magallanes se concentran en el archipiélago patagónico y en la Precordillera oriental. En estas zonas lluviosas, el bosque aparece en superficies extensas y continuas, especialmente en las laderas de cerros y montañas, o en los valles con drenaje.

El bosque presenta en su interior un ambiente propio, con condiciones de suelo, humedad, temperatura, luminosidad y de protección muy distintas a las del ambiente adyacente. En general, con respecto a los matorrales y pastizales, los bosques son más húmedos, menos fríos en otoño-invierno y más frescos en primavera-verano, la luminosidad está considerablemente disminuida, los suelos presentan características estructurales y composiciones diferentes y los árboles ofrecen una efectiva protección contra el viento. Estas condiciones físicas son aprovechadas por innumerables especies de plantas y animales que encuentran en el bosque alimento y refugio, y lo convierten en un ecosistema complejo lleno de vida, constituido por elementos físicos ambientales y biológicos que interactúan y son interdependientes.

4.1.3.1.1 Recursos hídricos

4.1.3.1.1.1 Caracterización de la red hídrica en sector Lago Fagnano

EULA (2012) en su estudio "Diagnóstico de Ordenamiento Territorial en Caleta María y Lago Fagnano, Tierra del Fuego" señala que en la Isla Grande de Tierra del Fuego ocupando un valle glaciario y dividiendo sus aguas entre Chile y Argentina se ubica el Lago Fagnano. Desde el punto de vista geográfico, el área de estudio es una zona de integración binacional por su ubicación y la presencia del Lago Fagnano que nace en Argentina y desagua al Río Azopardo, el cual vierte sus aguas al Seno Almirantazgo. Es el mayor cuerpo lacustre de Tierra del Fuego, con una superficie de 645 km², de las cuales 39 km² se ubican en territorio chileno y 606 km² en Argentina.

El lago se orienta en sentido este-oeste con una longitud aproximada de 98 kilómetros medidos sobre su eje; 13,5 km se desarrollan en Chile y 72,5 km en Argentina. En la parte chilena, el ancho medio del lago es de unos 3 kilómetros, con una profundidad de 200 metros y fluctuaciones no mayores a 1 metro de altura. No hay información batimétrica completa del lago, pero algunos sondeos realizados en Argentina muestran profundidades superiores a 130 m. Su descarga al Océano Pacífico se realiza a través del Río Azopardo, uno de los más caudalosos de la isla de Tierra del Fuego, que recorre 11 km por territorio chileno hasta

desembocar en el Seno Almirantazgo, accidente costero que ocupa la prolongación hacia el oeste de la misma falla tectónica que el Lago Fagnano. Se estima que el caudal erogado a través del Río Azopardo fluctuaría entre 30 y 40 m³/s.

Los afluentes del Fagnano son de curso breve destacando los que se indican a continuación:

Tabla 6: Afluentes del Lago Fagnano

Soberanía	Afluentes ribera norte	Afluentes ribera sur
Chile	Río Alonso	Río Betbeder (régimen nival)
	Esteros menores	Río Toledo (afluente del Betbeder)
Argentina	Estero Leguizamon	Río Heneralhikil
	Río Claro o Jofré	
	Varios cursos menores	

Fuente: Diagnóstico de Ordenamiento Territorial en Caleta María y Lago Fagnano, Tierra del Fuego. EULA 2012

Se han generado acantilados de hasta 40 metros en los costados del lago producto del modelado glaciario. Sin embargo, los contornos de la margen norte son poco accidentados, con presencia de pequeñas bahías y penínsulas menores; en esta zona se extiende un pie de monte de ancho considerable y bastante plano, con dos niveles de terrazas lacustres; además, presenta un mayor número de valles transversales que la margen sur. En contraste, la costa sur es escarpada, con pendientes pronunciadas respecto de la costa norte que dejan una estrecha faja ribereña, con excepción de la llanura generada por el delta del río Betbeder. En su parte central, el Lago Fagnano es confinado por montañas escarpadas; la Sierra Beauvoir, con alturas cercanas a 1000 m.s.n.m., domina la ribera norte y en la margen sur sobresale la Cordillera del Cerro Castillo, en territorio chileno, y la Sierra Alvear, en Argentina.

En el extremo occidental del lago, se encuentra el nacimiento del Río Azopardo, que desagua el Lago Fagnano hasta el Seno Almirantazgo. Este lago era llamado por los onas³ "El Descanso del Horizonte", siendo rebautizado con el nombre de Lago Fagnano en honor al sacerdote de la orden Salesiana, Monseñor José Fagnano, primer Administrador Apostólico de La Patagonia Meridional, Tierra del Fuego y Malvinas, con sede en la ciudad de Punta Arenas, Chile. El Lago Fagnano es navegable, pero actualmente en la parte chilena no existen embarcaciones.

³ Corresponde al pueblo amerindio ubicado en el norte y centro de la isla Grande de Tierra del Fuego, en el extremo austral de los actuales países de Argentina y Chile.



Ilustración 9: Lago Fagnano

Fuente: LQA CENMA Campaña de muestreo Marzo 2016

4.1.3.1.1.2 Caracterización de la red hídrica en sector Caleta María

Al respecto EULA (2012) señala que en el territorio del área de estudio se desarrollan las últimas estribaciones de la cordillera Andina Patagónica, representada por un cordón de dirección oeste-este, donde sobresale el macizo de la Cordillera Darwin. Las laderas orientadas al norte vierten sus aguas al Seno Almirantazgo y Lago Fagnano y las del sur en el canal Beagle. El principal componente de la red hídrica en Caleta María es el Río Azopardo, que desemboca en el Seno Almirantazgo a través de una amplia llanura aluvial, al costado noreste de Caleta María. Además de este cauce (que se describe a continuación) el sector está surcado por el Río Fontaine, de corto curso y caudal, que corre hacia el norte, atraviesa el sistema dunario y se vacía en el Seno Almirantazgo, en el extremo oeste de la caleta, al sur de la desembocadura del Río Azopardo. La distancia entre ambos ríos, siguiendo la curva de la línea de costa, alcanza a 1.8 km, aproximadamente. El Río Fontaine fue descrito en la carta de Nordenskjold (1897). El Río Mascarello, tributario del Fontaine, desciende desde las montañas localizadas al sur de Caleta María hasta la margen sur del Río Fontaine; es un río pequeño y correntoso que arrastra restos de árboles. Mencionado en los mapas de Nordenskjold (1898) y de Skottsberg (1911).

El sistema hídrico, además de los ríos mencionados, incluye una serie de arroyos menores. Un rasgo característico de estos cauces es el color del agua, que alcanza distintas tonalidades de ocre por la influencia de los ácidos húmicos generados en las extensas zonas de turbales. La alimentación de los cauces fluviales depende de precipitaciones frecuentes y relativamente intensas, del derretimiento de la nieve que se acumula en los sectores altos y del deshielo de los glaciares. Las precipitaciones aseguran el escurrimiento a lo largo del año; la nieve es un aporte adicional y estacional (entre setiembre y diciembre) en forma similar a los glaciares que

aportan agua en forma estacional (diciembre y marzo). Las turberas son importantes para el ciclo hidrológico debido a su significativa extensión.



Ilustración 10: Caleta María

Fuente: LQA CENMA Campaña de muestreo Marzo 2016

4.1.3.1.3 Cuenca hidrográfica del Río Azopardo

El Río Azopardo es el principal cauce de una de las cuencas hidrográficas más importantes de Tierra del Fuego y el desagüe natural del Lago Fagnano, cuya depresión latitudinal ocupa gran parte de la hoya hidrográfica. La cuenca abarca una superficie aproximada de 2910 km²; un 84% se sitúa en Argentina (2441 km²) y el 16% en Chile (469 km²); posee una dirección general Este-Oeste, paralela al Canal Beagle.

El Río Azopardo nace en el extremo occidental del Lago Fagnano; con una longitud aproximada de 11 kilómetros de largo, es el mayor río de Tierra del Fuego y discurre en dirección oeste por la base de una escarpada cordillera de granito comunicando al Lago Fagnano con el Seno Almirantazgo (EULA 2012). El río se ubica al interior del cordón de la Cordillera Darwin y corre por un estrecho cajón confinado por altas montañas con pendientes modeladas por los hielos y la erosión, por donde bajan varios arroyos. Al área de drenaje es de 2.854.00 km² (DGA, 2011). La cuenca del Río Azopardo limita al norte con la cuenca alta del Río Grande (otra red de drenaje de la Tierra del Fuego que constituye recurso hídrico compartido entre Chile y Argentina); al este, con las cabeceras de cursos de agua que se vacían al Atlántico; al sur con una serie de ríos y esteros que desaguan en la costa norte del Canal Beagle y, al oeste, la cuenca del Azopardo limita con la cuenca del Río Fontaine, cuyo desagüe está en la costa del Seno Almirantazgo, no muy distante del desagüe del Azopardo; y con la cuenca del Río de Veer o Jackson, que cae al mar en la ribera norte de la Bahía Jackson.

La ribera norte del Río Azopardo corresponde a un sector del cordón montañoso Hope, es más pareja y rocosa, con pendientes que fluctúan entre 30 y 40%. Sólo algunos pequeños esteros y vertientes, como el Colorado, drenan este sector. La ribera sur del río presenta un relieve más plano, con las partes más bajas cubiertas por turberas y monte ralo. Los mayores afluentes del Azopardo son el Río Mascarello, originado en ventisqueros colgantes que cubren las superficies rocosas erosionadas, y otro río sin nombre que desagua en el curso medio del Azopardo. En la zona de desagüe del Lago Fagnano, el Azopardo alcanza 50 m de ancho. Desemboca en una llanura aluvial, en el sector de Caleta María. La alta marea deja sentir su influencia hasta unos tres kilómetros aguas arriba donde se conservan restos de un puente de madera. En su curso medio, el Azopardo posee un rápido o salto de unos 3 m de altura.

En su tramo más ancho, el Río Azopardo alcanza más de 100 metros, mientras que en su punto más angosto no sobrepasa los 5 metros de longitud. Presenta un escurrimiento muy rápido, con fuertes corrientes en algunos sectores de su curso. Sus riberas se encuentran rodeadas por vegetación, con predominio de musgos esfagnáceos y de grandes y acojinadas plantas. El río es alimentado por numerosos esteros de origen glaciar y vertientes originadas en los murallones de roca sólida. El cauce está encajonado por altas pendientes cubiertas de lenga y coihue, creando una serie de hábitat que albergan a pájaros carpinteros, zorros, guanacos y castores.

El Río Azopardo puede dividirse en tres secciones muy diferentes entre sí:

Sección Inferior: Es el tramo de mayor ancho y finaliza con su desembocadura en el borde norte de una llanura aluvial, de unos 1500 metros de ancho, en el sector de Caleta María en Seno Almirantazgo. El río recibe la influencia de las altas mareas, es decir, aguas saladas, unos tres kilómetros aguas arriba de su desembocadura, hasta el sector donde se ubicaba un antiguo puente.

Sección Intermedia: En esta parte, el río presenta algunos rápidos, destacando un salto de 3 metros de altura⁴.

Sección Superior: Corresponde al desagüe del Lago Fagnano. En este sector el río tiene un ancho aproximado de 50 metros, con un caudal estimado de 153 m³/s (MOP, 1982).

Entre las décadas de 1940 y 1950 la empresa maderera Campos, Marcou y Cía., establecida en Caleta María, extraía desde los alrededores del Lago Fagnano trozos de coigue y roble que se echaban al río y se recogían en su desembocadura. Es decir, el Río Azopardo era el vehículo de transporte de los rollizos que se elaboraban en el astillero de la caleta.

⁴ NIEMEYER, Hans: Hoyas hidrográficas de Chile



Ilustración 11: Naciente Río Azopardo

Fuente: LQA CENMA Campaña de muestreo Marzo 2016

4.1.3.1.4 Cuenca hidrográfica del río Fontaine

De acuerdo a lo descrito por el EULA (2012) el Río Fontaine cuenta una extensión de 70 km², esta pequeña cuenca fueguina limita al norte con el Seno Almirantazgo; al este con las subcuencas de los ríos Betbeder y Mascarello, ambos afluentes del sistema del Río Azopardo; al sur, con la cuenca del Río Lapataia y al oeste deslinda con las cabeceras de pequeños arroyos que se vacían en la ribera oriental de Bahía Blanca o Bahía Parry. El Río Fontaine, principal cauce de la cuenca, nace de la unión de varios arroyos que tienen sus cabeceras en ventisqueros colgantes que destacan en el importante nudo orográfico formado por el monte Svea (1500 m) y el monte Dalla Vedova (2000 m). Transcurre en dirección norte con un recorrido de 12 km para desembocar en el Seno Almirantazgo, en Caleta María, a corta distancia al sur de la llanura aluvial del Río Azopardo. Por ambas riberas recibe afluentes tributarios generados en lenguas de ventisqueros. Por esto, el régimen del Río Fontaine es predominantemente nival y sus aguas lechosas, cargadas de limo glacial. Su caudal es variable, pero el promedio de verano puede corresponder a 15 m³/s.



Ilustración 12: Río Fontaine

Fuente: LQA CENMA Campaña de muestreo Marzo 2016

4.1.3.1.1.5 Río Betbeder

Según la investigación del EULA (2012) el Río Betbeder nace en las inmediaciones del paso de Las Lagunas, corre hacia el norte y se vacía en el extremo oeste del Lago Fagnano. Está encerrado por altas montañas, entre las que se destaca Cerro Verde, que se levanta a unos 1000 m de altitud, en la margen este del cajón superior del Río Betbeder. En su desembocadura se forma una especie de delta en el cual asienta una extensa turbera. Según información cartográfica disponible y entrevista a personal del MOP en terreno, este río nace de la confluencia del Río Toledo y con otro río no identificado (NN). Presenta una longitud aproximada de 8 km desde la confluencia hasta su desembocadura en el Lago Fagnano.



Ilustración 13: Desembocadura del Río Betbeder en el Lago Fagnano

Fuente: LQA CENMA Campaña de muestreo Marzo 2016

4.1.3.1.1.6 Usos y derechos de aguas en el área de estudio

Según señala el EULA (2012) en antecedentes proporcionados por la Dirección General de Aguas (DGA) del Ministerio de Obras Públicas, (SEREMI Región de Magallanes), en el Río Azopardo se han constituido derechos de aprovechamiento consuntivo de aguas superficiales y corrientes, de ejercicio permanente y continuo, por 1000 l/s a favor de la empresa Salmones de Los Andes S.A. De acuerdo a la resolución DGA N° 168, del 28 de abril del 2003, las aguas se captarán en forma gravitacional en los puntos definidos por las coordenadas UTM: Norte 3 961 733 y Este 502 251. El titular del derecho de aprovechamiento deberá dejar pasar aguas abajo del punto de captación, un caudal no inferior a 1420 l/s para preservar el equilibrio ecológico del sector. Asimismo, deberá solicitar a la Dirección General de Aguas, la autorización de construcción de bocatoma de acuerdo a lo dispuesto en los artículos 151 al 157 del Código de Aguas.

En los ríos Fontaine y Betbeder no existen derechos de aprovechamiento otorgados. Otros cauces del área de estudio con resolución de la DGA son dos chorillos donde se ha otorgado derechos de aprovechamiento a la CONADI (ambos de 25 l/s) y el Río Alonso (localizado en la margen norte del Lago Fagnano), donde hay derechos de aprovechamiento otorgado a Germán Genskowski.

4.1.3.1.2 Suelo

Según lo descrito por el EULA (2012) los estudios en suelos realizados durante la última década en los sectores de Vicuña y Río Cóndor indican que los suelos de Nothofagus son delgados, con espesor de entre 5 a 48 cm, lo que implica una baja arraigabilidad, especialmente en

pendientes mayores a 20% y elevaciones mayores a 200 (Gerding & Thiers (2002). Además, son suelos pedregosos y la capacidad de retención de agua es baja (Gerding & Thiers op. cit.). Poseen estratificación con hasta cinco horizontes y una considerable proporción de arenas en algunos de ellos, y dominio de limos en superficie con aumento de hasta un 40% de arcillas en profundidad (Sadzawka et al. 1995.). La capacidad de agua aprovechable es baja y el drenaje interno es por lo general moderado (Gerding & Thiers 2002). Existe un horizonte blanco de origen volcánico y combinación de procesos podzólicos que no es favorable para el desarrollo de raíces (Pisano 1977, Gerding & Thiers op. cit.). Para las zonas de turberas se reconoce un tipo de suelo ácido en dominancia con *Sphagnum magellanicum*. En este ambiente los suelos inician su proceso de formación a partir de una hidrosere en pozones y lagunas, culminando en suelos de tipo higromórfico profundo, ombrofitico, y ácido por la humificación incompleta del musgo *Sphagnum* (Pisano 1977, Henríquez 2000). No existe un suelo estratificado y poseen una topografía llana a convexa (Henríquez 2000).

La reciente historia geológica del área; las características fisicoquímicas de las rocas que forman su basamento; su quebrada orografía, fuertes pendientes y las características del clima, especialmente las térmicas que no favorecen los procesos de interperización biológica, constituyen obstáculo para el desarrollo de los perfiles hasta llegar a la formación de suelos zonales verdaderos. Debido a estas condiciones la mayor parte de las áreas vegetadas soportan litosuelos relativamente delgados, que presentan distintos grados de evolución y características derivadas de los efectos biológicos de la vegetación y del drenaje sobre los materiales generadores. Sin embargo, en las escasas áreas semiplanas de la costa y vegas de baja altitud, se encuentran algunos perfiles lo suficientemente desarrollados como para permitir una diferenciación de horizontes. En ellos puede encontrarse dos tipos principales determinados por la intensidad del drenaje, la permeabilidad del sustrato y, principalmente, de su inclinación para permitir el escurrimiento.

En lugares planos con drenaje deficiente, aparecen comunidades herbáceas a arbustivas que sufren anegamientos temporales y que presentan estratos de juncáceas y ciperáceas. El suelo presenta un horizonte A de unos 6 – 10 cm formado por materia orgánica mal humificada, de estructura fibrosa, sin plasticidad y de color pardo oscuro a negro, mezclado con muy poca arena.

El horizonte B es menos fibroso, muy impregnado de agua, estando frecuentemente en estado semilíquido, carente también de coloides y con algo más de arena y ripio que el horizonte A y de un color más oscuro; frecuentemente más profundo, pero raramente alcanza más de 20 – 25 cm de espesor.

El horizonte C está formado por acarreo glacio-fluviales o glacio-marinos, predominando en el primero los limos mezclados con cascajo anguloso y en el segundo, arena y arcilla mezclada con el mismo material, pero más redondeado. Bajo este horizonte se encuentra el acarreo morrénico consolidado e impermeable, formado por limos y arcillas, de color grisáceo claro. En áreas costeras planas, sobre sustrato de ripio o de cascajo anguloso, mezclado con algo de arena y con pendientes que permiten el escurrimiento de agua, se desarrolla una vegetación pratiforme caespinoza, relativamente densa, en la que dominan gramíneas. Aquí se puede diferenciar un horizonte A, delgado, inferior a 10 cm de profundidad, con textura ripio arenosa gruesa y cascajo fino, sin plasticidad y estructura y una cantidad aparentemente alta de materia orgánica bien humificada; su color es pardo a pardo oscuro y el pH, alrededor de 6 - 6,5; frecuentemente abundan restos de conchas acarreados por las olas. El horizonte B contiene menos materia orgánica y más elementos provenientes del C, presentando un color más claro; delgado, que no sobrepasa los 10 – 15 cm. Bajo él se encuentra el material generador de suelo que descansa sobre sustrato glacial limo-arcilloso impermeable que, sin embargo, no tiene

importancia en determinar el drenaje, pues éste se efectúa por escurrimiento en sentido de la pendiente.

Los terrenos ondulados derivados de morrenas rocosas o de la acumulación de bloques graníticos depositados por glaciares que llegaban hasta la orilla del mar en los lugares en que la pendiente lo permitía, se encuentran cubiertos por bosques clímax de coigüe y lenga. En ellos, los efectos de la acumulación de materia orgánica que permite un sustrato adecuado han formado un primitivo suelo forestal. Se puede distinguir un horizonte A de espesor variable, entre 15-20 cm, rico en materia orgánica de parcial o totalmente humificada y un color café oscuro a pardo rojizo oscuro con un pH de alrededor de 5,5 – 6,0; se encuentran abundantes fragmentos rocosos de variadas dimensiones, frecuentemente graníticos, que constituyen aproximadamente el 60% de suelo en volumen. Sobre él existe un horizonte A, formado de hojarasca y resto de la vegetación herbácea, con unos 10 cm de espesor y una gran capacidad de retención de agua.

El horizonte B es muy irregular en profundidad, frecuentemente introduciéndose entre los bloques que forman el C, pero, en promedio, es semejante a la del A; contiene menos materia orgánica que éste, siendo de un color café-pardo-grisáceo; la cantidad de material rocoso es mayor al horizonte A. El C está formado por amontonamiento irregular de bloques graníticos de espesor muy variable y depositados sobre antiguo lecho rocoso. En este suelo, el drenaje se produce, principalmente, por percolación entre los bloques y la presencia de una napa freática a poca profundidad se manifiesta por la existencia de comunidades turbosas acidólicas, de carácter herbáceo, y dominadas por juncáceas en los lugares más bajos y concavidades del relieve. Los suelos que la soportan son azonales e impregnados permanentemente de agua, muy ricos en materia orgánica, incompletamente humificada y sin estructura.

Los suelos más comunes en el área de estudio son los de turba, formados por acumulaciones de materia orgánica semidescompuesta, lo que da como resultado un suelo orgánico (sobre 90% de materia orgánica), muy pobre en fracción mineral, y por lo tanto ácido (pH alrededor de 4) y deficiente en nutrientes. Estos suelos derivan de la combinación de bajas temperaturas que determina el proceso de humidificación lento e incompleto y sobresaturación de agua como resultado de altas precipitaciones y un sustrato que impide un drenaje adecuado. En los planos aluviales, formados por cursos de agua que acarrearán la fusión de los ventisqueros colgantes a través de sus antiguos lechos se desarrolla un tipo de suelo característico y que puede considerarse como azonal, al estar en un proceso formativo. Estos valles están rellenos por una profusión de bloques y fragmentos rocosos graníticos, de variables dimensiones, mezclados con abundante material fragmentado de menor tamaño, depositados directamente por el hielo. A medida que el glaciar fue retrocediendo, su fusión estival fue siendo acarreada por uno o más esteros, cada vez más largos, que se fueron abriendo camino entre los bloques y masas rocosas que ocupaban el valle glaciar.



Ilustración 14: Suelo cuenca Río Azopardo
Fuente: LQA CENMA Campaña de muestreo Marzo 2016

4.1.3.1.3 Fauna

De acuerdo a lo descrito por el EULA (2012) en relación con la riqueza de especies, se registraron 45 especies de aves y 7 mamíferos, estando presentes en este último grupo, cinco especies introducidas. El ambiente con mayor número de especies fue el de turberas, con 21 especies, y aquel con la mínima riqueza específica fue el ambiente andino con sólo una especie de ave. En el bosque de pie de monte las estaciones de escucha registraron el 60% del total observado en este ambiente y el número máximo de especies se alcanzó en la última estación. Las especies más recurrentes fueron el rayadito (100%), el chincol (75%) y el comesebo grande (63%), mientras que las menos frecuentes fueron el tordo y la viudita con el 12,5%. Los ensambles de aves fueron consistentes en prácticamente todas las asociaciones de bosque en los sectores del valle hacia la ruta de penetración a Yendegaia y la primera mitad de la ruta hacia Caleta María. En otras áreas el bosque pierde extensión y se forman asociaciones ecotonaes con las turberas, disminuyendo la exclusividad de aves propias de bosque.

En una revisión al bosque que se encuentra en la desembocadura del Río Betbeder se encontró un ensamble de avifauna dominado por rayaditos, chincoles y zorzales sin detectar aves más propias a bosques de mayor complejidad estructural. En este sector, así como en su borde hacia el Lago Fagnano, se constató la presencia de una tropilla de caballos asilvestrados.

Las aves que han servido como indicadoras de lo prístino del bosque debido a su rareza en función de sus bajas abundancias y especificidad de hábitat (Cofre 1999) fueron la viudita, el comesebo grande, el churrín del sur y el carpintero negro. Además de su presencia en las estaciones de escucha, también fueron registradas durante el recorrido por el área de estudio. En particular, del carpintero negro se observaron rastros (árboles agujereados) en casi todos los sectores de bosque del área.

En el bosque se detectó sólo un mamífero roedor, el ratoncito de hocico amarillo (*Abrothrix xanthorrhinus*), sin embargo, también es posible encontrar al zorro chilla (*Lycalopex griseus*) debido a que fue observado en los alrededores. Los ambientes de turberas fueron los que registraron la mayor riqueza de aves. Las especies más recurrentes fueron el chincol y la dormilona tontita con el 83,3% de presencia en las bandas de muestreo. El ave menos representativa fue el chuncho con solo un registro (17%). El sector de turbera con mayor riqueza específica fue en la ruta hacia Caleta María, donde se pueden registrar todas las especies de aves de este ambiente. Entre los mamíferos, se observaron rastros de fecas y huellas de guanacos (*Lama guanicoe*). En el sector aledaño a la pista de aterrizaje (sector caleta María – Río Azopardo), la vegetación de pastizales antrópicos con matorrales bajos de romerillo (*Chilliostrichum difussum*) no se realizó una banda de conteo, pero se encontró que la especie más representativa fue el bailarín chico (*Anthus correndera*). En este sector también se encontró un grupo de cuatro guanacos.

En los ríos y lagunas de turberas la avifauna se compuso principalmente por pato anteojillo (*Anas specularis*) y pato jergón chico (*Anas flavirostris*). Pero es destacable que en el Lago Fagnano se hayan observado dos ejemplares de Albatros de ceja negra (*Thalassarche melanophris*), además de quetru volador (*Ptachieres pteneres*), yeco (*Phalacrocorax brasilianus*), cormorán imperial (*P. atriceps*), huala (*Podiceps major*) y gaviota dominicana (*Larus dominicanus*). Además, en la desembocadura del Río Azopardo se observó un ejemplar de pingüino rey (*Aptenodytes patagonicus*) y pilpilenes australes (*Haematopus leucopodus*). Los mamíferos estuvieron representados exclusivamente por el castor, que se encontró en todos los riachuelos, ríos y turberas del área de estudio. La Subsecretaría de Pesca y Acuicultura del Gobierno de Chile identificó en el Lago Fagnano la presencia de una serie de especies de peces entre las cuales cuentan el salmón chinook, trucha café anádroma, trucha café, trucha arcoíris y trucha de arroyo.



Ilustración 15: Avifauna sector cuenca río Betbeder

Fuente: LQA CENMA Campaña de muestreo Marzo 2016

4.1.3.1.4 Flora y Vegetación

4.1.3.1.4.1 Bosques

Según EULA (2012) los bosques de la Isla Grande de Tierra del Fuego están constituidos esencialmente por formaciones pertenecientes a la familia de las Fagáceas. La especie dominante es la lenga (*Nothofagus pumilio*), la que en condiciones favorables sus ejemplares maduros alcanzan alturas medias que rondan los 20-25 metros y diámetros medios a la altura del pecho (D.A.P.) de aproximadamente 40 a 60 cm.

El coigüe (*Nothofagus betuloides*), es la única de las tres fagáceas de Tierra del Fuego, que presenta follaje perenne; aparece asociado a la lenga en los sectores más húmedos. Es común encontrarlo en las masas boscosas circundantes al Lago Fagnano, y en las laderas que bajan al Canal Beagle y asociada al canelo (*Drimys winteri*) en el extremo sudoriental de la Isla.

El ñirre (*Nothofagus antártica*) es la especie de mayor plasticidad de las tres fagáceas de Tierra del Fuego. Es dominante en zonas ecotonales entre el bosque y la estepa.

Dentro de estas comunidades, es posible observar las siguientes asociaciones:

- Bosque Siempreverde Puro de *Nothofagus betuloides*
- Bosque Costero *Nothofagus betuloides* – *Drimys winteri*
- Bosque Mixto *Nothofagus pumilio* – *Berberis ilicifolia*
- Bosque Mixto *Nothofagus Pumilio* – *Berberis buxifolia*
- Bosque Deciduo de *Nothofagus antarctica*
- Bosque Mixto *Nothofagus betuloides* – *N. pumilio* – *N. antártica*

4.1.3.1.4.2 Turberas y estepa

También dentro del mosaico vegetal de la zona de estudio, es posible observar comunidades de turberas y estepa pantanosa. Estas comunidades vegetales se caracterizan por estar en ambientes con fuertes precipitaciones y bajas temperaturas, y se localizan especialmente en planicies formando mosaicos de plantas y lagunas abiertas (Gajardo. 1984).

Según EULA (2012) es posible distinguir tres tipos de turberas: a) dominadas por *Sphagnum*, b) graminoídeas (*Juncoídeos*) y c) plantas en cojín (Arroyo et al. 1995). Estas se distribuyen desde el límite de la vegetación arbórea hasta casi el nivel del mar del área en estudio. El tipo de turbera más común corresponde a la dominada por *Sphagnum* que se caracteriza por poseer un centro más elevado que sus bordes, terminando en riachuelos estancados que dan origen a una serie de pequeñas lagunas. El tipo de turba en cojín y las graminoídeas son menos frecuentes; estas últimas se mezclan con las turbas dominadas por *Sphagnum*. La flora que caracteriza a las turberas se encuentra fuertemente diferenciada de la flora presente al interior del bosque, pero muestra conexiones con los ecosistemas alto-andino húmedos y otro tipo de humedales menos frecuentes como vegas, hualves y deltas de ríos. Además, presentan un complemento muy diverso de líquenes, especialmente líquenes fijadores de nitrógeno.

Algunas de las comunidades de turberas y estepa pantanosa observadas en el AE son:

- *Sphagnum magallanicum* – *Marsippospermum grandiflorum* – *Empetrum rubrum*
- *Sphagnum magallanicum* – *Donatia fascicularis* - *Tetroncium*
- *Astelia pumila* – *Donatia fascicularis*

- Bolax gummifera – Pernettya pumila
- Empetrum rubrum - Sphagnum magallanicum
- Empetrum rubrum - Marsippospermum grandiflorum

4.1.3.1.4.3 Matorral arbustivo

Finalmente se puede observar un estrato arbustivo. El estrato arbustivo varía en función de las condiciones locales del sitio. Los bosques de lenga y ñirres ubicados al norte del Lago Fagnano, se caracterizan por la presencia esporádica de *Ribes magellanicum* y *Berberis buxifolia*. A partir del Lago Fagnano hacia el sur comienza a aparecer un estrato arbustivo monoespecífico de *Berberis ilicifolia*, mezclada a veces con *Ribes magellanicum* y *Berberis buxifolia*.



Ilustración 16: Bosques y turba sector Río Betbeder

Fuente: LQA CENMA Campaña de muestreo Marzo 2016

4.1.3.1.5 Temperatura

Los máximos valores de temperatura media mensual se producen en los meses de verano (diciembre a enero) registrándose valores que bordean los 15° C. Los mínimos en los meses de invierno (junio a agosto), registrándose en esta época valores bajo 0° C⁵.

⁵ Estación meteorológica de Puerto Williams ubicada en 54°56' sur, 67°38' oeste, 36 msnm.

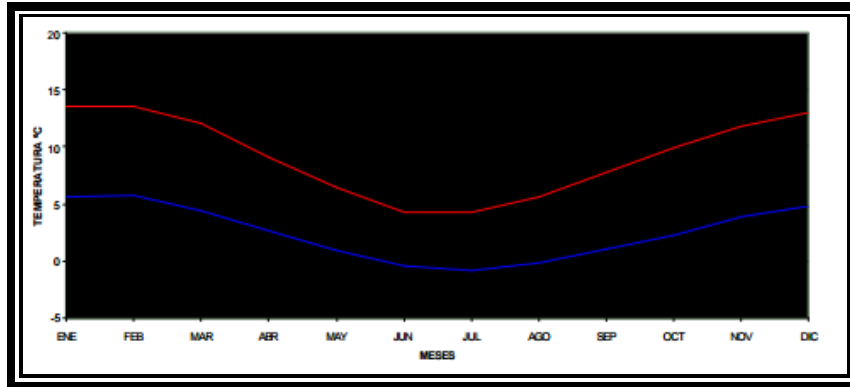


Ilustración 17: Máximos media mensual estación meteorológica de Puerto Williams
Fuente: Línea Base EIA Construcción Camino Estancia Vicuña Yendegaia

4.1.3.1.6 Precipitaciones

Las precipitaciones son abundantes y en el sector norte de la zona sudoccidental de la Tierra del Fuego se registra un promedio anual de 3000 milímetros de agua caída, que disminuye ligeramente a 2500 milímetros en la zona de las islas Hermite⁶. El valor normal de la precipitación en Puerto Williams es 550 mm al año.

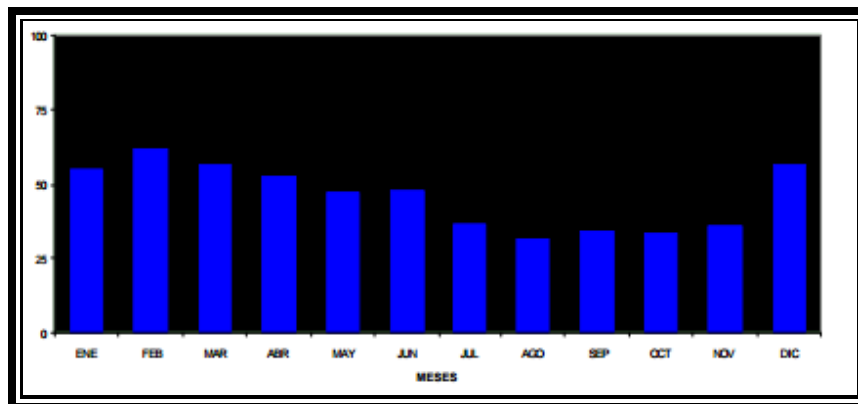


Ilustración 18: Precipitación media mensual en Puerto Williams
Fuente: Línea Base EIA Construcción Camino Estancia Vicuña Yendegaia

4.1.3.1.7 Vientos

El viento predominante sopla desde el norte (N) o noroeste (NW) con una intensidad que fluctúa entre los 20 a 30 nudos. Cuando la baja presión que lo origina acusa una fuerte gradiente, suele aumentar de velocidad, pero, a medida que las depresiones se alejan, la dirección del viento cambia sucesivamente al oeste (W) o suroeste (SW) y disminuye de intensidad. En ocasiones, después del paso de un sistema de baja presión sigue un periodo de calma o con viento débil; sin embargo, esta situación por lo general indica la proximidad de otra depresión y el viento

⁶ Estación meteorológica de Puerto Williams.

tiene menor intensidad al estar neutralizado por la acción de dos centros de baja presión (el que se aleja y el que se aproxima) ⁷.

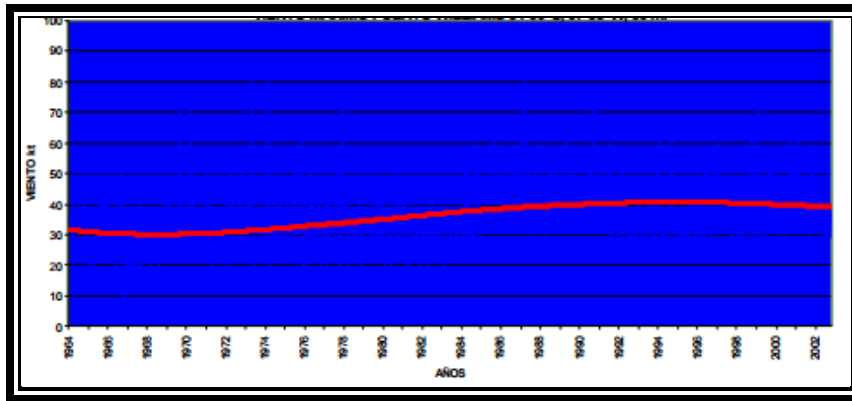


Ilustración 19: Viento máximo registrado cada mes en Puerto Williams.

Fuente: Línea Base EIA Construcción Camino Estancia Vicuña Yendegaia

4.1.3.1.8 Clima

Su diversidad climática, se refleja en las bajas temperaturas y fuertes vientos durante todo el año. La presencia de lagos, valles cordilleranos, ventisqueros y ríos hacen variar el clima, permitiendo la existencia de microclimas con mayores temperaturas. Es posible distinguir los siguientes tipos de climas:

Clima frío lluvioso y húmedo tipo Dw, se presenta en la zona occidental archipiélica, con precipitaciones de hasta 1500 mm anuales. Sus temperaturas son bajas y los vientos fuertes se producen durante todo el año. En general las precipitaciones disminuyen de occidente a oriente y las temperaturas aumentan en la misma dirección.

Clima frío de altura tipo H se registra en la zona Cordillerana de los Andes Patagónicos, presentando temperaturas bajo 0° C todo el año, con precipitaciones preferentemente sólidas, con promedios de alrededor de 2000 mm anuales.

Clima de estepa fría semiárido tipo Dwc, en la vertiente oriental más abrigada de los vientos, las precipitaciones son mucho menores, porque prácticamente toda la humedad es captada por las laderas cordilleranas. En la zona transandina el clima se presenta con bajas temperaturas y escasas precipitaciones. La Patagonia oriental se caracteriza por vientos secos locales de la pampa proveniente del oriente y por temperaturas más altas, permitiendo de esta manera el asentamiento humano.

⁷ Informe N°3 Final: "Diagnóstico de Ordenamiento Territorial en Caleta María y Lago Fagnano, Tierra del Fuego".

Tabla 7: Datos meteorológicos en estaciones cercanas al área de estudio

Estación	Precipitación (mm)			Temperatura (°C)		
	Total anual	Mes más lluvioso	Mes más seco	Media Anual	Máx. media mensual	Mín. media mensual
Río Grande (Arg.)	379,1	52,1	21,0	--	--	--
Pampa Guanaco (Ch.)	--	--	--	2,7	9,6	-4,2
Ushuaia (Arg.)	545,4	57,6	33,4	4,4	10,0	-1,7

Fuente: Pisano 1977, Moore 1983

4.1.4 Delimitación y caracterización del socio-ecosistema

4.1.4.1 Área de Estudio (AE)

La zona geográfica definida como el AE se delimitó en base a los objetivos del presente estudio y considera la Cuenca Hidrográfica del Lago Fagnano, Río Betbeder y Río Azopardo (Ilustración 20). El criterio empleado para su delimitación se basó en caracterización preliminar de los servicios ecosistémicos presentes en dicha área.

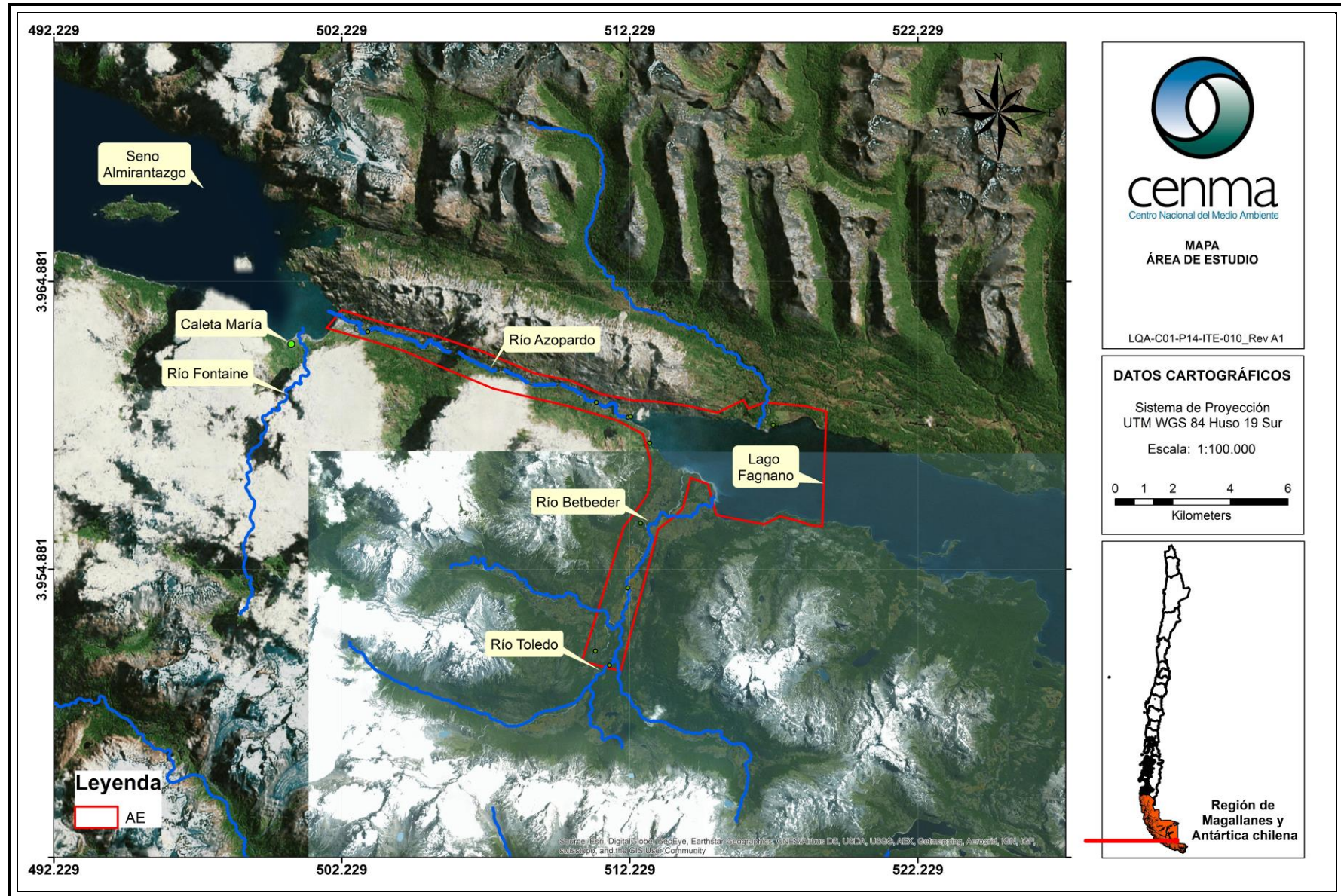


Ilustración 20: Mapa de la ubicación detallada del Área de Estudio (AE) y sus principales integrantes

Fuente: LQA CENMA

4.1.4.2 *Uso de suelo*

En el AE las categorías de uso de suelo que abarcan la mayor superficie corresponden aproximadamente a praderas con un 82% y 18% a formación boscosa. En el área no existen usos productivos, siendo en su totalidad un área silvestre, con intervenciones antrópicas puntuales que han permitido la construcción de caminos a cargo del Cuerpo Militar del Trabajo (C.M.T), quienes disponen de 2 campamentos ubicados en las inmediaciones del Lago Fagnano. En la ribera norte del Lago Fagnano se encuentra la Estancia Lago Fagnano (Ilustración 21), la cual corresponde a la única instalación equipada para dar alojamiento a turistas de la zona. En esta habitan Don Germán Genskowsky y su esposa Marisela, propietarios de 3300 hectáreas en la zona.



Ilustración 21: Estancia Lago Fagnano

Fuente: LQA CENMA Campaña de muestreo Noviembre 2015

De acuerdo a antecedentes entregados por Don German en terreno, en el área se han desarrollado diferentes actividades en el pasado relacionadas con la industria maderera. Su padre fue uno de los primeros habitantes en la zona, el cual impulsó la explotación maderera, principalmente de coihue y lenga, como también la ganadería. Estas actividades dieron origen al caserío, ubicado en Caleta María, el cual llegaría a albergar a más de 200 personas.

El EULA (2012) describe que, entre otras razones, debido a la lejanía y aislamiento del sector, y probablemente al costo de navegación de las embarcaciones a zonas tan aisladas, la entrada de barcos por el Seno Almirantazgo, hasta Caleta María, comenzó a disminuir y, junto con ello, la demanda de productos madereros. Lo anterior, a juicio del entrevistado, haría perder vitalidad al pequeño poblado y a las actividades económicas asociadas, iniciándose, de este modo, su progresivo abandono. De este modo, el año 1971 abandonarían la zona, junto a su familia, aquel

pionero y visionario colono, Lucio Genskowski, entregando los territorios cedidos en arriendo al Ministerio de Tierras y Colonización de la época.

No obstante, el año 1986 Germán Genskowski, hijo de Lucio Genskowski, retornó a la zona, comprando al Ministerio de Bienes Nacionales un predio de 3500 hectáreas al norte del Lago Fagnano. Actualmente, es la única persona en el sector que realiza actividades productivas, a saber: ganadería bovina y ovina, explotación de recursos forestales con Plan de Manejo de CONAF y agro-turismo con apoyo de INDAP. Posee en el lugar dos hermosas cabañas, con capacidad para 15 pasajeros, a orillas del lago.

4.1.4.3 **Asentamientos humanos**

El área territorial de Timaukel es la comunidad poblada más cercana al AE y se remonta a la antigua comarca de Bahía Inútil, creada el 30 de diciembre de 1927. Por Decreto de Ley 2.868, en el marco de la división política y administrativa de 1976, se crea la austral comuna de Timaukel. La génesis histórica de la comuna está estrechamente relacionada a la historia de Tierra del Fuego y al descubrimiento del Estrecho de Magallanes (en 1520), cuando el territorio era habitado por los Selk'nam (Onas). Dicha comunidad indígena era nómada y de cultura rudimentaria, y pobló estas tierras por alrededor de 11 mil años, cuyas actividades de sobrevivencia, se basaban, principalmente en la pesca y en la caza del guanaco. Uno de los asentamientos más antiguos en Tierra del Fuego se ubicó en el fondo de Bahía Inútil, donde se sucedieron distintas generaciones de Selk'nam, por alrededor de 4 mil años. Luego de la posesión del estrecho por parte de Chile, a través de la construcción del Fuerte Bulnes (1843) y la Fundación de Punta Arenas (1848), se da avance a los primeros intentos por colonizar Tierra del Fuego, surgiendo en 1885, la primera estancia fueguina. Previo a esto, en 1882 en los ríos de la Sierra Boquerón (en Tierra del Fuego) favorece el surgimiento de Porvenir, hoy capital provincial. La crianza del ganado lanar da origen a grandes estancias, ocupando un lugar sobresaliente la llamada Sociedad Explotadora de Tierra de Fuego, organización financiada por capitales ingleses, que poseía la mayor parte de los terrenos agroganaderos de la isla. Durante la gobernación de Samuel Valdivieso, en el territorio de Magallanes, el 9 de julio de 1890, el Presidente de Chile, Don José Manuel Balmaceda, entrega al acaudalado pionero portugués José Nogueira, un millón de hectáreas en la isla de Tierra del Fuego. Es a través de este acto que se genera el poblamiento sostenido del territorio, y es donde también se origina la génesis de la actividad agro-ganadera (que se mantiene hasta hoy) por parte de colonizadores chilenos e ingleses. A causa de este hecho, se genera también un considerable diezmo del pueblo Ona, esto a causa de enfermedades contraídas y contagiadas a la tribu por parte los nuevos habitantes, lo que se vio complementado por la matanza indiscriminada de los Selk'nam, quienes fueron "cazados" por los colonizadores con el fin de apoderarse de más territorio. Los hechos anteriormente descritos figuran como principal causa de la casi completa extinción del pueblo Ona o Selk'nam, en el territorio de Tierra del Fuego. Esta matanza, redujo el número de hombres y mujeres de este pueblo originario de 5000 (en 1880) a 50 (1920).

Los datos del censo del año 2002, determinan que en esta comuna existen 423 habitantes. De esta población, su totalidad reside en localidades rurales, no existiendo centros urbanos. De acuerdo a estos datos, Timaukel es una de las comunas con menor densidad poblacional del país, alcanzando un valor de 0,037 hab/km². Además, se ha constatado que actualmente existe una fuerte migración de población joven (Municipalidad de Timaukel, 1998). La comuna tiene como único centro poblado de importancia el villorrio de Cameron, pueblo localizado en el lado sur de Bahía Inútil. Existen al interior de la comuna otras localidades como: Puerto Yartau, Pampa Guanaco, Rusffin, Río Grande y Vicuña, cada una de las cuales se subdivide en sitios poblados. En la ilustración siguiente se presenta de manera general su localización.

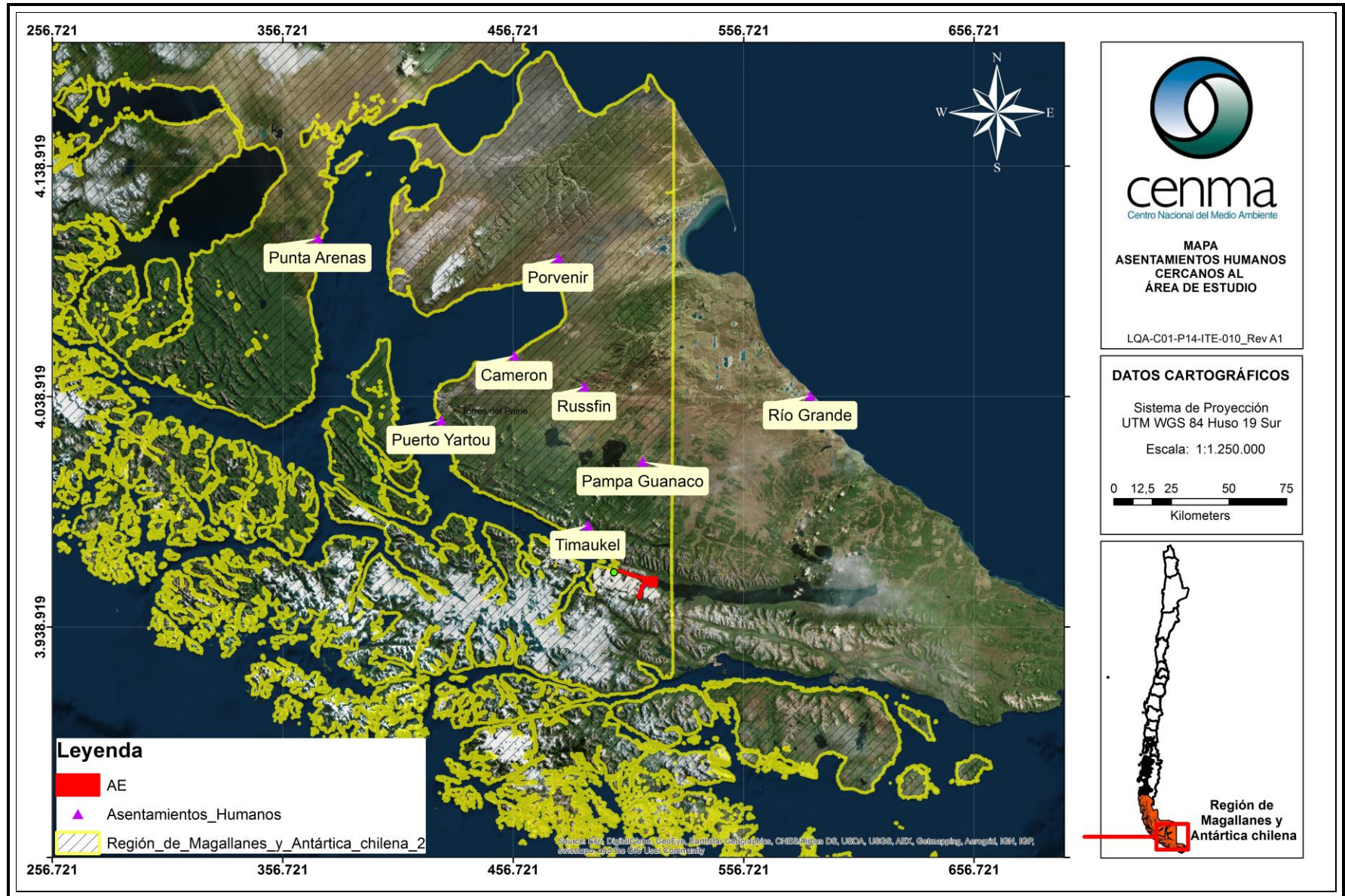


Ilustración 22: Mapa localización general de asentamientos humanos cercanos al área de estudio

Fuente: Elaboración propia LQA CENMA con Arcgis 10.3

4.1.4.4 Infraestructura

4.1.4.4.1 : Aeródromo Caleta María

Aledaño al Río Azopardo se encuentra en construcción el proyecto Construcción Pequeño Aeródromo Caleta María (Ilustración 23) el cual responde a uno de los principales requerimientos de conectividad y desarrollo turístico planteados en la Estrategia Regional de Desarrollo. El proyecto abarca una superficie de 40,51 Ha, compuesta principalmente por praderas y formaciones boscosas (Tabla 8).

Tabla 8: Superficie por tipo de uso de suelo Área de Influencia Directa

Uso de suelo	Superficie. (Ha)	%
Pista en desuso	2,574	6,35%
Formación boscosa	6,834	16,87%
Pradera	31,1	76,77%
Total	40,51	100,00%

Fuente: DIA “Construcción pequeño Aeródromo Caleta María

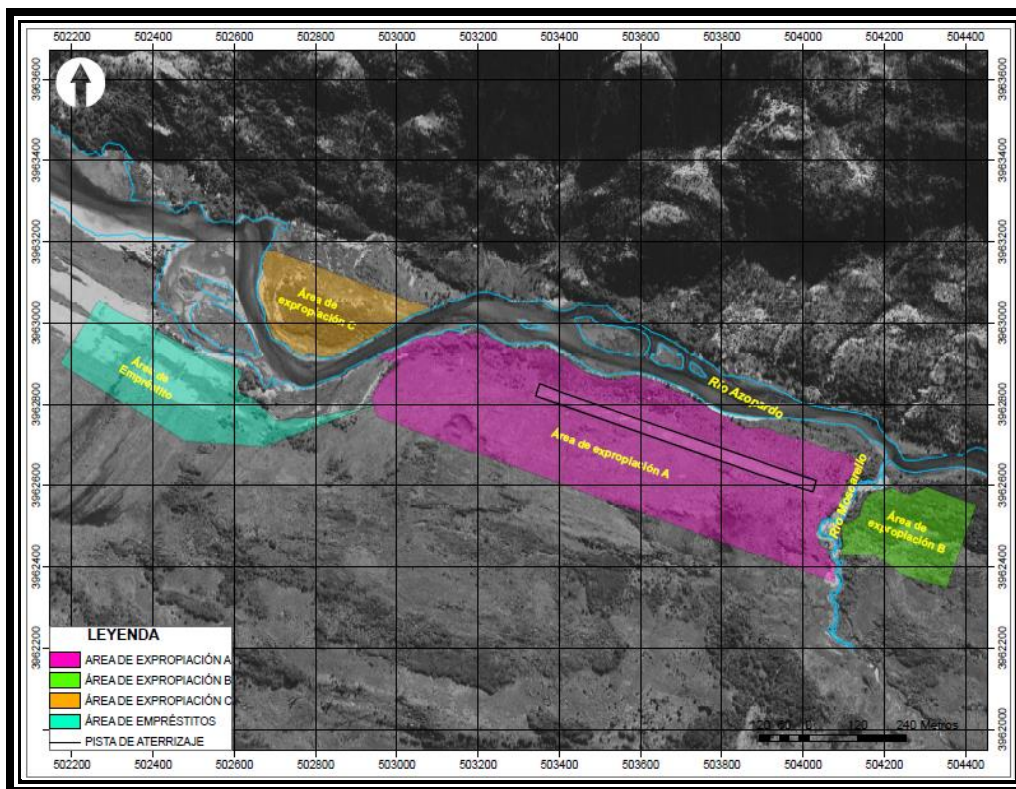


Ilustración 23: Área de proyecto Aeródromo Caleta María

Fuente: DIA “Construcción pequeño Aeródromo Caleta María

4.1.4.4.2 Infraestructura: Inicio de la construcción de la senda de penetración Vicuña–Yendegaia

La senda de penetración Vicuña–Yendegaia se empezó a construir a fines de 1994, con principio en el puente del Río Rasmussen y su construcción, desde su inicio y hasta la

actualidad, ha estado a cargo del Cuerpo Militar del Trabajo (C.M.T). En la actualidad los trabajos de construcción de la senda de penetración Vicuña-Yendegaia presentan un cincuenta por ciento de avance de una longitud total de 139 km, los que han superado el Río Azopardo y se han adentrado 7 km al interior del valle Betbeder en busca del paso de Las Lagunas (700 m.s.m.), portezuelo estratégico para trasponer la cordillera Darwin descubierto por el explorador Skottsberg en 1908. Lo que respecta al ramal Caleta María, que conectará el Lago Fagnano con el Seno Almirantazgo, se han construido 4 km de los 13 km que contempla dicha ruta.

El 23 de enero del 2009 la Presidenta Michelle Bachelet visitó el campamento del Cuerpo Militar del Trabajo, establecido en la vecindad del Lago Fagnano, allí destacó que este proyecto en la zona austral del país busca consolidar el territorio y la soberanía nacional, integrar zona de potencialidad productiva (ganadería, salmonicultura, forestal, etc.), dar continuidad al territorio extendiendo las vías de conexión existentes, avanzar en la integración regional chileno-argentina y fomentar el desarrollo turístico en la región gracias a la incorporación de áreas de inigualable belleza, prácticamente inexploradas y despobladas al turismo nacional e internacional.

Finalizada esta promisorio vía, cosa estimada para el 2019, Caleta María ya no será el lugar donde termina el Seno Almirantazgo, también será el inicio del mismo en un sentido oriente-poniente. Sin duda esta obra permitirá una percepción más compleja y diversa de Tierra del Fuego (Chile) dado que se podrá traspasar de lo horizontal de la pampa a lo vertical de los montes y de la cordillera, de lo amarillo de la estepa a lo verde de los soberbios bosques que resistieron a la depredación del hombre y al blanco de los hielos que se posan en las cumbres de la cordillera Darwin o Andes Fueguinos. Gracias a esta senda de penetración podremos conocer el último refugio de los primeros y originales habitantes de la isla; los Selknam, además de hacernos ver que Tierra del Fuego es un territorio y no una serie de localidades. También permitirá comprender parte de esa dimensión fantástica sublime que atrajo a comienzos del siglo XX a los exploradores Nordenskjöld (1895), Skottsberg (1908), De Agostini (1914), Rockwell Kent (1922), Pluschow (1928) y Vaino Auer (1929).⁸

⁸ Samuel García O.2012. Reinaldo Catalán y Francisco Oyarzún, baqueanos del sur de Tierra del Fuego (Chile) y su participación en el origen de la senda de penetración Vicuña-Yendegaia. Magallania (Chile), 2012. Vol. 40(1):63-91.

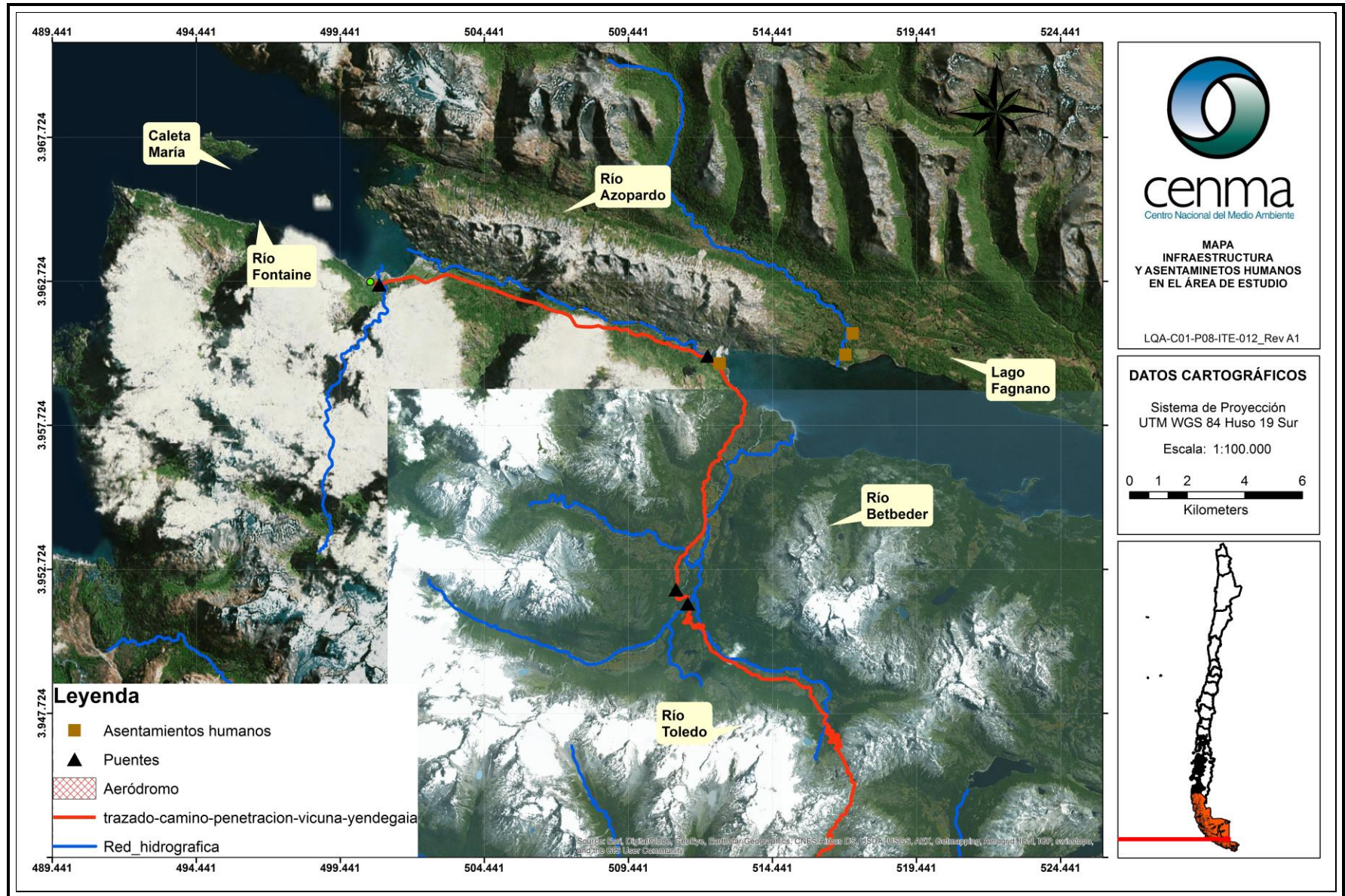


Ilustración 24: Mapa infraestructura presente en el área de estudio

Fuente: Elaboración propia

4.1.4.5 **Actividades económicas**

A la fecha de este estudio, no se registran actividades económicas en el área.

4.1.5 **Identificación de las unidades suministradoras de servicios**

De acuerdo a la información obtenida en la revisión de antecedentes se identificaron los siguientes componentes de los ecosistemas presentes en el AE que contribuyen a proveer servicios ecosistémicos:

- Turbales
- Bosques
- Ríos
- Lago
- Suelo
- Vegetación
- Fauna (peces, aves, mamíferos y macroinvertebrados)

4.1.6 **Identificación de los beneficiarios de eco-servicios**

Los beneficiarios de los servicios ecosistémicos identificados en el AE de acuerdo a la revisión de antecedentes corresponden a los siguientes actores sociales:

Beneficiarios directos

- **Habitantes Estancia Lago Fagnano:** Personas (Germán Genskowsky y esposa) propietarios de la Estancia Lago Fagnano, clasificados como del tipo **Activo** debido a su rol permanente en el manejo y gestión de los servicios identificados en la zona. Se asigna como un actor de **Alta importancia** debido a la alta relevancia que tienen los servicios para ellos.
- **Población del C.M.T.:** Organización conformada por militares y civiles encargados de la construcción de la senda de penetración Vicuña-Yendegaia, clasificados como del tipo **Activos** debido a su participación directa en las actividades de construcción de caminos que impactan los servicios ecosistémicos identificados. Se asigna como un actor de **Alta importancia** debido al elevado nivel de influencia que tienen sobre los servicios identificados.
- **Turistas:** Personas clasificadas como del tipo **Pasivas** ya que son susceptibles a ser afectados tanto positiva o negativamente, por la gestión del flujo de servicios de la zona. Se asigna como un actor de **Baja importancia** debido a que no tienen un nivel de influencia sobre los servicios identificados.

Beneficiarios indirectos

- Población general (comunal, regional, nacional e internacional): Personas clasificadas como del tipo **Pasivas** ya que son susceptibles a ser afectados tanto positiva o negativamente, por la gestión del flujo de servicios de la zona. Debido a que no tienen

un nivel de influencia sobre los servicios identificados, se clasifican como un actor de **Baja importancia**.

4.1.7 Identificación de los servicios de los ecosistemas

Los servicios potenciales identificados del análisis de la información que suministra el ecosistema corresponden a los señalados en la Tabla 9:

Tabla 9: Servicios suministrados por el ecosistema

Unidad suministradora de servicios	Servicio de los ecosistemas
Ríos	➤ Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas
	➤ Pesca deportiva
Suelo	➤ Producción de ganado
	➤ Infraestructura de turismo (hoteles y cabañas)
	➤ Cultivos
	➤ Asentamientos humanos
	➤ Soporte hábitat
Fauna	➤ Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas
	➤ Pesca deportiva
Bosques	➤ Captura de carbono
	➤ Provisión de leña
	➤ Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas
	➤ Protección de la erosión, derrumbes, inundaciones
	➤ Ecoturismo
Turbales:	➤ Captura de carbono
	➤ Retención y acumulación de agua
	➤ Explotación de turbales (carbón)
Vegetación	➤ Hábitat a especies

Fuente: Elaboración propia LQA CENMA

4.2 Reuniones de Planificación de Campaña de Terreno N°1

4.2.1 Reuniones de trabajo y ajuste con la contraparte técnica del proyecto

Se desarrollaron reuniones de trabajo antes de la campaña de terreno, en las cuales junto con presentar los correspondientes **Planes de muestreo (Anexo A)**, se discutieron los objetivos y alcances de cada una de las campañas de terreno. Las minutas de reuniones se encuentran en el **Anexo C**.

4.3 Campaña de Terreno N°1

En base a los antecedentes disponibles, se elaboró el Plan de Muestreo PM/N°005-2015 (**Anexo A**) para efectuar el trabajo en terreno. Este documento desarrollado y aplicado por

profesionales del Laboratorio de Química Ambiental del CENMA cuenta con un formato estandarizado que permite planificar el trabajo en terreno considerando los siguientes temas:

- Asignación de responsabilidades
- Ubicación de los puntos de observación
- Entrenamiento del personal
- Listas de chequeo de equipamiento e insumos en terreno:
- Informe de cumplimiento del Plan de Muestreo

En la ilustración siguiente se presenta la ubicación efectiva de los puntos de observación para la evaluación en terreno de los servicios ecosistémicos.

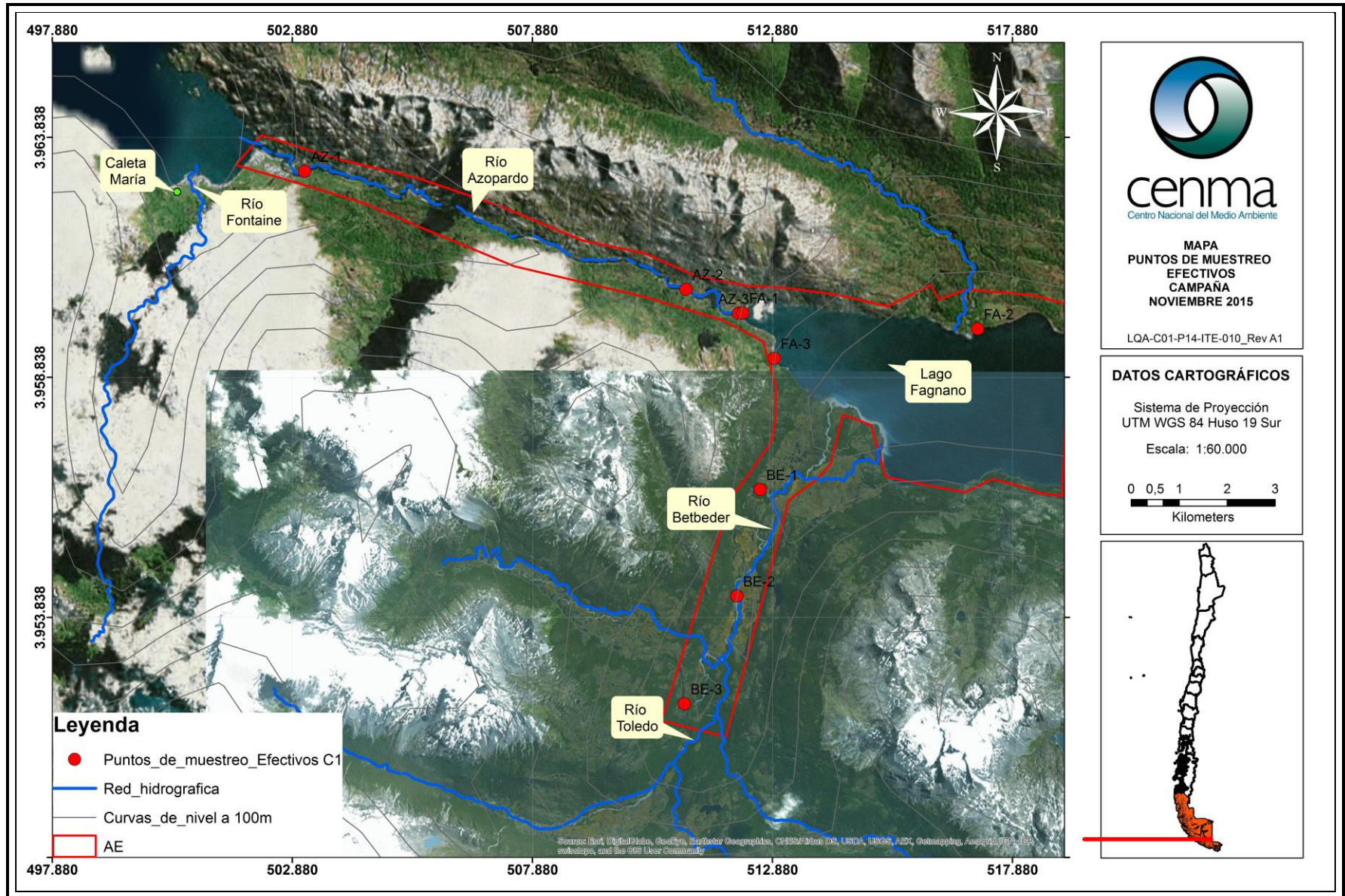


Ilustración 25: Mapa ubicación efectiva de los puntos de muestreo Campaña de terreno N° 1
Fuente: LQA CENMA

4.3.1 Identificación en terreno de los servicios ecosistémicos asociados a la cuenca.

En la Campaña de terreno N°1 se realizó un reconocimiento del entorno de cada uno de los lugares definidos en el Plan de Muestreo, registrando en cada caso las coordenadas geográficas representativas del punto, material audiovisual, presencia de unidades suministradoras de servicios ecosistémicos, servicios ecosistémicos y la magnitud de su extensión. A continuación, se presentan tanto las coordenadas de los puntos de muestreo y de evaluación de servicios ecosistémicos como los resultados obtenidos.

Tabla 10: Ubicación efectiva de los puntos de muestreo y evaluación de servicios ecosistémicos. Campaña N° 1

Punto de muestreo	Coordenadas (UTM WGS84)	
	Este	Norte
AZ-1	503.136	3.963.130
AZ-2	511.075	3.960.670
AZ-3	512.172	3.960.167
FA-1	512.260	3.960.181
FA-2	517.151	3.959.847
FA-3	512.920	3.959.231
BE-1	512.620	3.956.500
BE-2	512.139	3.954.283
BE-3	511.042	3.952.040

Fuente: LQA CENMA

4.3.1.1.1 Desembocadura Río Azopardo (AZ-1)

El punto de muestreo AZ-1 ubicado aproximadamente a 1 km aguas arriba de la desembocadura del Río Azopardo (Ilustración 26), evidencia todas las unidades suministradoras de servicios identificadas en la revisión de antecedentes: **turbales** en baja cantidad; pequeños **bosques** de lenga y coigüe al pie de la montaña; el **Río Azopardo** muestra un ancho aproximado de 35 metros; el **suelo** en el punto de muestreo no presenta signos de intervención antrópica no obstante se evidencia la presencia de cercos perimetrales en el entorno y un camino no pavimentado a 200 metros que lleva a Caleta María. Además, a 400 metros aproximadamente se registran actividades humanas correspondientes a movimientos de tierra (extracción de áridos) producto de la construcción del Aeródromo. La **vegetación** cercana al Río Azopardo se compone principalmente de especies arbustivas. Respecto a la **fauna terrestre** solo se aprecian aves en baja cantidad. En cuanto a los servicios ecosistémicos en el punto de muestreo solo se registran de **Regulación**. En la Tabla 11 se detalla la información obtenida:

Tabla 11: Información registrada en terreno Desembocadura Río Azopardo

Componente	Unidad suministradora de servicios	Presencia	Magnitud de la extensión	Servicio de los ecosistemas	Presencia
Agua	Ríos	Si	Río de fuerte caudal y ancho de 35 m	Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si
				Pesca deportiva	No
Suelo	Suelo	Si	Sin uso, en el punto, presencia de camino a 200m e infraestructura a 400m	Producción de ganado	No
				Infraestructura de turismo (hoteles y cabañas)	No
				Cultivos	No
				Asentamientos humanos	No
Fauna terrestre	Mamíferos, aves	Si	Solo aves registrada en terreno	Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si
Fauna acuática	Peces,	Si	En toda la extensión	Pesca deportiva	No
	Macroinvertebrados (Bioindicador)	Si		Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si
Flora Terrestre	Bosques	Si	Pequeñas formaciones con gran extensión al pie de la montaña	Captura de carbono	Si
				Provisión de leña	No
				Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si
				Protección de la erosión, derrumbes e inundaciones	Si
	Turbales	Si	Baja presencia, solo puntual	Captura de carbono	Si
				Retención y acumulación de agua	Si
				Explotación de turbales (carbón)	No
Vegetación	Si	Baja de tipo arbustiva	Hábitat a especies	Si	
Flora Acuática	Clorofila Bioindicador	Si	Baja cantidad evidencia la condición oligotrófica del río	Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si

Fuente: Elaboración propia CENMA



Ilustración 26: Punto de muestreo AZ-1
Fuente: LQA CENMA Campaña noviembre 2015

4.3.1.1.2 Punto medio Río Azopardo (AZ-2)

El punto de muestreo AZ-2 ubicado aproximadamente a 1,2 km aguas debajo de la naciente del Río Azopardo (Ilustración 27), evidencia todas las unidades suministradoras de servicios identificadas en la revisión de antecedentes: **turbales** en toda la extensión del suelo desde el camino al lecho del río (200 metros aproximadamente); se aprecian pequeños **bosques** al pie de la montaña de lenga y coigüe; el **Río Azopardo** muestra un ancho promedio aproximado de 50 metros; el **suelo** del punto de muestreo no presenta signos de intervención antrópica, solo el camino no pavimentado ubicado a 200 metros aprox. se registran actividades humanas correspondientes al paso de camiones por los movimientos de tierra (extracción de áridos) producto de la construcción del Aeródromo; la **vegetación** cercana al Río Azopardo se compone principalmente de turba y especies arbustivas (cunquillos). Respecto a la **fauna terrestre** solo se aprecian aves en baja cantidad. En cuanto a los servicios ecosistémicos en el punto de muestreo solo se registran de **Regulación**. En la Tabla 12 se detalla la información obtenida:

Tabla 12: Información registrada en terreno punto intermedio Río Azopardo

Componente	Unidad suministradora de servicios	Presencia	Magnitud de la extensión	Servicio de los ecosistemas	Presencia
Agua	Ríos	Si	Río de fuerte caudal y ancho de 50 m	Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si
				Pesca deportiva	No
Suelo	Suelo	Si	Sin uso, en el punto, presencia de camino a 200m	Producción de ganado	No
				Infraestructura de turismo (hoteles y cabañas)	No
				Cultivos	No
				Asentamientos humanos	No
Fauna terrestre	Mamíferos, aves	Si	Solo aves registrada en terreno	Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si
Fauna acuática	Peces	Si	En toda la extensión	Pesca deportiva	No
	Macroinvertebrados (Bioindicador)	Si		Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si
Flora Terrestre	Bosques	Si	Pequeñas formaciones con gran extensión al pie de la montaña	Captura de carbono	Si
				Provisión de leña	No
				Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si
				Protección de la erosión, derrumbes e inundaciones	Si
	Turbales	Si	Baja presencia, solo puntual	Captura de carbono	Si
				Retención y acumulación de agua	Si
			Explotación de turbales (carbón)	No	
	Vegetación	Si	Alta compuesta de turba y cunquillos	Hábitat a especies	Si
Flora Acuática	Clorofila Bioindicador	Si	Baja cantidad evidencia la condición oligotrófica del río	Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si

Fuente: Elaboración propia CENMA



Ilustración 27: Punto de muestreo AZ-2
Fuente: LQA CENMA Campaña noviembre 2015

4.3.1.1.3 Naciente Río Azopardo (AZ-3)

El punto de muestreo AZ-3 corresponde a la naciente de Río Azopardo (Ilustración 28), evidencia todas las unidades suministradoras de servicios identificadas en la revisión de antecedentes: **turba** en gran parte del suelo no intervenido; se aprecian pequeños **bosques** al pie de la montaña de lenga y coigüe; el **Río Azopardo** muestra un ancho promedio aproximado de 50 metros; el **suelo** del punto de muestreo presenta evidentes signos de intervención antrópica, producto principalmente de la construcción de la Senda de penetración Vicuña–Yendegaia la cual cruza el río por medio del puente Roberto Sturiza y el camino que lleva a la Caleta María. Se registran actividades humanas correspondientes al paso de camiones por los movimientos de tierra (extracción de áridos) producto de la construcción del Aeródromo y de la Senda de penetración Vicuña–Yendegaia; la **vegetación** cercana al Río Azopardo al igual que en los puntos anteriores se compone principalmente de turba y especies arbustivas. Respecto a la **fauna terrestre** solo se aprecian aves en baja cantidad. En cuanto a los servicios ecosistémicos en el punto de muestreo solo se registran de **Regulación**. En la Tabla 13 se detalla la información obtenida:

Tabla 13: Información registrada en terreno punto naciente Río Azopardo

Componente	Unidad suministradora de servicios	Presencia	Magnitud de la extensión	Servicio de los ecosistemas	Presencia
Agua	Ríos	Si	Río de fuerte caudal y ancho de 50 m	Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si
				Pesca deportiva	No
Suelo	Suelo	Si	Uso vial la Senda de penetración Vicuña–Yendegaia y camino a Caleta María	Producción de ganado	No
				Infraestructura de turismo (hoteles y cabañas)	No
				Cultivos	No
				Asentamientos humanos	No
Fauna terrestre	Mamíferos, aves	Si	Solo aves registrada en terreno	Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si
Fauna acuática	Peces,	Si	En toda la extensión	Pesca deportiva	No
	Macroinvertebrados (Bioindicador)	Si		Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si
Flora Terrestre	Bosques	Si	Pequeñas formaciones con gran extensión al pie de la montaña	Captura de carbono	Si
				Provisión de leña	No
				Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si
				Protección de la erosión, derrumbes e inundaciones	Si
	Turbales	Si	Alta presencia, en toda la extensión	Captura de carbono	Si
				Retención y acumulación de agua	Si
			Explotación de turbales (carbón)	No	
	Vegetación	Si	Alta de tipo arbustiva	Hábitat a especies	Si
Flora Acuática	Clorofila Bioindicador	Si	Baja cantidad evidencia la condición oligotrófica del río	Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si

Fuente: Elaboración propia CENMA

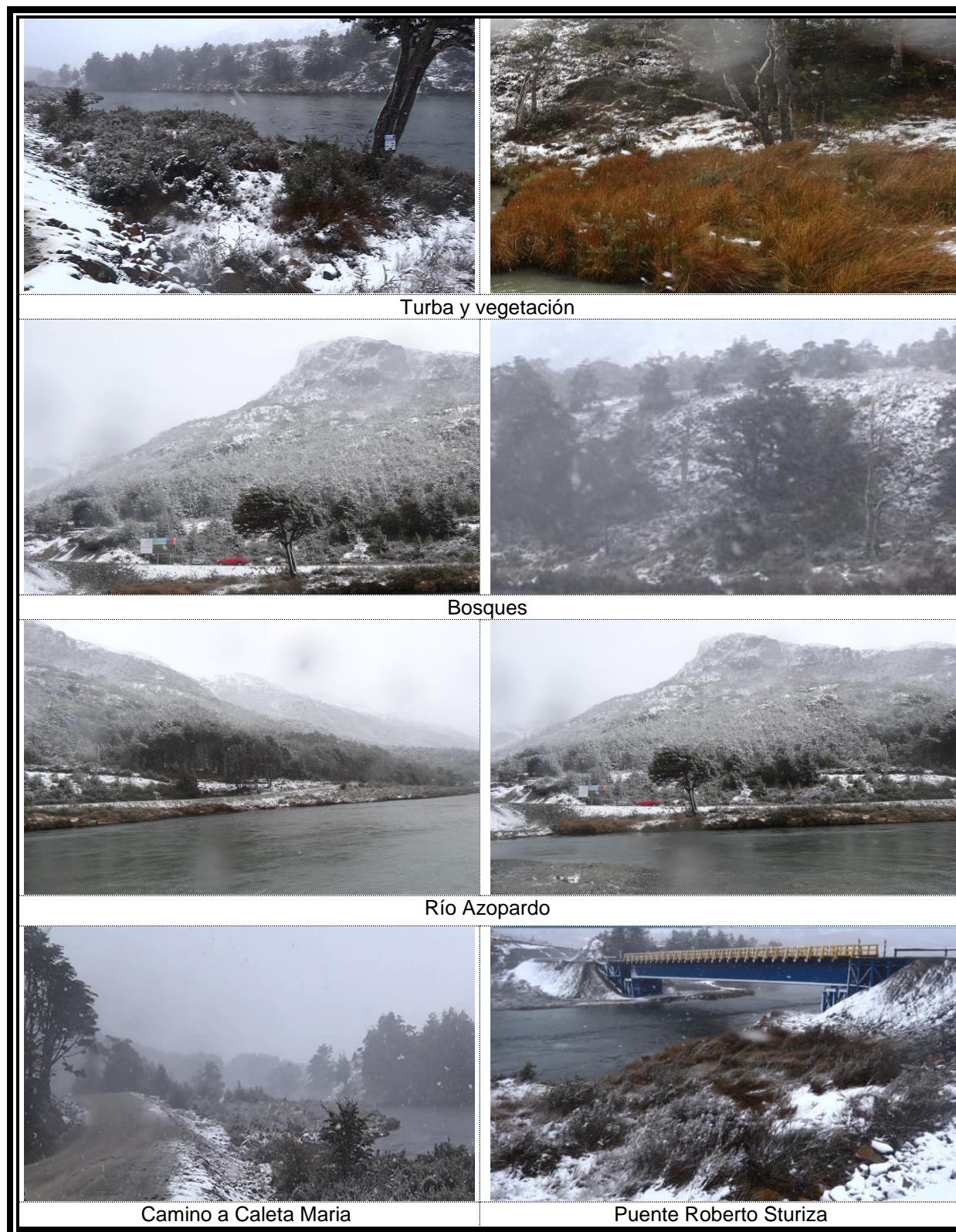


Ilustración 28: Punto de muestreo AZ-3
Fuente: LQA CENMA Campaña noviembre 2015

4.3.1.1.4 Ribera noroeste Lago Fagnano (FA-1)

El punto de muestreo FA-1 se encuentra en la ribera noroeste del Lago Fagnano al pie de la montaña, ubicado a 80 metros aproximadamente de la naciente del Río Azopardo. Se aprecian todas las unidades suministradoras de servicios identificadas en la revisión de antecedentes: **turba** en las inmediaciones del suelo; se aprecian pequeños **bosques** en el entorno de lenga y coigüe; el **Lago Fagnano** muestra un ancho aproximado de 450 metros desde el punto de muestreo a la orilla sur; el **suelo** del punto de muestreo no presenta signos de intervención antrópica, no obstante, la Senda de penetración Vicuña–Yendegaia bordea toda la extensión del sector oeste del lago. Se constatan actividades humanas correspondientes a movimientos de tierra (extracción de áridos) y tronaduras producto de la construcción principalmente de la Senda de penetración Vicuña–Yendegaia; la **vegetación** cercana al Lago Fagnano se compone principalmente de turba y especies arbustivas, elementos que se aprecian homogéneamente en toda la extensión de la orilla del lago. Respecto a la **fauna terrestre** solo se aprecian aves en baja cantidad. En cuanto a los servicios ecosistémicos en el punto de muestreo además del de **Regulación** se registró la pesca como servicio de **Provisión**. En la Tabla 13 se detalla la información obtenida:

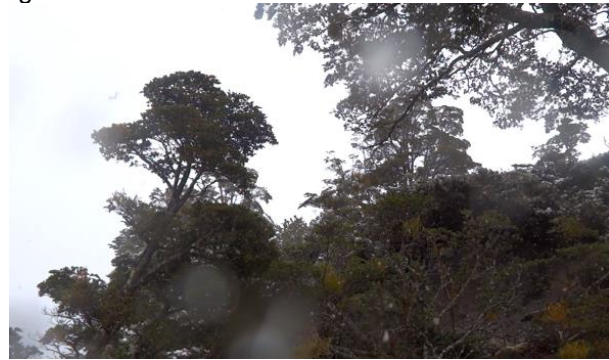
Tabla 14: Información registrada en terreno ribera noroeste del Lago Fagnano (FA-1)

Componente	Unidad suministradora de servicios	Presencia	Magnitud de la extensión	Servicio de los ecosistemas	Presencia
Agua	Lago	Si	Lago de origen glaciar de grandes dimensiones	Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si
				Pesca deportiva	Si
Suelo	Suelo	Si	Sin uso, en el punto, presencia de camino a que bordea el lago	Producción de ganado	No
				Infraestructura de turismo (hoteles y cabañas)	No
				Cultivos	No
				Asentamientos humanos	No
Fauna terrestre	Mamíferos, aves	Si	Solo aves registradas en terreno	Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si
Fauna acuática	Peces,	Si	En toda la extensión	Pesca deportiva	Si
	Macroinvertebrados (Bioindicador)	Si		Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si
Flora Terrestre	Bosques	Si	Pequeñas formaciones con gran extensión a la orilla del lago	Captura de carbono	Si
				Provisión de leña	No
				Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si
				Protección de la erosión, derrumbes e inundaciones	Si
	Turbales	Si	Alta presencia, en toda la extensión	Captura de carbono	Si
				Retención y acumulación de agua	Si
Vegetación	Si	Alta de tipo arbustiva	Explotación de turbales (carbón)	No	
Flora Acuática	Clorofila Bioindicador	Si	Baja cantidad por condición oligotrófica	Hábitat a especies	Si
				Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si

Fuente: Elaboración propia CENMA



Turba y vegetación



Bosques



Lago Fagnano



Pesca deportiva



Puente Roberto Sturiza

Ilustración 29: Punto de muestreo FA-1
Fuente: LQA CENMA Campaña noviembre 2015

4.3.1.1.5 Ribera norte Lago Fagnano (FA-2)

El punto de muestreo FA-2 se ubica en la ribera norte del Lago Fagnano, y se encuentra próximo a la desembocadura de uno de los tributarios del Lago. Se aprecian todas las unidades suministradoras de servicios identificadas en la revisión de antecedentes: **turba** en las inmediaciones del suelo; se aprecian pequeños **bosques** en el entorno de lenga y coigüe, los cuales proveen de leña; el **Lago Fagnano** muestra un ancho aproximado de 3000 metros desde el punto de muestreo a la orilla sur; el **suelo** del punto de muestreo no presenta signos de intervención antrópica, no obstante cercano al punto (200 metros aprox.) se observan restos de un muelle, cierres perimetrales y una embarcación menor en desuso, todo propiedad del titular de la Estancia Lago Fagnano, ubicada a 400 metros aprox., la cual cuenta con cabañas equipadas para el turismo; la **vegetación** cercana al Lago Fagnano se compone de turba y especies arbustivas, elementos que se aprecian homogéneamente en toda la extensión de la orilla del lago. Respecto a la **fauna terrestre** solo se aprecian aves en baja cantidad. En cuanto a los servicios ecosistémicos en el punto de muestreo además del de **Regulación** se registró la pesca, la provisión de leña y la Infraestructura de turismo como servicios de **Provisión**. En la Tabla 15 se detalla la información obtenida:

Tabla 15: Información registrada en terreno ribera norte Lago Fagnano (FA-2)

Componente	Unidad suministradora de servicios	Presencia	Magnitud de la extensión	Servicio de los ecosistemas	Presencia
Agua	Lago	Si	Lago de origen glaciar de grandes dimensiones	Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si
				Pesca deportiva	Si
Suelo	Suelo	Si	Sin uso, en el punto, presencia de camino a que bordea el lago	Producción de ganado	No
				Infraestructura de turismo (hoteles y cabañas)	Si
				Cultivos	No
				Asentamientos humanos	Si
Fauna terrestre	Mamíferos, aves	Si	Solo aves registradas en terreno	Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si
Fauna acuática	Peces,	Si	En toda la extensión	Pesca deportiva	Si
	Macroinvertebrados (Bioindicador)	Si		Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si
Flora Terrestre	Bosques	Si	Pequeñas formaciones con gran extensión a la orilla del lago	Captura de carbono	Si
				Provisión de leña	Si
				Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si
				Protección de la erosión, derrumbes e inundaciones	Si
	Turbales	Si	Alta presencia, en toda la extensión	Captura de carbono	Si
				Retención y acumulación de agua	Si
Vegetación	Si	Alta de tipo arbustiva	Explotación de turbales (carbón)	No	
Flora Acuática	Clorofila Bioindicador	Si	Baja cantidad por condición oligotrófica	Hábitat a especies	Si
				Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si

Fuente: Elaboración propia CENMA



Ilustración 30: Punto de muestreo FA-2
Fuente: LQA CENMA Campaña noviembre 2015

4.3.1.1.6 Ribera sur Lago Fagnano (FA-3)

El punto de muestreo FA-3 se ubica en la ribera sur del Lago Fagnano, y se encuentra próximo (600 metros) a la estación del C.M.T. y a 100 metros de un tributario menor. Se aprecian todas las unidades suministradoras de servicios identificadas en la revisión de antecedentes: **turba** en las inmediaciones del suelo; pequeños **bosques** en el entorno de lenga y coigüe; el **Lago Fagnano** muestra un ancho aproximado de 1300 metros desde el punto de muestreo a la orilla norte; el **suelo** no presenta signos de intervención antrópica, sin embargo, se constató la presencia del C.M.T. a 600 metros aproximadamente. Se observan movimientos de camiones y tronaduras producto de la construcción de la Senda de penetración Vicuña–Yendegaia; la **vegetación** cercana al Lago Fagnano al igual que lo descrito en los puntos anteriores se compone de turba y especies arbustivas. Respecto a la **fauna terrestre** solo se aprecian aves en baja cantidad

En cuanto a los servicios ecosistémicos en el punto de muestreo solo se registra el de **Regulación**. En la Tabla 16 se detalla la información obtenida:

Tabla 16: Información registrada en terreno ribera sur Lago Fagnano (FA-3)

Componente	Unidad suministradora de servicios	Presencia	Magnitud de la extensión	Servicio de los ecosistemas	Presencia
Agua	Lago	Si	Lago de origen glaciar de grandes dimensiones	Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si
				Pesca deportiva	Si
Suelo	Suelo	Si	Sin uso, en el punto, presencia de camino a que bordea el lago	Producción de ganado	No
				Infraestructura de turismo (hoteles y cabañas)	No
				Cultivos	No
				Asentamientos humanos	Si
Fauna terrestre	Mamíferos, aves	Si	Solo aves registradas en terreno	Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si
Fauna acuática	Peces,	Si	En toda la extensión	Pesca deportiva	No
	Macroinvertebrados (Bioindicador)	Si		Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si
Flora Terrestre	Bosques	Si	Pequeñas formaciones con gran extensión a la orilla del lago	Captura de carbono	Si
				Provisión de leña	Si
				Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si
				Protección de la erosión, derrumbes e inundaciones	Si
	Turbales	Si	Alta presencia, en toda la extensión	Captura de carbono	Si
				Retención y acumulación de agua	Si
				Explotación de turbales (carbón)	No
Vegetación	Si	Alta de tipo arbustiva	Hábitat a especies	Si	
Flora Acuática	Clorofila Bioindicador	Si	Baja cantidad por condición oligotrófica	Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si

Fuente: Elaboración propia CENMA

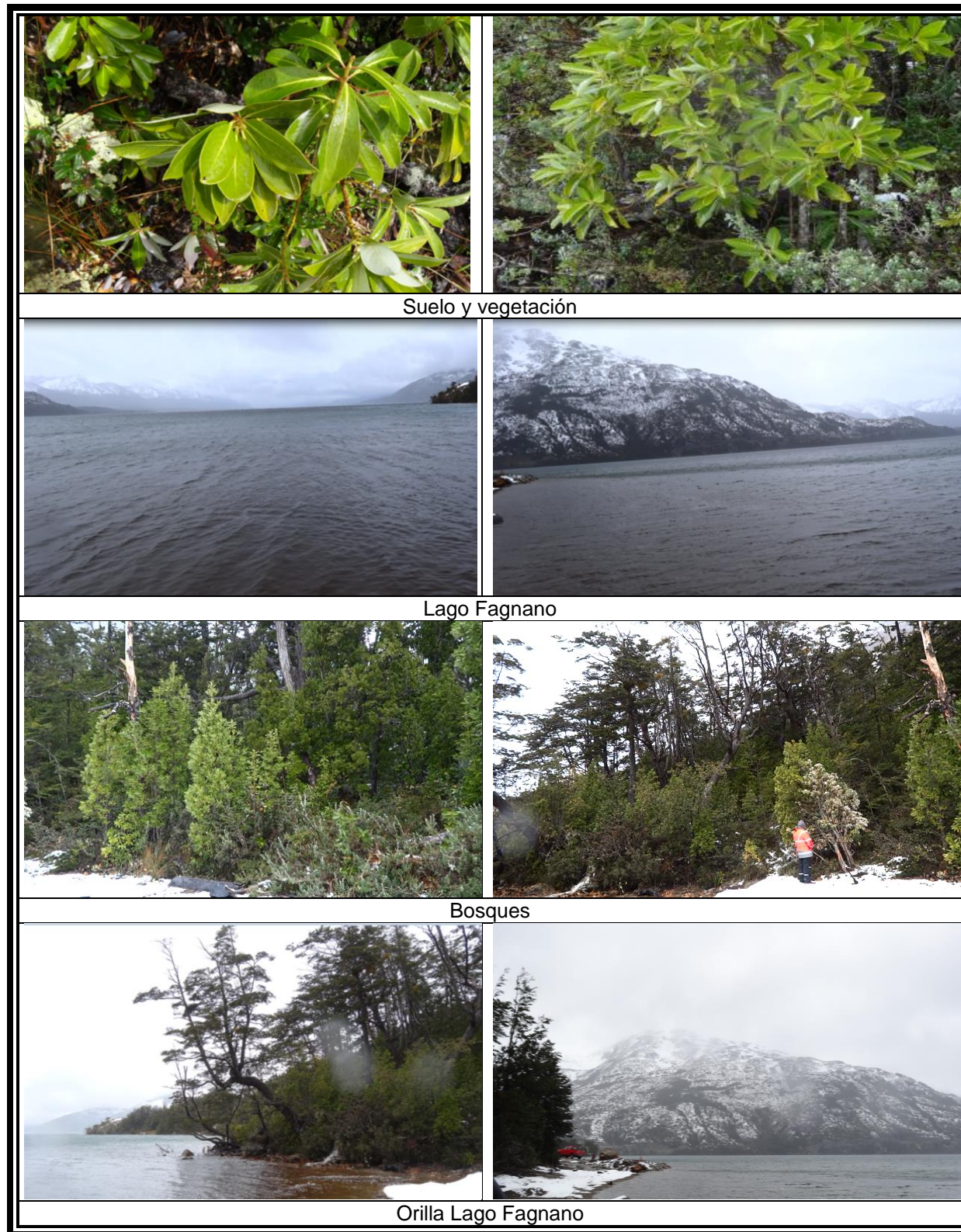


Ilustración 31: Punto de muestreo FA-3
Fuente: LQA CENMA Campaña noviembre 2015

4.3.1.1.7 Desembocadura Río Betbeder (BE-1)

El Río Betbeder es un tributario del Lago Fagnano. El punto de muestreo BE-1 se ubica a 2300 metros aproximadamente antes de que este desemboque en la ribera sur del lago. Se aprecian todas las unidades suministradoras de servicios identificadas en la revisión de antecedentes: **turba** en gran extensión en el valle; grandes **bosques** en el entorno de lenga y coigüe; el **río** Betbeder muestra un ancho aproximado de 28 metros y de gran caudal no torrentoso; el **suelo** en el punto de muestreo evidencia signos de intervención antrópica, probablemente productos de extracción de áridos para la construcción de la Senda de penetración Vicuña–Yendegaia. Se observan un activo movimientos de camiones y tronaduras producto de la construcción de la Senda; la **vegetación** se compone de turba y especies arbustivas. Los elementos se muestran homogéneamente en toda la extensión de la cuenca del río. Respecto a la **fauna terrestre** solo se observan especies de aves durante el terreno.

En cuanto a los servicios ecosistémicos en el punto de muestreo solo se registra el de **Regulación**. En la Tabla 17 se detalla la información obtenida:

Tabla 17: Información registrada en terreno punto BE-1 Río Betbeder

Componente	Unidad suministradora de servicios	Presencia	Magnitud de la extensión	Servicio de los ecosistemas	Presencia
Agua	Río	Si	Río de fuerte caudal y ancho de 28 m	Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si
				Pesca deportiva	No
Suelo	Suelo	Si	Sin uso, en el punto, a 100 m uso vial (Senda de penetración Vicuña–Yendegaia)	Producción de ganado	No
				Infraestructura de turismo (hoteles y cabañas)	No
				Cultivos	No
				Asentamientos humanos	No
Fauna terrestre	Mamíferos, aves	Si	Solo aves registradas en terreno	Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si
Fauna acuática	Peces,	Si	En toda la extensión	Pesca deportiva	No
	Macroinvertebrados (Bioindicador)	Si		Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si
Flora Terrestre	Bosques	Si	Abundantes formaciones de gran extensión	Captura de carbono	Si
				Provisión de leña	Si
				Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si
				Protección de la erosión, derrumbes e inundaciones	Si
	Turbales	Si	Alta presencia, en toda la extensión del valle	Captura de carbono	Si
				Retención y acumulación de agua	Si
			Explotación de turbales (carbón)	No	
	Vegetación	Si	Alta de tipo arbustiva	Hábitat a especies	Si
Flora Acuática	Clorofila Bioindicador	Si	Baja cantidad por condición oligotrófica	Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si

Fuente: Elaboración propia CENMA



Ilustración 32: Punto de muestreo BE-1
Fuente: LQA CENMA Campaña noviembre 2015

4.3.1.1.8 Río Betbeder (BE-2)

El punto de muestreo BE-2 se ubica a 4500 metros aproximadamente antes de la desembocadura en la ribera sur del Lago Fagnano. Se aprecian todas las unidades suministradoras de servicios identificadas en la revisión de antecedentes: **turba** en gran extensión en el valle; grandes **bosques** en el entorno de lenga y coigüe; el **Río** Betbeder muestra un ancho aproximado de 40 metros y de gran caudal no torrentoso; el **suelo** en el punto de muestreo evidencia signos de intervención antrópica, productos de la construcción de la Senda de penetración Vicuña–Yendegaia. Se observan un activo movimientos de camiones; la **vegetación** se compone de turba y especies arbustivas. Los elementos se muestran homogéneamente en toda la extensión de la cuenca del río. Respecto a la **fauna terrestre** solo se observan especies de aves durante el terreno.

En cuanto a los servicios ecosistémicos en el punto de muestreo solo se registra el de **Regulación**. En la Tabla 18 se detalla la información obtenida:

Tabla 18: Información registrada en terreno punto BE-2 río Betbeder

Componente	Unidad suministradora de servicios	Presencia	Magnitud de la extensión	Servicio de los ecosistemas	Presencia
Agua	Río	Si	Río de fuerte caudal y ancho de 40 m	Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si
				Pesca deportiva	No
Suelo	Suelo	Si	Sin uso, en el punto, a 100 m uso vial (Senda de penetración Vicuña–Yendegaia)	Producción de ganado	No
				Infraestructura de turismo (hoteles y cabañas)	No
				Cultivos	No
				Asentamientos humanos	No
Fauna terrestre	Mamíferos, aves	Si	Solo aves registradas en terreno	Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si
Fauna acuática	Peces,	Si	En toda la extensión	Pesca deportiva	No
	Macroinvertebrados (Bioindicador)	Si		Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si
Flora Terrestre	Bosques	Si	Abundantes formaciones de gran extensión	Captura de carbono	Si
				Provisión de leña	Si
				Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si
				Protección de la erosión, derrumbes e inundaciones	Si
	Turbales	Si	Alta presencia, en toda la extensión del valle	Captura de carbono	Si
				Retención y acumulación de agua	Si
			Explotación de turbales (carbón)	No	
	Vegetación	Si	Alta de tipo arbustiva	Hábitat a especies	Si
Flora Acuática	Clorofila Bioindicador	Si	Baja cantidad por condición oligotrófica	Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si

Fuente: Elaboración propia CENMA



Ilustración 33: Punto de muestreo BE-2
Fuente: LQA CENMA Campaña noviembre 2015

4.3.1.1.9 Tributario del Río Betbeder (BE-3)

El punto de muestreo BE-3 se ubica a 7000 metros aproximadamente aguas arriba de la desembocadura en el Lago Fagnano. Este corresponde a un tributario del Río Betbeder. A diferencia de los puntos de muestreo anteriores, este presenta características de quebrada y se interna hacia la montaña. Se aprecian todas las unidades suministradoras de servicios identificadas en la revisión de antecedentes: **turba** en gran extensión en el suelo; grandes formaciones de **bosques** en el entorno de lenga y coigüe; el **río** muestra un ancho aproximado de 8 metros y presenta un gran caudal torrentoso; el **suelo** en el punto de muestreo no evidencia signos de intervención antrópica, no obstante cerca del punto de muestreo se constata la presencia de un puente mecano, un botadero de estériles y al igual que en los otros puntos gran actividad humana correspondiente a movimientos de camiones y tronaduras producto de la construcción de la Senda de penetración Vicuña–Yendegaia; la **vegetación** se compone de turba y especies arbustivas en gran abundancia. Los elementos se muestran homogéneamente en toda la extensión de la quebrada. Respecto a la **fauna terrestre** solo se observan especies de aves durante el terreno. En cuanto a los servicios ecosistémicos en el punto de muestreo solo se registra el de **Regulación**. En la Tabla 19 se detalla la información obtenida:

Tabla 19: Información registrada en terreno punto BE-3

Componente	Unidad suministradora de servicios	Presencia	Magnitud de la extensión	Servicio de los ecosistemas	Presencia
Agua	Río	Si	Río de fuerte caudal y ancho de 8 m	Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si
				Pesca deportiva	No
Suelo	Suelo	Si	Sin uso, en el punto, a 100 m uso vial (Senda de penetración Vicuña–Yendegaia)	Producción de ganado	No
				Infraestructura de turismo (hoteles y cabañas)	No
				Cultivos	No
				Asentamientos humanos	No
Fauna terrestre	Mamíferos, aves	Si	Solo aves registradas en terreno	Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si
Fauna acuática	Peces,	Si	En toda la extensión	Pesca deportiva	No
	Macroinvertebrados (Bioindicador)	Si		Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si
Flora Terrestre	Bosques	Si	Abundantes formaciones de gran extensión en la quebrada	Captura de carbono	Si
				Provisión de leña	Si
				Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si
				Protección de la erosión, derrumbes e inundaciones	Si
	Turbales	Si	Alta presencia, en toda la extensión del valle	Captura de carbono	Si
				Retención y acumulación de agua	Si
Vegetación	Si	Alta de tipo arbustiva	Explotación de turbales (carbón)	No	
Flora Acuática	Clorofila Bioindicador	Si	Baja cantidad por condición oligotrófica	Hábitat a especies	Si
				Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si

Fuente: Elaboración propia CENMA



Ilustración 34: Punto de muestreo BE-3
Fuente: LQA CENMA Campaña noviembre 2015

4.3.2 Caracterización de la cuenca (sistema físico natural, sistemas humanos y uso de suelo)

4.3.2.1 *Sistema físico natural*

4.3.2.1.1 Sistema hídrico

La información obtenida en la revisión de antecedentes respecto del sistema hídrico presente en el AE, fue corroborada en terreno, evidenciando que los cuerpos de agua visitados (Lago Fagnano y los ríos Azopardo y Betbeder) mantienen la biodiversidad y el ecosistema. Estos se presentan prístinos en toda su extensión, con intervenciones puntuales poco significativas producto de intervenciones antrópicas (puentes y embarcaderos). Se evidencian signos de pesca deportiva como actividad ocasional en el Lago Fagnano.

4.3.2.1.2 Fauna terrestre

La composición de la fauna en el AE no presenta grandes variaciones, ya que las asociaciones vegetacionales que persisten en el área son muy similares entre ellas predominando ambientes boscosos por sobre ambientes abiertos de pastizales y turberas. En terreno se evidenció solo la presencia de aves y peces.

En relación con la riqueza de especies en el AE, de acuerdo a prospecciones realizadas⁹ se registraron 45 especies de aves y 7 mamíferos, estando presentes en este último grupo, cinco especies introducidas. El ambiente con mayor número de especies fue el de turberas, con 21 especies, y aquel con la mínima riqueza específica fue el ambiente andino con sólo una especie de ave. Del total de especies registradas durante las prospecciones, siete se encuentran en categoría de amenaza de acuerdo a la legislación vigente en nuestro país. Estas corresponden a cuatro clases de aves y dos mamíferos.

4.3.2.1.3 Fauna acuática

El estudio de macroinvertebrados bentónicos realizado para este proyecto, determinó que los mismos presentan una riqueza similar con otras cuencas patagónicas (18 taxa en total), donde su rol es fundamental en los flujos de energía, principalmente como eslabones entre el componente primario (fitobentos) y los depredadores topes (peces), siendo los principales transformadores de la energía del ecosistema (Palma et al. 2013). Lo anterior se aprecia en la representación de seis grupos funcionales distribuidos en la cuenca en proporciones diferentes, evidenciando una buena salud del ecosistema. Los fragmentadores aquí representan un grupo importante, el que es necesario proteger debido a que son los únicos organismos encargados de transformar la materia orgánica gruesa en fina, y son muy sensibles a alteraciones antrópicas y a agentes contaminantes. Lo anterior adquiere aun mayor relevancia al evidenciar que es solo una familia la que realiza esta importante función ecosistémica: la familia de los Gripopterygidae, perteneciente al Orden de los Plecoptera, un grupo ancestral muy sensible a condiciones de cambio de temperatura, pH, conductividad y oxígeno de las aguas (Palma & Figueroa 2008).

En relación a trofía de la cuenca, los macroinvertebrados bentónicos presentan una proporción importante en las estaciones del río Betbeder (BE1 y BE2), sugiriendo mayor producción primaria y con ello mayor recurso alimentario para este grupo funcional.

Con todo lo anterior, la cuenca del Azopardo es un ecosistema principalmente oligotrófico, de aguas limpias que presenta taxa sensibles a la contaminación, con grupos tróficos que

⁹ Diagnóstico de Ordenamiento Territorial en Caleta María y Lago Fagnano, Tierra del Fuego

evidencian un estado saludable y frágil ante perturbaciones antrópicas, al igual que han demostrado ser otros ecosistemas de la Patagonia.

4.3.2.1.4 Bosques

Los bosques de la Isla Grande de Tierra del Fuego están constituidos esencialmente por formaciones pertenecientes a la familia de las Fagáceas. En terreno se corroboró que de los bosques presentes en el AE es la lenga (*Nothofagus pumilio*) la especie dominante, distribuida en toda la cuenca. El coigüe (*Nothofagus betuloides*), presente principalmente en las masas boscosas circundantes al Lago Fagnano, y en las riberas de los ríos Azopardo y Betbeder. El ñirre (*Nothofagus antarctica*) se encuentra distribuido entre el bosque y la estepa.

4.3.2.1.5 Turberas y estepa

Dentro de las especies vegetales en el AE, también se registraron comunidades de turberas y estepa pantanosa en gran proporción en el valle del Río Betbeder y en moderada proporción en las inmediaciones del Río Azopardo y del Lago Fagnano, localizadas en planicies formando mosaicos de plantas y lagunas abiertas. Estas comunidades vegetales se caracterizan por presentar ambientes con fuertes limitaciones para el desarrollo de la vegetación debido a las frecuentes precipitaciones y bajas temperaturas del área. Las comunidades de pantano están normalmente dominadas por *Sphagnum magallanicum* asociadas a varias especies graminoideas y otras herbáceas.

4.3.2.1.6 Matorral arbustivo

Se observó también la presencia esporádica de matorrales entre los bosques de lenga y ñirres ubicados al norte del Lago Fagnano, Río Azopardo y Río Betbeder.

4.3.2.1.7 Suelo

Los suelos más comunes en el AE son de turba, formados por acumulaciones de materia orgánica semidescompuesta, lo que da como resultado un suelo con más de 90% de materia orgánica, muy pobre en fracción mineral y de pH ácido, deficiente en nutrientes. Estos suelos derivan de la combinación de bajas temperaturas que determina el proceso de humidificación lento e incompleto y sobresaturación de agua como resultado de altas precipitaciones y un substrato que impide un drenaje adecuado.

En los planos aluviales se desarrolla un tipo de suelo característico y que puede considerarse como azonal, al estar en un proceso formativo. Estos valles están rellenos por una profusión de bloques y fragmentos rocosos grániticos, de variables dimensiones, mezclados con abundante material fragmentado de menor tamaño, depositados directamente por el hielo.

4.3.2.1.8 Sistemas humanos

En la ribera norte del Lago Fagnano se encuentra la Estancia Lago Fagnano, la cual corresponde a la única instalación equipada para proporcionar alojamiento turístico en el AE.

Se realizó una visita al Cuerpo Militar del Trabajo (C.M.T), quienes cuentan actualmente con instalaciones formadas de 2 campamentos ubicados en las inmediaciones del Lago Fagnano.

No se visitó la comunidad de Timaukel no obstante este corresponde al asentamiento humano más cercano al AE.

4.3.2.1.9 Usos del suelo

Se verificó en terreno que en el área no existen usos productivos, siendo en totalidad un área silvestre, con intervenciones puntuales producto de la construcción de caminos a cargo del Cuerpo Militar del Trabajo (C.M.T), quienes utilizan actualmente 2 campamentos ubicados en las inmediaciones del Lago Fagnano y la Estancia del Lago Fagnano que presenta uso habitacional y turístico.

Las categorías de uso de suelo que abarcan la mayor superficie corresponden principalmente a praderas seguidas de formaciones boscosas.

4.4 Reuniones de Planificación de Campaña de Terreno N°2

4.4.1 Reuniones de trabajo y ajuste con la contraparte técnica del proyecto

Se desarrollaron reuniones de trabajo antes y durante la campaña N°2 de terreno, en las cuales junto con presentar el **Plan de Muestreo (Anexo B)** correspondiente, se discutieron los objetivos y alcances de la campaña de terreno. Las minutas de reuniones se encuentran en el **Anexo C**.

4.5 Campaña de terreno N°2

4.5.1 Elaboración de Plan de Muestreo considerando cambios estacionales y número representativo de muestras, fuentes de descarga puntuales y difusas

Se elaboró el Plan de Muestreo PM/N°004-2016 (**Anexo B**) para efectuar el trabajo en terreno, cuyo alcance considera las actividades necesarias para:

- Caracterizar las principales amenazas a la biodiversidad asociadas a la prestación de los servicios ecosistémicos
- Jerarquizar las amenazas a la biodiversidad asociada a la prestación de los servicios ecosistémicos identificados.
- Caracterizar del nivel de impacto de las amenazas actuales y potenciales identificadas sobre la biodiversidad y el recurso hídrico

4.5.2 Desarrollo de Campaña de Terreno N°2

Desde el 14 al 17 de marzo de 2016 se realizó la segunda campaña de terreno, en la cual se visitaron los 9 puntos de recorridos en la Campaña N° 1. Adicionalmente se incorporó un nuevo punto de muestreo correspondiente a otro tributario del Río Betbeder denominado como Río Toledo. En cada punto se realizaron inspecciones visuales haciendo hincapié en la caracterización de las potenciales amenazas a los servicios ecosistémicos identificados previamente.

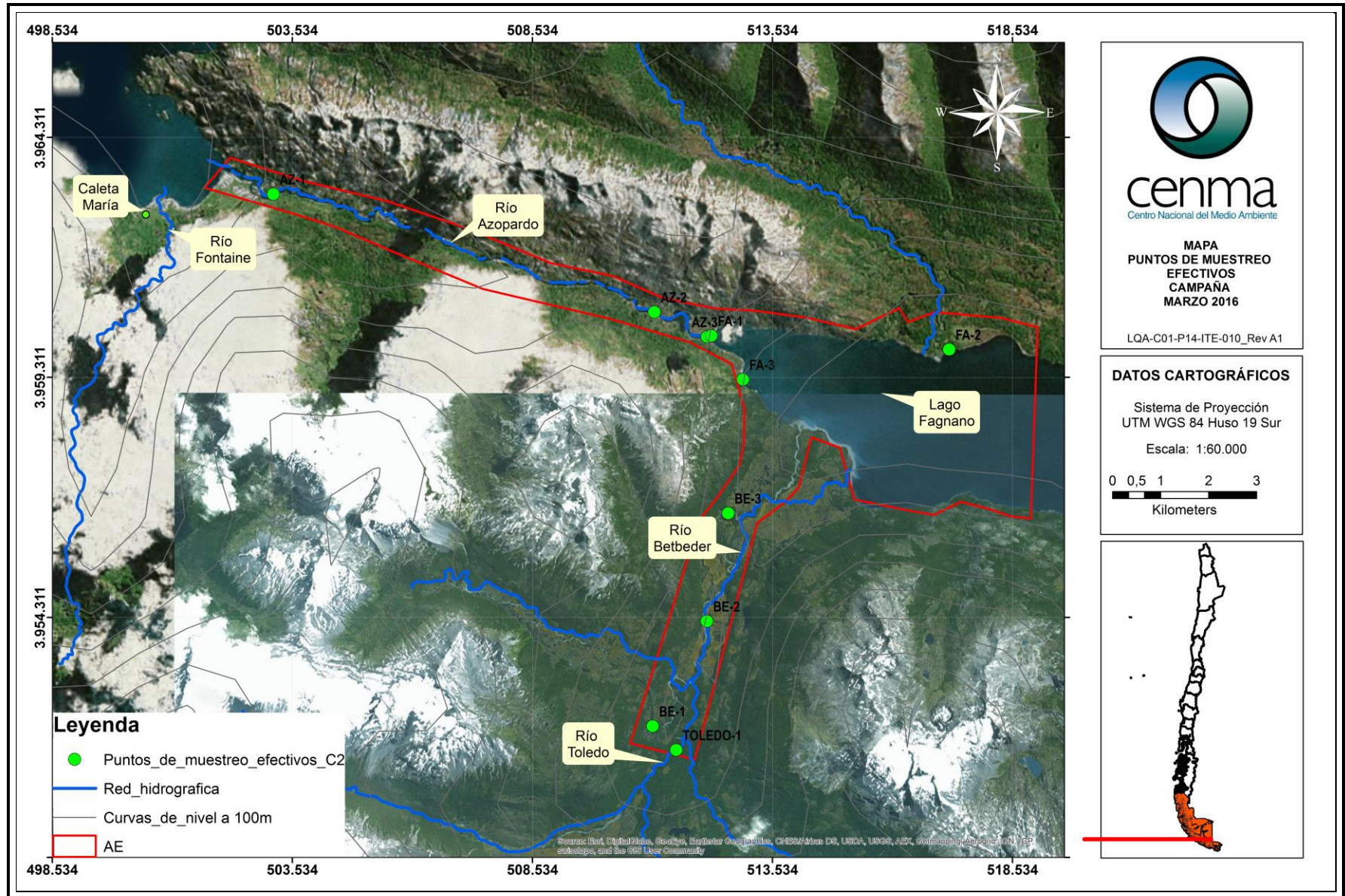


Ilustración 35: Mapa ubicación efectiva de los puntos de muestreo Campaña N° 2

Fuente: LQA CENMA Campaña de muestreo Marzo 2016

4.5.3 Verificación en terreno de los servicios ecosistémicos identificados en la cuenca.

En la Campaña de muestreo N°2 se realizó un segundo reconocimiento del entorno de cada uno de los lugares definidos en el Plan de Muestreo, registrando en cada caso las coordenadas geográficas representativas del punto, material audiovisual, presencia de unidades suministradoras de servicios ecosistémicos, servicios ecosistémicos y la magnitud de su extensión. A continuación, se presentan los resultados obtenidos.

Tabla 20: Ubicación efectiva de los puntos de muestreo y evaluación de servicios ecosistémicos. Campaña N° 2

Punto de muestreo	Coordenadas (UTM WGS84)	
	Este	Norte
AZ-1 C2	503.136	3.963.130
AZ-2 C2	511.073	3.960.671
AZ-3 C2	512.172	3.960.157
FA-1 C2	512.261	3.960.177
FA-2 C2	517.214	3.959.891
FA-3 C2	512.920	3.959.267
BE-1 C2	511.039	3.952.044
BE-2 C2	512.167	3.954.232
BE-3 C2	512.612	3.956.480
Toledo-1	511.528	3.951.548

Fuente: LQA CENMA

4.5.3.1.1 Desembocadura Río Azopardo Campaña N°2 (AZ-1 C2)

El punto de muestreo AZ-1 C2 no evidencia cambios respecto a las observaciones realizadas en la visita de la campaña N°1, solamente la ausencia de actividades humanas correspondientes a movimientos de tierra (extracción de áridos) producto de la construcción de un aeródromo Caleta María registradas anteriormente. No se evidenció la presencia de servicios ecosistémicos culturales o de provisión solo de regulación. Se observa la presencia de cercos perimetrales aledaños. Cercano al río predominan las especies arbustivas. Al pie de la montaña, se aprecian pequeños bosques de lenga y coigüe. En el entorno se aprecia turba en baja cantidad. Los elementos se aprecian distribuidos homogéneamente en toda la extensión del punto de muestreo.



Ilustración 36: Punto de muestreo AZ-1 C2
Fuente: LQA CENMA Campaña de muestreo Marzo 2016

Se visitó la zona denominada Caleta María ubicada en el extremo sur de la desembocadura del Río Azopardo en el Seno del Almirantazgo. Allí se constató evidencia de reciente actividad humana, probablemente de tipo esporádico. Se observó maquinarias en desuso, a la

intemperie, proveniente del antiguo aserradero y restos del muelle Caleta María en la orilla del Seno del Almirantazgo.



Ilustración 37: Caleta María

Fuente: LQA CENMA Campaña de muestreo Marzo 2016

Entre el punto AZ-1 y Caleta María se registró el Río Fontaine que desemboca en el Seno del Almirantazgo, el cual presenta un ancho aproximado de 15 metros y de caudal medio. Este es cruzado por el camino que lleva a Caleta María por un puente mecano Ilustración 38.



Ilustración 38: Río Fontaine

Fuente: LQA CENMA Campaña de muestreo Marzo 2016

4.5.3.1.2 Punto medio Río Azopardo Campaña N°2 (AZ-2 C2)

El punto de muestreo AZ-2 C2 tampoco evidenció cambios respecto de lo registrado en la Campaña N°1, solamente la ausencia de actividades humanas correspondientes a movimientos de tierra (extracción de áridos) producto de la construcción de un aeródromo Caleta María registradas anteriormente. No se evidenció la presencia de servicios ecosistémicos culturales o de provisión solo de regulación. Desde el camino hasta el al río predominan los cunquillos. Al pie de la montaña, se aprecian pequeños bosques de lenga y coigüe. En el entorno se aprecia turba en mayor cantidad que en el punto AZ-1. Los elementos se aprecian homogéneamente distribuidos en toda la extensión de la zona.



Ilustración 39: Punto de muestreo AZ-2 C2
Fuente: LQA CENMA Campaña de muestreo Marzo 2016



4.5.3.1.7 Desembocadura Río Betbeder (BE-1 C2)

El punto de muestreo BE-1 C2 no evidenció cambios respecto de lo registrado en la Campaña N°1. Se registra como único servicio ecosistémico el de regulación. Se aprecian en el entorno grandes extensiones de matorrales, turberas, bosque de lenga y coigüe. Se evidenciaron represas de castores en sectores del río. Los elementos se muestran homogéneamente distribuidos en toda la extensión de la cuenca del río. Se constata gran actividad humana en el entorno correspondiente a movimientos de camiones y tronadoras producto de la construcción de la Senda de penetración Vicuña–Yendegaia.



Ilustración 44: Punto de muestreo BE-1 C2
Fuente: LQA CENMA Campaña de muestreo Marzo 2016



4.5.3.1.8 Río Betbeder (BE-2 C2)

El punto de muestreo BE-2 C2 no evidenció cambios respecto de lo registrado en la Campaña N°1. Este se ubica a 4500 metros aproximadamente antes de la desembocadura en la ribera sur del Lago Fagnano. Se registra como único servicio ecosistémico el de regulación. De igual manera que en el punto anterior se aprecian en el entorno grandes extensiones de matorrales, turberas, bosque de lenga y coigüe. Se evidenciaron represas de castores en algunos sectores del río. Los elementos se muestran homogéneamente distribuidos en toda la extensión de la cuenca del río. Se constata gran actividad humana en el entorno correspondiente a movimientos de camiones y tronaduras producto de la construcción de la Senda de penetración Vicuña–Yendegaia.



Ilustración 45: Punto de muestreo BE-2 C2
Fuente: LQA CENMA Campaña de muestreo Marzo 2016



4.5.3.1.9 Tributario del Río Betbeder (BE-3 C2)

El punto de muestreo BE-3 C2 no evidenció cambios respecto de lo registrado en la Campaña N°1. El único servicio ecosistémico registrado es el de regulación. El punto de muestreo BE-3 se ubica a 7000 metros aproximadamente aguas arriba de la desembocadura en el Lago Fagnano. Este corresponde a unos de los mayores tributarios del Río Betbeder. A diferencia de los anteriores presenta características de quebrada y se interna hacia la montaña. En el entorno se apreciaron bosques de lenga, coigüe y turberas. Los elementos se muestran homogéneamente distribuidos en toda la extensión de la quebrada. Cerca del punto de muestreo se constató un puente mecano, un botadero de estériles y, al igual que en los otros puntos, gran actividad humana correspondiente a movimientos de camiones y tronaduras producto de la construcción de la Senda de penetración Vicuña–Yendegaia.



Ilustración 46: Punto de muestreo BE-3 C2
Fuente: LQA CENMA Campaña de muestreo Marzo 2016



4.5.3.1.10 Río Toledo (Toledo-1)

El Río Toledo corresponde a uno de los afluentes principales que dan origen al Río Betbeder. El punto de muestreo se ubica 4760 metros aguas arriba del punto BE-2. Se aprecian todas las unidades suministradoras de servicios identificadas en la revisión de antecedentes: **turba** en gran extensión en el valle; grandes **bosques** en el entorno de lenga y coigüe; el **Río Toledo** muestra un ancho aproximado de 13 metros y gran caudal torrencioso; el **suelo** en el punto de muestreo evidencia signos de intervención antrópica, producto de la construcción de la Senda de penetración Vicuña-Yendegaia. Se observan movimiento de camiones; la **vegetación** se compone de turba y especies arbustivas. Los elementos se muestran homogéneamente distribuidos en toda la extensión de la cuenca del río.

En cuanto a los servicios ecosistémicos en el punto de muestreo solo se registra el de **Regulación**. En la Tabla 21 se detalla la información obtenida:

Tabla 21: Información registrada en terreno Río Toledo

Unidad suministradora de servicios	Presencia	Magnitud de la extensión	Servicio de los ecosistemas	Presencia
Turbales	Si	Alta presencia, en toda la extensión del valle	Captura de carbono	Si
			Retención y acumulación de agua	Si
			Explotación de turbales (carbón)	No
Bosques	Si	Abundantes formaciones de gran extensión	Captura de carbono	Si
			Provisión de leña	No
			Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si
			Protección de la erosión y derrumbes	Si
Ríos	Si	Río de fuerte caudal torrencioso y ancho de 13 m	Mantenimiento de la biodiversidad y ecosistemas	Si
			Pesca deportiva	No
Suelo	Si	Sin uso, en el punto, a 10 m aprox. uso vial (Senda de penetración Vicuña-Yendegaia)	Producción de ganado	No
			Infraestructura de turismo (hoteles y cabañas)	No
			Cultivos	No
			Asentamientos humanos	No
Vegetación	Si	Alta compuesta de turba y especies arbustivas	Hábitat a especies	Si

Fuente: Elaboración propia CENMA

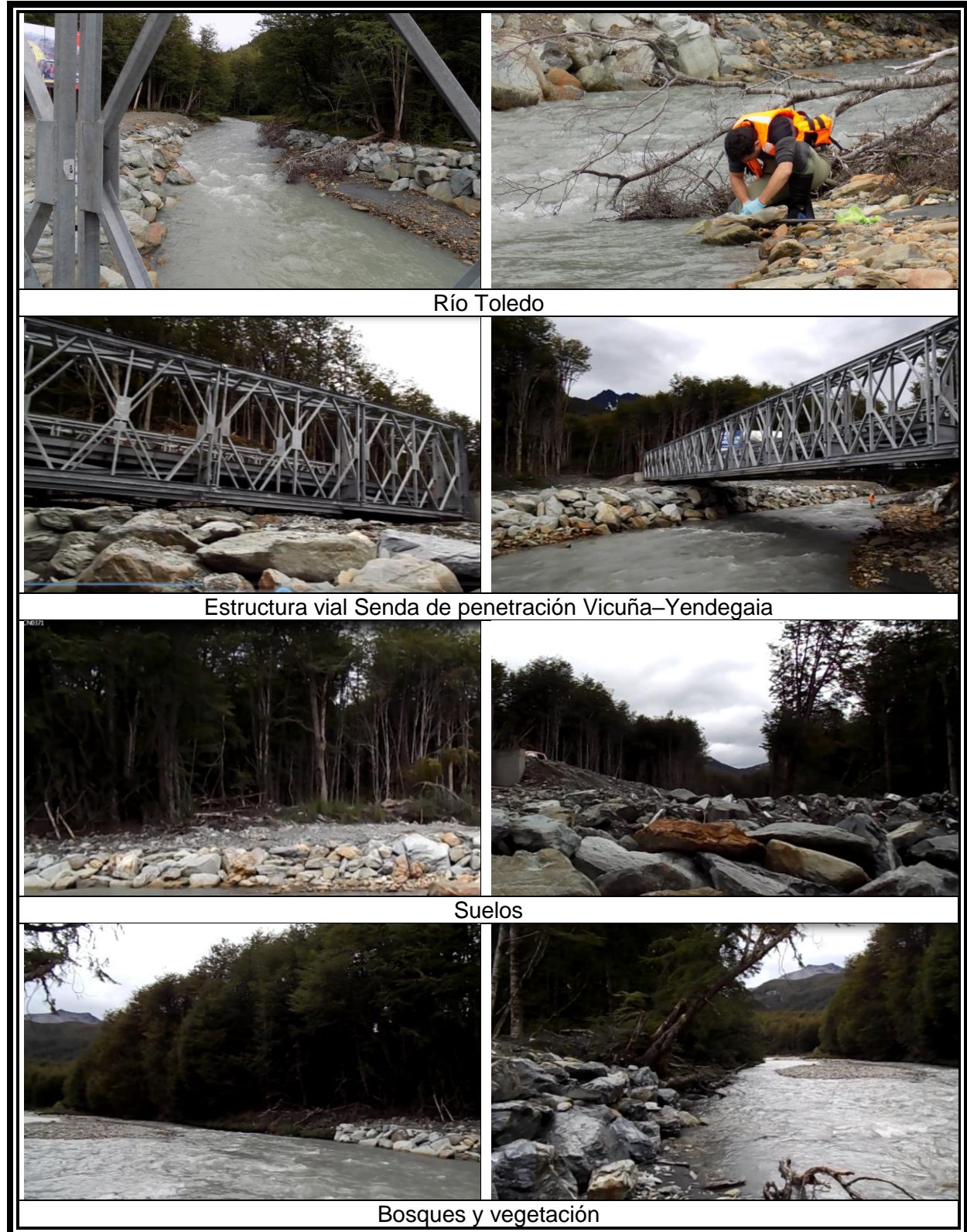


Ilustración 47: Punto de muestreo Río Toledo
Fuente: LQA CENMA Campaña de muestreo Marzo 2016



5 IDENTIFICACIÓN DE LAS AMENAZAS PARA LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE LA CUENCA DEL RÍO AZOPARDO

Se procedió a la identificación de las amenazas para los servicios ecosistémicos en base a una recopilación bibliográfica y de acuerdo a las observaciones realizadas durante las campañas de terreno realizadas en noviembre 2015 y marzo 2016.

5.1 Identificación de las amenazas por medio de revisión bibliográfica y antecedentes relevantes

Dentro de las amenazas a nivel de ecosistema se identifican el cambio climático, la erosión, la fragmentación del hábitat, la contaminación y los efectos acumulativos de todas estas. A nivel de especies se identifican como amenazas la introducción, la erradicación y el comercio ilegal e irracional de las mismas.

El uso insostenible de los ecosistemas y la sobreexplotación de la biodiversidad siguen constituyendo serias amenazas. El ser humano hace uso de numerosas especies para satisfacer sus necesidades básicas. Numerosas especies muestran un declive continuo causado por un aprovechamiento insostenible de las mismas o por realizar la cosecha de tal modo que amenaza los ecosistemas de los que dependen. Estos declives son generalizados.

Consecuencias de la pérdida de biodiversidad

La destrucción de la biodiversidad implica costos económicos por pérdida o reducción de servicios de los ecosistemas, ya que genera impactos sobre la disponibilidad y cantidad de agua, la regeneración del suelo, la protección de cuencas, la regulación de la temperatura y la capacidad de reciclaje de elementos nutritivos y desechos. La conversión de bosques a tierras agrícolas ha tenido un impacto negativo en la capacidad para almacenar dióxido de carbono - el principal Gas de Efecto Invernadero (GEI)-, ya que las zonas agrícolas tienen menos vegetación.

Asimismo, la pérdida de especies puede provocar graves consecuencias para la seguridad alimentaria global debido a la reducción del material genético para la reproducción de cultivos y ganado, e impedir el desarrollo de nuevos medicamentos.

Por otra parte también, puede reducir la generación de ganancias por concepto de ecoturismo, ya que tiene un gran impacto sobre la estética del lugar donde ocurre la degradación. Cada especie es por sí misma una belleza, realizada por su entorno natural. Cuando desaparece la especie, es una pérdida irreparable y el lugar pierde parte de sus atractivos.

Respecto de los impactos Hooper dice que: "A pesar de que el cambio climático no ha tenido mayores efectos todavía sobre la biodiversidad, la mayoría de las proyecciones anticipan que su impacto se incrementará en el futuro" y agrega "grandes declives de poblaciones abundantes de especies pueden alterar la manera en la que trabajan los ecosistemas y los beneficios para los seres humanos". Ejemplo de ello es el agotamiento de los recursos pesqueros. "Las especies de peces no están extintas pero sus poblaciones son tan escasas que la economía de las pesquerías no es viable por mucho tiempo más en las condiciones actuales", concluye.

Otro aspecto importante a considerar es la ausencia de la denominada contabilidad ambiental motivo por el cual no se puede conocer el valor de la biodiversidad. Actualmente, cuando hablamos del Producto Bruto Interno (PBI) no se incluye la contabilidad de los recursos naturales que se emplean en los procesos de producción y su depreciación, contabilizando las actividades de explotación sólo como productividad económica. Es necesario asignar un valor a los bienes y servicios naturales - el capital natural - y considerarlos parte de la riqueza de las



naciones (Ana Corbi. 2014. "La pérdida de la biodiversidad biológica: causas y consecuencias". Equipo Técnico – Area Desarrollo Sostenible).

A continuación, se describen las principales amenazas identificadas por medio de la revisión de antecedentes.

5.1.1 Amenazas por cambio climático

El aumento de la temperatura a escala global, provoca un incremento en la evaporación del agua superficial hacia la atmósfera y la capacidad de carga de agua de la misma, esto hace que el ciclo hidrológico se acelere. El caudal de los ríos y el nivel de lagos, lagunas y humedales dependerán principalmente de los cambios en la cantidad, estacionalidad e intensidad de la precipitación. Otros factores como la humedad atmosférica, la velocidad del viento y la radiación afectarán la tasa de evaporación y se combinarán con los cambios de precipitación (en cantidad y distribución temporal) para resultar en impactos sobre los caudales de los ríos (CATIE. 2010).

El impacto dependerá también de las características hidrogeológicas, fisiográficas y de recarga de aguas subterráneas (Kundzewicz et al. 2007). Arnell (2003) estudió a escala global el impacto de un escenario de emisiones en el caudal de ríos y encontró resultados opuestos (aumento o disminución del caudal) según el Modelo de Circulación General (MCG) utilizado. Kundzewicz et al. (2007) concluye que los cambios vendrán como un incremento en la estacionalidad de los caudales, con caudales mayores en la época lluviosa y una época seca o de flujo base más extensa. Sin embargo, ninguno de los estudios analizados por Kundzewicz et al. (2007) se realizaron en Mesoamérica.

Se prevé que en las próximas décadas el cambio climático se convierta progresivamente en una mayor amenaza para la biodiversidad. Hasta la fecha, se han producido en todo el mundo cambios en las fechas de floración y en los patrones migratorios, así como en la distribución de las especies. En Europa, en los últimos cuarenta años, el comienzo de la estación de crecimiento se ha adelantado una media de diez días. Este tipo de cambios pueden alterar las cadenas alimenticias y crear desequilibrios en los ecosistemas en los que diferentes especies hayan desarrollado una interdependencia sincronizada, por ejemplo, entre los sitios de anidamiento y la disponibilidad de alimentos.

5.1.2 Amenazas por cambio de uso de suelo (pérdidas de suelo y praderas)

La urbanización por incremento del sector inmobiliario e industrial, ha impactado a los ecosistemas, producto de la construcción de viviendas y desarrollo de infraestructuras de camino. Según MMA en su 5° Informe Nacional de Biodiversidad de Chile. 2014 (MMA. 2014), el cambio de uso del suelo, como consecuencia de la conversión de tierras forestales, la extensión de tierras agrícolas y el uso ganadero y urbano, constituye una de las presiones a la biodiversidad.

Estos ecosistemas que reportan grandes servicios ecosistémicos se ven amenazados por la conversión de tierras, entre ellos, la protección contra anegamientos; funciones hidrológicas, al actuar como zona de recarga, almacenamiento y/o descarga de las aguas superficiales y subterráneas; funciones de soporte de biodiversidad acuática; realizar control de erosión y contaminantes, entre otros, así como brindar servicios de recreación y servicios que vinculan la naturaleza con la cultura local (MMA. 2014).



5.1.3 Amenazas por explotación de las turberas

Otra preocupación existente se relaciona con que alrededor de un tercio del carbono secuestrado en el suelo se encuentra en el permahielo de la tundra. A medida que este suelo congelado se funde, su contenido orgánico comienza a descomponerse, liberando dióxido de carbono, un gas de efecto invernadero. Además, la tundra tarda en recuperarse de las contrariedades físicas, como las marcas dejadas por vehículos. La reducción de la emisión de los gases invernadero mediante el uso de energía alternativa es clave para proteger los hábitats de tundra de la Tierra.

Según un estudio realizado en el 2008¹⁰ la extracción de turba es la principal amenaza a este tipo de ecosistemas tanto en la Isla de Chiloé y en muchos otros países (Ramsar 2004). Las turberas naturales no vuelven a ser funcionales luego de la explotación debido a la alteración de las condiciones físicas e hidrológicas necesarias para el restablecimiento del musgo Sphagnum (Heathwaite 1994, Price 1996). Las obras de drenaje que se construyen alrededor de las turberas que son explotadas, si bien facilitan la labor de extracción, pueden provocar un gran daño a la hidrología del lugar, muchas veces irreversible. Es por ello que es necesario recalcar la importancia de regular la explotación de las turberas en Chile, ya que un mal uso de estos ambientes puede afectar negativamente la cantidad y calidad de las aguas subterráneas y superficiales.

5.1.4 Amenazas por explotación de bosque

La extracción maderera constituye una importante amenaza para la conservación del bosque nativo. Entre los años 1989-1995, la producción de astillas representó un consumo importante de este recurso. Sin embargo, a partir del año 1996, el sector forestal ha disminuido el consumo de astillas de madera nativa significativamente, restando presión al bosque nativo.

Según información del MMA (Biodiversidad. Capítulo 7. 2014) a pesar de que la extracción industrial de madera nativa ha disminuido, el consumo de leña de especies arbóreas nativas prácticamente se ha duplicado durante los últimos 20 años, pasando de cuatro a cerca de nueve millones de metros cúbicos sólidos anuales, convirtiéndose en la principal presión sobre el bosque nativo.

5.1.5 Amenazas al recurso hídrico

5.1.5.1 *Por contaminación de las aguas (descargas de aguas servidas a río, cultivos en lagos)*

La mayoría de los lagos del mundo en regiones pobladas tienen o han tenido serios problemas de eutrofización, es decir sus aguas se han deteriorado al punto de dejar de ser aptas para cualquier actividad acuática por efectos de los nutrientes aportados por distintas actividades antrópicas. Sin embargo, se pueden aplicar medidas normativas adecuadas para el manejo incluyendo impedir la llegada de aguas servidas al lago evitando el excesivo ingreso de nutrientes y la acumulación de metales pesados producto de descargas de residuos líquidos industriales. La gran mayoría de los lagos del Sur de Chile, son aún oligotróficos, es decir transparentes y limpios, esta es una riqueza natural y efectivamente de gran valor económico

¹⁰ DIAZ, MARÍA F; LARRAIN, JUAN; ZEGERS, GABRIELA y TAPIA, CAROLINA. Caracterización florística e hidrológica de turberas de la Isla Grande de Chiloé, Chile. Rev. chil. hist. nat. [online]. 2008, vol.81, n.4, pp. 455-468. ISSN 0716-078X. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2008000400002>.



(SINIA .2016).

5.1.5.2 **Por alteraciones morfológicas**

Las alteraciones morfológicas corresponden a presiones que afectan la calidad biológica del recurso hídrico y cuerpo de agua asociados y son originadas por la presencia de diques o represas menores, caídas y rampas, infraestructura vial, modificación de cauces, canalización o entubamiento del flujo de agua y la construcción de embalses. Este tipo de obras modifican el sistema fluvial. Cualquier cambio sobre el sistema fluvial, especialmente en lo referente al caudal, altera su estabilidad y comienza un proceso de restablecimiento natural. Ante alteraciones morfológicas, el río se ve obligado a cambiar su estado de equilibrio, con consecuencias e influencia en sitios alejados del área donde sucedió el cambio. Cualquier obra construida en el cauce de un río, en su llanura de inundación, afecta su equilibrio (Rodríguez 2010).

5.1.6 **Amenazas por introducción de especies**

Las especies introducidas o exóticas corresponden a aquellas que, por razones principalmente antrópicas, han sido transportadas a otro sitio, voluntaria o involuntariamente, e introducidas fuera de su distribución natural. El 15% de las especies de flora que viven en el medio silvestre nacional son introducidas, destacando como un caso muy particular la situación del archipiélago de Juan Fernández, donde la cantidad de este tipo de especies representan más del doble de las especies nativas (MMA, 2011c). Algunas especies foráneas pueden presentar la condición de especie exótica invasora, cuando su introducción y/o difusión amenaza la diversidad biológica originaria del lugar donde fue liberada, según lo definido por el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB). Las especies exóticas invasoras son una de las tres causas más importantes de extinción de especies en la naturaleza (MMA, 2011c).

En el país existen varios casos de especies exóticas invasoras que están generando grandes daños en las regiones en las que habitan. Algunos ejemplos de especies introducidas en el país corresponden al jabalí (*Sus scrofa*), el ciervo rojo (*Cervus elaphus*) y el castor (*Castor canadensis*). Esta última especie fue internada en Tierra del Fuego en el año 1946 y se estima que ha modificado aproximadamente 5400 ha de bosque nativo en el sector chileno y al menos 5200 ha en el sector argentino (Lizarralde 1993, Skewes et al.1999, Jaksic et al. 2002, Lizarralde et al. 2004, citados en Wallem et al. 2007).

En la zona de estudio los castores construyen diques y se alimentan de material arbóreo extraído principalmente de *Nothofagus pumilio*. Un estudio¹¹ intentó probar que los castores provocan daño en la biomasa y volumen de los bosques de *Nothofagus pumilio*. Los objetivos del estudio fueron identificar los tipos de daños y cuantificar las pérdidas de biomasa leñosa y de volumen bruto de la especie forestal más abundante. Los resultados indicaron que más de la mitad de los árboles medidos presentó algún daño, correspondiendo en su gran mayoría a *Nothofagus pumilio*. Las pérdidas en biomasa alcanzaron casi 15 t ha⁻¹, cantidad superior a los resultados encontrados en estudios realizados en el ambiente endémico de los castores. Respecto al volumen de madera, más de la mitad de la existencia de bosques de *Nothofagus pumilio* asociados a cursos de agua ha sido dañada en Tierra del Fuego por efecto de los

¹¹ Aida Baldini U.2008. "Impacto del castor (*Castor canadensis*, Rodentia) en bosques de lenga (*Nothofagus pumilio*) de Tierra del Fuego, Chile. BOSQUE 29(2): 162-169, 2008.



castores. La pérdida más importante de volumen de esta especie resulta de la muerte de individuos en zona de inundación de la represa castoril.

5.2 Identificación de las amenazas por medio de observaciones durante campañas de terreno.

Uno de los objetivos específicos de la campaña de terreno N° 2, fue corroborar, clasificar e identificar las potenciales amenazas asociadas la prestación de los servicios ecosistémicos presentes en el AE por medio de observación directa, información que se describe a continuación:

5.2.1 Amenazas a la biodiversidad

En terreno no se evidencia una pérdida significativa de hábitats que tiene lugar con los cambios actuales en el uso de suelo. Además, no se registran niveles significativos de sustancias contaminantes provenientes de actividades antrópicas en ninguno de los cuerpos de aguas estudiados, comprobando el nivel prístino del sector.

No obstante, un aumento en la emisión de contaminantes derivados de las actividades antrópicas locales y trasandinas (zona este del Lago Fagnano) junto con el proyectado crecimiento urbano en la zona, podrían provocar efectos adversos significativos en la diversidad biológica.

5.2.2 Amenazas por cambio climático

Durante las observaciones en terreno no se evidencia esta amenaza.

5.2.3 Amenazas por cambio de uso de suelo

El Ministerio de Bienes Nacionales (BBNN), inició el proceso de entrega de concesiones en el sector de Lago Fagnano y Caleta María, Cuenca del Río Azopardo, de acuerdo a los lineamientos del Gobierno Regional que busca aumentar la llegada de turistas a la región.

El Centro de Ciencias Ambientales EULA de la Universidad de Concepción desarrolló en mayo del 2012 el proyecto denominado "Diagnóstico de ordenamiento territorial en Caleta María y Lago Fagnano, Tierra del Fuego" el cual proporciona una propuesta de macro y microzonificación de las áreas de desarrollo en los sectores de Lago Fagnano y Caleta María; tomando como referencia las características y atributos relevantes de cada y las potencialidades y limitaciones determinadas por las condiciones ambientales y territoriales. Junto con lo anterior entrega además propuestas de Ordenanza local, Servicios ambientales (abastecimiento de agua y energía, tratamiento de residuos, etc.) definida de acuerdo con las condiciones de relieve, clima predominante y otras características ambientales y territoriales pertinentes y una propuesta de negocios.

Cabe señalar que el estudio antes mencionado propone una ocupación ordenada y uso sostenible del territorio, considerando las condiciones sociales, ambientales y económicas para la ocupación del territorio, el uso y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar un desarrollo equilibrado y en condiciones de sostenibilidad, lo cual permitiría gestionar y minimizar los impactos negativos que podrían ocasionar las diversas actividades y procesos de desarrollo que se realicen en la zona..



No obstante lo anterior, Germán Genskowsky, el único habitante del sector, ha protestado contra el proyecto turístico impulsado por BBNN en Tierra del Fuego. Genskowsky ha vivido por 35 años en la zona que comprende Caleta María Lago Fagnano, siendo el único habitante en dicho sector y uno de los principales detractores de estas obras que, a su juicio, tendrán un impacto no sólo en la biodiversidad, sino que podrían poner en riesgo la vida de quienes lleguen al sector, debido a que el terreno designado es un borde muy estrecho compuesto por un 90% de turba, presenta potencial zona de deshielos y además el sitio se encuentra inserto en la falla geológica Almirantazgo-Fagnano que nace en el Estrecho de Magallanes cruza el Canal Gabriel (Isla Dawson) se adentra en el Fiordo Almirantazgo para terminar en el Lago Fagnano.

El suelo del AE se encuentra en su gran mayoría prístino, excepto por la habilitación de caminos y asentamiento humanos identificados.

5.2.4 Amenazas por explotación de turberas y bosques

Actualmente no se evidencian amenazas a las turberas y bosques producto de su explotación, no obstante, los futuros asentamientos humanos proyectados en el sector de Lago Fagnano y Caleta María, tendrán un efecto negativo puntual sobre esta especie, producto de los movimientos de tierra (escarpe y excavación) durante la etapa de construcción.

5.2.5 Amenazas al recurso hídrico por contaminación de aguas

No se identificaron fuentes puntuales o difusas de contaminación significativas a los cuerpos de agua presentes en el AE. De acuerdo a lo antes expuesto en el acápite 5.2.1, los análisis fisicoquímicos de las muestras obtenidas de los cuerpos de aguas estudiados no registran niveles significativos de sustancias contaminantes atribuibles a actividades antrópicas, comprobando el nivel prístino del sector.

Pero esta condición podría cambiar con un aumento en la emisión de contaminantes derivados de las actividades antrópicas locales y trasandina (zona este del Fagnano) junto con el proyectado crecimiento urbano en la zona, podrían provocar efectos adversos significativos en la diversidad biológica.

5.2.6 Amenazas al recurso hídrico por alteraciones morfológicas

Las alteraciones morfológicas evidenciadas en el AE en terreno corresponden a infraestructura vial y canalización o entubamiento del flujo de agua de tributarios de los ríos Azopardo y Betbeder. Este tipo de obras evidencian modificaciones puntuales que aparentemente no influyen significativamente el sistema fluvial de los cuerpos de agua estudiados. No obstante alteraciones futuras podrían afectar el sistema fluvial, especialmente en lo referente al caudal, alterando la estabilidad del cuerpo de agua, afectando su equilibrio (Rodríguez 2010).

5.2.7 Amenazas por introducción de especies

En la campaña de terreno N°2 se evidenciaron madrigueras de castores en los afluentes de los ríos Azopardo y Betbeder. En este último, próximo a la desembocadura al Lago Fagnano se observaron además diques y vestigios de terrenos ya inundados por la acción de estos roedores (Ilustración 48).

Como se explicó anteriormente, estudios en la zona indican la afectación que los castores han generado sobre bosques en Tierra del Fuego.



Ilustración 48: Madriguera y dique de castor observados en Río Betbeder

Fuente: LQA CENMA Campaña de terreno Marzo 2016

5.2.8 Caracterización del nivel de impacto de las amenazas actuales y potenciales identificadas sobre la biodiversidad y el recurso hídrico

Se ha evidenciado en terreno el bajo nivel de impacto de las amenazas actuales y potenciales sobre la biodiversidad y el recurso hídrico producto de los cambios actuales en el uso de suelo. Además no se registran niveles significativos de sustancias contaminantes provenientes de actividades antrópicas en ninguno de los cuerpos de aguas estudiados.

De acuerdo a lo anterior se comprueba el nivel prístino de la zona de estudio en su conjunto.

5.2.9 Áreas de relevancia ambiental cuenca hidrográfica del Lago Fagnano-Río Azopardo -Río Betbeder

La cuenca hidrográfica del Lago Fagnano-Río Azopardo -Río Betbeder se encuentra en la Región de Magallanes y Antártica Chilena, presenta gran extensión de recursos hídricos, los cuales constituyen ambientes únicos y particulares, sumado a las especies de flora y fauna y a las formaciones geológicas que contiene.

En términos cualitativos, el agua constituye una parte esencial de los ecosistemas acuáticos de la cuenca hidrográfica del Lago Fagnano-Río Azopardo -Río Betbeder. Una reducción de la calidad del recurso, puede generar efectos negativos sobre dichos ecosistemas, por lo que es necesario mantener la calidad de sus aguas para la conservación de dicha diversidad, no sólo por su valor intrínseco, sino también por su servicio fundamental para la manutención de la biodiversidad y turismo local.

6 ELABORAR UNA LÍNEA BASE DE PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA LAGO FAGNANO - RÍO BETBEDER – RÍO AZOPARDO.

6.1 Sistematización de la información topográfica e hidrológica de la cuenca, incluyendo el análisis de la presencia de fuentes contaminantes puntuales, difusas, usos de suelos, calidad de agua y presiones hidromorfológicas

6.1.1 Revisión y análisis documental de la información topográfica e hidrológica de la cuenca.

6.1.1.1 Topografía y relieve del área de estudio

De acuerdo a lo expuesto en el acápite 4.1.3.1.2 los suelos del AE poseen una topografía llana a convexa. El área del Lago Fagnano presenta un escarpado relieve con fuertes pendientes de



ladera. Según el análisis realizado por el EULA ¹² de la carta de pendientes, se confirma que el área de estudio corresponde a un complejo sistema orográfico en el cual prácticamente carece de mesetas y llanuras; y presenta valles angostos asociados a los ríos y a los numerosos arroyos existentes en el área. Destaca el sector por donde fluye el Río Betbeder por presentar menores pendientes, y cuya desembocadura en el Lago Fagnano genera una importante llanura; sin embargo, inmediatamente después del río, el relieve recupera sus pendientes abruptas que se elevan hasta una altura cercana a los 1000 m.

La generación de información cartográfica a escala zonal en el AE, corresponde a cartográfica orientativas de las Coberturas SIG de Chile¹³.

6.1.1.2 **Hidrología del área de estudio**

En función de los antecedentes presentados en el acápite 4.1.3.1.1 la hidrología del AE presenta una abundante red hídrica, compuesta principalmente por los siguientes cuerpos de agua:

Lago Fagnano: Nace en Argentina y desagua al Río Azopardo, el cual vierte sus aguas al Seno Almirantazgo. Es el mayor cuerpo lacustre de Tierra del Fuego, con una superficie de 645 km², de las cuales 39 km² se ubican en territorio chileno y 606 km² en Argentina. En la parte chilena, el ancho medio del lago es de unos 3 kilómetros, con una profundidad de 200 metros y fluctuaciones no mayores a 1 metro de altura. Sondeos realizados en Argentina muestran profundidades superiores a 130 m. Su descarga al Océano Pacífico se realiza a través del Río Azopardo el cual desemboca en el seno del Almirantazgo.

Río Azopardo: Nace en el extremo occidental del Lago Fagnano; con una longitud aproximada de 11 kilómetros de largo, es el mayor río de Tierra del Fuego. En la zona de desagüe del Lago Fagnano, el Azopardo alcanza 50 m de ancho con un caudal estimado de 153 m³/s. Desemboca en una llanura aluvial, en el sector de Caleta María. En su curso medio, el Río Azopardo posee un rápido o salto de unos 3 m de altura. En su tramo más ancho, el Río Azopardo alcanza más de 100 metros, mientras que en su punto más angosto no sobrepasa los 5 metros. Presenta un escurrimiento muy rápido, con fuertes corrientes en algunos sectores de su curso. El río es alimentado por numerosos esteros de origen glaciar y vertientes originadas en los murallones de roca sólida.

Río Fontaine: Principal cauce de la cuenca, nace de la unión de varios arroyos que tienen sus cabeceras en ventisqueros colgantes. Transcurre en dirección norte con un recorrido de 12 km para desembocar en el Seno Almirantazgo, en Caleta María, a corta distancia al sur de la llanura aluvial del Río Azopardo. Por ambas riberas recibe afluentes tributarios generados en lenguas de ventisqueros. Por esto, el régimen del Río Fontaine es predominantemente nival y sus aguas lechosas, cargadas de limo glaciar. Su caudal es variable, pero el promedio de verano puede corresponder a 15 m³/s.

¹² Informe N°3 Final: "Diagnóstico de Ordenamiento Territorial en Caleta María y Lago Fagnano, Tierra del Fuego". EULA 2012

¹³ Albers, C. (2012): Coberturas SIG para la enseñanza de la Geografía en Chile. www.rulamahue.cl/mapoteca. Universidad de La Frontera. Temuco



Río Betbeder: Nace en las inmediaciones del paso de Las Lagunas de la confluencia del Río Toledo y otro río no identificado (NN), corre hacia el norte y se vacía en el extremo oeste del Lago Fagnano. Está encerrado por altas montañas. En su desembocadura se forma una especie de delta en el cual se asienta una extensa turbera. Presenta una longitud aproximada de 8 km desde la confluencia hasta su desembocadura en el Lago Fagnano.

En la Ilustración 49 se muestra un plano general de la red hídrica verificada en terreno y las curvas de nivel del AE.

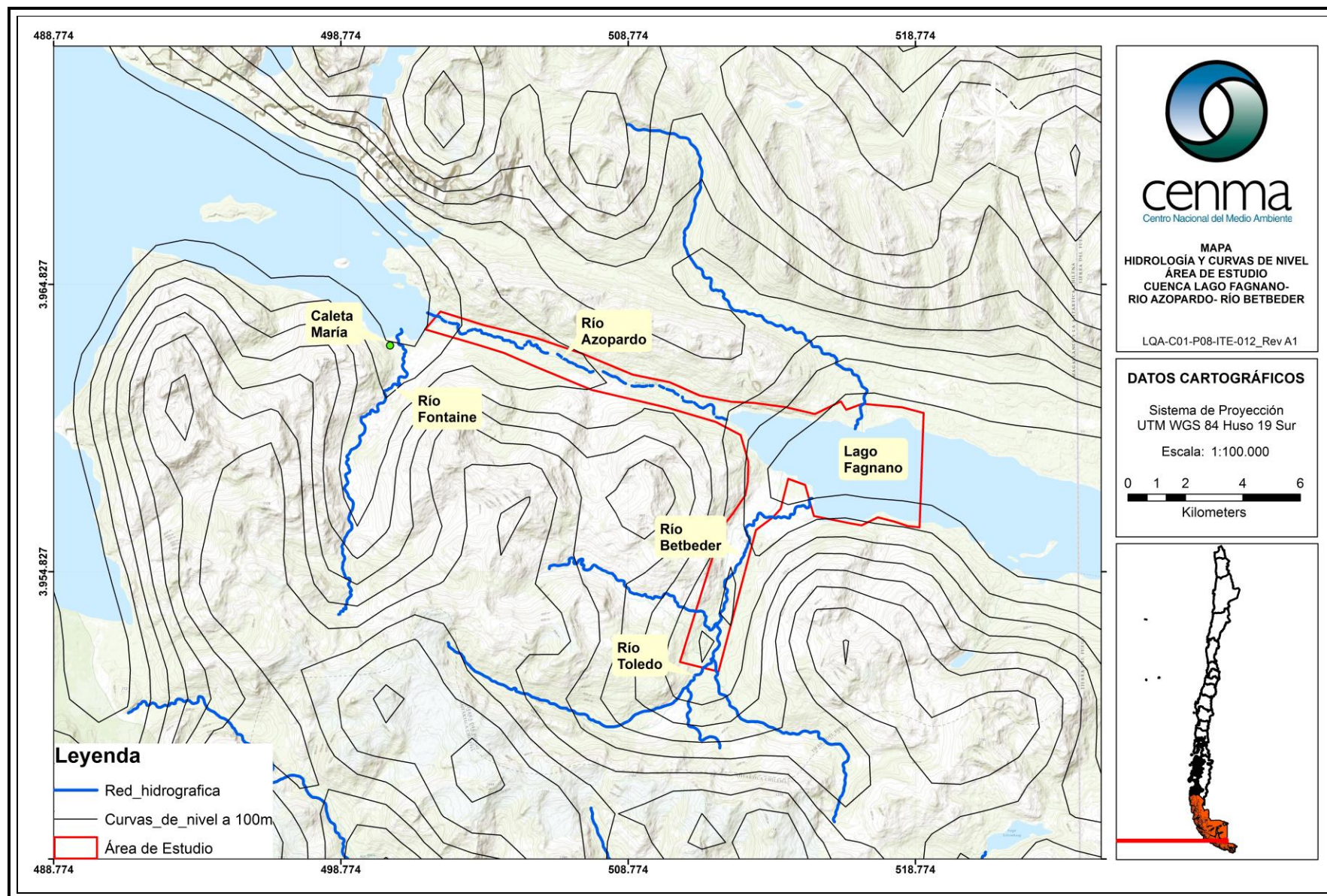


Ilustración 49: Mapa hidrología y curvas de nivel del Área de Estudio

Fuentes: Elaboración propia LQA CENMA



6.1.2 Análisis de la presencia de fuentes contaminantes puntuales, difusas, usos de suelos, calidad de agua y presiones hidromorfológicas.

6.1.2.1 Fuentes contaminantes puntuales

La caracterización realizada de la cuenca hidrográfica del Lago Fagnano-Río Azopardo- Río Betbeder a través de la recopilación de información y en las campañas de terreno, permitió descartar la presencia de **fuentes puntuales de contaminación**, como emisarios o ductos de aguas servidas.

6.1.2.2 Fuentes difusas de contaminación

Respecto a **fuentes difusas de contaminación** se constató la presencia de un aeródromo en etapa de construcción además de vías de transporte en el área de estudio, las cuales potencialmente clasifican como fuentes difusas de contaminación, aunque no se evidenciaron aportes de dichas fuentes. Se descarta también la presencia en el AE de otras potenciales fuentes de contaminación difusa como la agricultura, ganadería, suelos contaminados, zonas urbanas, zonas mineras, zonas recreativas, praderas y gasolineras.

Sin embargo, considerando lo planteado durante el desarrollo de este estudio, esta condición podría cambiar con un aumento en la emisión de contaminantes derivados de las actividades antrópicas y con el proyectado crecimiento urbano en la zona, se podrían provocar efectos adversos en la diversidad biológica.

6.1.2.3 Uso de suelo

El suelo del AE se encuentra en su gran mayoría prístino, excepto por la construcción de un aeródromo, habilitación de caminos y un par de asentamiento humanos identificados. No se evidencia explotación forestal, aunque en terreno se apreció remoción de árboles y suelo producto del avance de las obras.

Además, el ya iniciado proceso de entrega de concesiones en el sector de Lago Fagnano y Caleta María según lineamientos del GORE de Magallanes, que busca aumentar la llegada de turistas a la región, proyecta la macro urbanización de un aparte importante del AE, la cual será intervenida.

Cabe señalar que un estudio realizado por EULA ¹⁴ propone una ocupación ordenada y uso sostenible del territorio, considerando las condiciones sociales, ambientales y económicas para la ocupación del territorio, el uso y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar un desarrollo equilibrado y en condiciones de sostenibilidad, lo cual permitiría gestionar y minimizar los impactos negativos que podrían ocasionar las diversas actividades y procesos de desarrollo que se realicen en la zona.

6.1.2.4 Presiones hidromorfológicas

Las intervenciones antrópicas realizadas producto de la construcción de caminos en AE evidencia la presencia de presiones hidromorfológicas, entre las cuales cuentan puentes y atraveso de cauces (canalizaciones).

¹⁴ Informe N°3 Final: "Diagnóstico de Ordenamiento Territorial en Caleta María y Lago Fagnano, Tierra del Fuego". EULA 2012



6.1.3 Desarrollo de cartografía

Dado el elevadísimo costo que supone la generación de información cartográfica a escala zonal en el AE, se optó por utilizar bases cartográficas disponibles. Una vez obtenidas y analizadas las diferentes fuentes de información base disponibles para el AE, se generaron mapas conforme a las necesidades de entrega de informes y campañas de terreno. Todas las informaciones cartográficas se encuentran en el **Anexo D**.

Fuentes Utilizadas

En el proceso de generación de la cartografía, se utilizaron como fuentes las coberturas regionales de MIDEPLAN, Cobertura red vial GORE, imágenes satelitales Google Earth (2010), Coberturas SIG de Chile y del Sistema de Información Territorial Regional de Magallanes (<http://www.sigmagallanes.cl/>).

Sistema de Coordenadas

La georreferenciación de la información se realizó en DATUM WGS84 y Huso 19S.

Geodatabase

Se elaboró una Geodatabase (**Anexo E**), en formato nativo del software "ArcGis" (en su versión 10.3), la cual agrupa toda la información en un solo archivo, facilitando el acceso y la vinculación con los mapas generados en el presente informe.

Generación de mapas

Se desarrollaron los siguientes mapas:

MAPA ID	DETALLE	ESCALA
Ilustración 8: Mapa de localización del Área de estudio (AE)	Ilustración 8	1:2500.000
Ilustración 20: Mapa de la ubicación detallada del Área de Estudio	Ilustración 20	1:100.000
Ilustración 22: Mapa localización general de asentamientos humanos cercanos al	Ilustración 22	1:1.250.000
Ilustración 24: Mapa infraestructura presente en el área de estudio	Ilustración 24	1:100.000
Ilustración 25: Mapa ubicación efectiva de los puntos de muestreo	Ilustración 25	1:60.000
Ilustración 35: Mapa ubicación efectiva de los puntos de muestreo Campaña No 2	Ilustración 35	1:60.000
Ilustración 49: Hidrología y curvas de nivel del Área de Estudio	Ilustración 49	1:100.000

Fuente: Elaboración propia

6.2 Determinación de indicadores biológicos

La determinación de indicadores biológicos se realizó en función de aquellos que mejor puedan ser utilizados para evidenciar el efecto de las actividades antropogénicas en la cuenca, de



manera que sirvan como instrumentos de decisión y gestión a la autoridad, considerando lo siguiente:

- Facilidad en la toma de datos y obtención de resultados
- Importancia ecológica
- Utilización a nivel mundial,
- Desarrollo en Chile
- Desarrollo de índices que den cuenta de la calidad del sistema en evaluación.

De acuerdo a lo anterior en la primera campaña de terreno fueron determinados en 9 puntos de muestreo **Clorofila a** y **Macroinvertebrados bentónicos**, indicadores biológicos que permiten determinar el estado actual de la cuenca y poder a futuro detectar perturbaciones antrópicas

6.3 Reunión planificación terreno

Se desarrollaron reuniones de trabajo antes de la campaña de terreno, en las cuales junto con presentar el correspondiente **Plan de Muestreo (Anexo A)**, se discutieron los objetivos y alcances de cada una de las campañas de terreno. Las minutas de reuniones se encuentran en el **Anexo C**.

6.4 Campaña de muestreo N°1

6.4.1 Diseño del muestreo

El diseño del muestreo responde a la necesidad de elaborar una línea base de parámetros de calidad del agua de la cuenca hidrográfica Lago Fagnano. Río Betbeder-Río Azopardo. Para esto se consideró una caracterización fisicoquímica en términos espaciales y temporales de los cuerpos de agua por medio de la distribución de puntos de muestreo en 3 áreas distintas de cada uno de los cuerpos de agua en estudio, de manera de poder identificar posibles variaciones espaciales en la calidad de estos (Punto 1: nacimiento, Punto 2: zona media y Punto 3 antes de la desembocadura) y temporales a través de 2 campañas de muestreo para la identificación de posibles cambios estacionales (primavera y verano) en la calidad del agua.

En la siguiente ilustración se muestra la distribución teórica de los puntos de muestreo. Cabe señalar que estas coordenadas son solo referenciales, ya que los puntos efectivos de muestreo son definidos en terreno tomando en consideración entre otros la factibilidad de acceso y condiciones de seguridad adecuadas para los operadores, instrumental y vehículos.

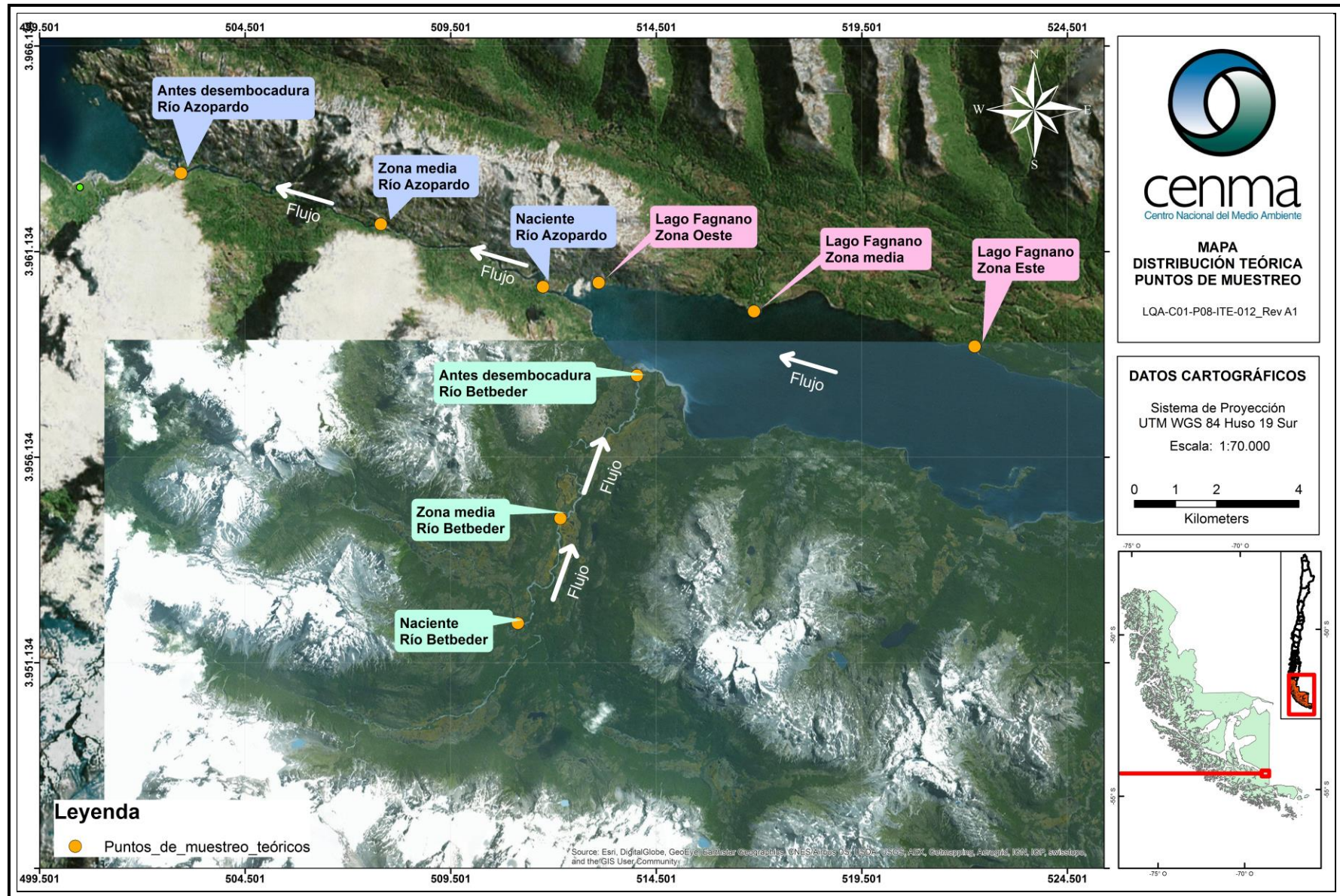


Ilustración 50: Mapa distribución teórica de los puntos de muestreo. Campaña N° 1
 Fuente: Elaboración propia LQA CENMA Plan de Muestreo Campaña 1



6.4.2 Elaboración del Plan de Muestreo Campaña N° 1

En base a los antecedentes disponibles se elaboró el Plan de Muestreo PM/N°005-2015 (**Anexo A**) para efectuar el trabajo en terreno. Este documento desarrollado y aplicado por profesionales del Laboratorio de Química Ambiental del CENMA cuenta con un formato estandarizado que permite planificar el trabajo en terreno, como fue explicado en los epígrafes anteriores.

De acuerdo a lo antes descrito se estableció la distribución de puntos de muestreo en 3 zonas diferentes de cada uno de los cuerpos de agua en estudio, de manera de poder identificar posibles variaciones espaciales y temporales en la calidad del agua de estos. Las coordenadas y ubicación de todos los puntos de muestreo fueron presentada en epígrafes anteriores.

6.4.3 Desarrollo de Campaña N°1 de muestreo de aguas e indicadores biológicos

Desde el 1 al 5 de noviembre de 2015 se realizó la primera campaña de muestreo (PM/N°005-2015). En dicha campaña se visitaron 9 puntos en cada una de los cuales se tomaron muestras para analizar parámetros fisicoquímicos y biológicos, como se presenta en las siguientes fotos.



Ilustración 51: Toma de muestras para análisis físico químicos y biológicos.

Fuente: LQA CENMA Campaña de muestreo Marzo 2016

6.4.4 Análisis fisicoquímicos Campaña de muestreo N°1

A continuación se presentan los resultados de los análisis realizados en terreno. Los informes de análisis de encuentran en el **Anexo E**.



Tabla 22 Resultados de mediciones en terreno con Sondamultiparámetros. Campaña N° 1.

ID	Coordenadas UTM WGS 84 Uso 19		Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Temperatura °C	pH	Conductividad (µS/cm)	Oxígeno disuelto	
	Este	Norte						mg/L	% Saturación
AZ-1	503136	3963130	02/11/15	10:15	4,08	7,1	94	8,56	67,0
AZ-2	511075	3960670	02/11/15	11:50	4,99	7,3	97	8,42	67,7
AZ-3	512172	3960167	02/11/15	13:00	4,67	7,64	100	7,18	57,3
FA-1	512260	3960181	02/11/15	13:30	4,69	7,71	99	7,37	58,7
FA-2	517151	3959847	02/11/15	15:15	3,84	7,58	87	9,44	73,5
FA-3	512920	3959231	03/11/15	12:34	4,17	6,96	80	9,05	70,8
BE-1	512620	3956500	03/11/15	11:43	3,04	7,32	77	10,32	78,6
BE-2	512139	3954283	03/11/15	11:03	2,56	7,34	71	10,87	82
BE-3	511042	3952040	03/11/15	10:18	1,92	7,22	64	10,52	78,1

Fuente: INFORME DE ANÁLISIS N° 090-02-2016/AG-053

Tabla 23: Resultados de mediciones N-NO₃ y P-PO₄ de la Campaña 1 realizadas en Laboratorio Móvil en terreno

IDENTIFICACIÓN	ANÁLISIS EN TERRENO	
	N-NO ₃ (mg/L)	P-PO ₄ (mg/L)
AZ-1	0,7	<0,05
AZ-2	0,7	<0,05
AZ-3	<0,5	<0,05
FA-1	<0,5	<0,05
FA-2	<0,5	<0,05
FA-3	<0,5	<0,05
BE-1	<0,5	0,06
BE-2	<0,5	<0,05
BE-3	<0,5	<0,05

Fuente: INFORME DE ANÁLISIS N° 090-02-2016/AG-053

Tabla 24: Resultados del análisis de Aceites y Grasas, Hidrocarburos fijos, volátiles y totales

Identificación	Aceites y Grasas (mg/L)	Hidrocarburos Totales (mg/L)	Hidrocarburos Fijos (mg/L)	Hidrocarburos Volátiles (mg/L)
A2-1	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
A2-2	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
A2-3	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
FA-1	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
FA-2	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
FA-3	<5,0	(*)	(*)	(*)
BE-1	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
BE-2	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
BE-3	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0

Fuente: INFORME DE ANÁLISIS N° 090-02-2016/AG-053. (*): Muestra no analizada, envase de vidrio roto en trayecto.



Tabla 25: Resultados del análisis de Cl, NO₂, SO₄, Detergentes (SAAM) y NH₄. Campaña N° 1

Identificación	Cl (mg/L)	NO ₂ (mg/L)	SO ₄ (mg/L)	SAAM (mg/L)	NH ₄ (mg/L)
A2-1	<25	<0,1	<5	<0,3	0,8
A2-2	<25	<0,1	<5	<0,3	7,6
A2-3	<25	<0,1	<5	<0,3	3,1
FA-1	<25	<0,1	<5	<0,3	3,1
FA-2	<25	<0,1	<5	<0,3	14,4
FA-3	<25	<0,1	<5	<0,3	3,1
BE-1	<25	<0,1	<5	<0,3	3,1
BE-2	<25	<0,1	<5	<0,3	7,6
BE-3	<25	<0,1	<5	<0,3	5,3

Fuente: INFORME DE ANÁLISIS N° 090-02-2016/AG-053

Tabla 26: Resultados del análisis de la demanda química (DQO) y de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅). Campaña N° 1

Identificación	DQO (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)
A2-1	<2	<2
A2-2	<2	<2
A2-3	<2	<2
FA-1	<2	<2
FA-2	<2	<2
FA-3	<2	<2
BE-1	<2	<2
BE-2	<2	<2
BE-3	<2	<2

Fuente: INFORME DE ANÁLISIS N° 090-02-2016/AG-053

Tabla 27: Resultados del análisis de metales totales Campaña N° 1

Metales (mg/L)	ID								
	A2-1	A2-2	A2-3	FA-1	FA-2	FA-3	BE-1	BE-2	BE-3
Cd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Zn	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009
Cr	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
As	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	0,016	<0,015	<0,015	<0,015
Cu	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Ni	<0,032	<0,032	<0,032	<0,032	<0,032	<0,032	<0,032	<0,032	<0,032
Pb	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008
Al	<0,026	0,0314	0,0295	<0,026	0,084	0,3481	0,1473	0,0858	0,0831
Se	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Mn	0,0032	0,003	0,0027	0,002	0,0205	0,0132	0,0295	0,0171	0,0162
Ag	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001



V	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Ba	0,0031	0,0034	0,0033	0,0031	0,0026	0,0225	0,0037	0,0016	0,0017
Co	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001
Mo	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Be	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
B	<0,104	<0,104	<0,104	<0,104	<0,104	<0,104	<0,104	<0,104	<0,104
Fe	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	0,2015	0,3478	0,3685	0,214	0,2223
Hg	<0,00012	<0,00012	<0,00012	<0,00012	<0,00012	<0,00012	<0,00012	<0,00012	<0,00012

Fuente: INFORME DE ANÁLISIS N° 090-02-2016/AG-053

6.4.5 Análisis de parámetros biológicos Campaña N°1

Se obtuvieron muestras para análisis de parámetros biológicos en los puntos de muestreo distribuidos en los distintos cuerpos de agua de la cuenca en estudio, con el fin de medir específicamente Clorofila a y la macrofauna bentónica.

6.4.5.1 Metodología

6.4.5.1.1 Clorofila a en columna de agua

Preparación de las muestras

En terreno, las muestras de agua fueron filtradas a través de filtros de fibra de vidrio de poro 0,5-0,7 µm (Whatman GF/F). El volumen total de muestra filtrado es de 1 Litro. Los filtros se doblaron a la mitad con el plancton recogido hacia el interior y guardados individualmente en placas Petri. Los filtros se congelaron a -20°C y mantenidos en oscuridad hasta que se realice la extracción.

Extracción de pigmentos

La extracción de pigmentos se realizó con acetona al 90% en oscuridad a 4°C durante una noche. El extracto es aforado a 10 mL con acetona acuosa y posteriormente centrifugado por 10 min a 4000 rpm. La lectura fotométrica se realiza con la solución del sobrenadante.

Lectura en espectrofotómetro

Las longitudes de onda a las cuales se lee son 750, 665 y 664nm. Para la corrección de feopigmentos, tras las lecturas anteriores se agrega ácido clorhídrico (0,1 mL 0,1 N) a cada cubeta de muestra y se lee nuevamente a 750 y 665 nm.

Expresión de resultados

Según el método monocromático de Lorenzen (1967), se estima el contenido de Clorofila a en (µg L⁻¹) mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Clorofila } a = \frac{(k)(F)(E_{665o} - E_{665a})(v)}{(V)(Z)}$$



Donde E_{665o} y E_{665a} corresponde a los valores de absorbancia a 665 y 750 nm antes y después de la acidificación, respectivamente; v = volumen del extracto (mL); V = volumen de agua filtrado (L); Z = longitud de la cubeta (cm); con $k = 11,0$ y $F = 2,43$.

6.4.5.1.2 Macroinvertebrados bentónicos

La colecta de macroinvertebrados se realizó de forma semicuantitativa, utilizando una red de mano de 250 μ m de abertura de malla. En cada punto de muestreo se toma una muestra que considera cada hábitat identificado en la estación. Se establecen 20 “kicks” o patadas de muestreo, las cuales son distribuidas según el porcentaje de cobertura de cada hábitat (Confederación Hidrográfica del Ebro, 2005). Las muestras se preservaron *in situ* con etanol al 96% en frascos de polietileno debidamente identificados y fueron trasladadas al laboratorio para la separación e identificación de los organismos. Los protocolos se encuentran en Palma (2013).

Identificación:

En laboratorio, el contenido de los frascos se puso en un tamiz y lavado bajo agua corriente. Este material es seccionado en placas de Petri de donde se extraen manualmente los organismos utilizando una lupa. Los organismos son identificados hasta nivel de familia.

El análisis de las muestras cualitativas contempla contar hasta 200 individuos, captando la mayor diversidad de la muestra (Bonada et al., 2002). Posterior a ello, se revisa el total de la muestra para incorporar nuevos individuos que no hayan sido encontrados durante el recuento inicial, de manera de capturar la riqueza total de la estación muestreada. La identificación de los macroinvertebrados bentónicos es realizada utilizando las claves de Domínguez & Fernández (2009), y Palma (2013).

Una vez identificadas y contadas las muestras, se determinó número total de taxa encontrados (Riqueza) y número total de individuos en la muestra (Abundancia) como parámetros comunitarios.

Diversidad Funcional

Cada una de las familias encontradas se adscribió a un grupo funcional, considerando sus estructuras y hábitos alimentarios donde los macroinvertebrados bentónicos se subdividieron en 6 grupos funcionales de acuerdo a Merrit & Cummins (1996), Palma (2013) y Palma et al. (2013) según se muestra en la tabla adjunta.

Tabla 28: Organismos focales y su clasificación funcional

Ensamble	Dieta	Grupo funcional
Macroinvertebrados bentónicos	Insectos, Crustáceos	Depredadores
	Detritos, restos de Macrófitas	Fragmentadores
	Diatomeas, Detritos	Ramoneadores
	Detritos finos	Recolectores
	Detritos finos suspendidos	Filtradores
	Insectos, Detritos, Diatomeas	Generalistas

Fuente: Laboratorio de Bioensayos CENMA



6.4.5.2 Resultados

6.4.5.2.1 Clorofila a

Los niveles de Clorofila a en las estaciones estudiadas en toda la cuenca, en el mes de noviembre son bajos, siendo siempre menores a 3 µg/L y donde muchas estaciones muestran niveles cercanos a cero (Ilustración 52).

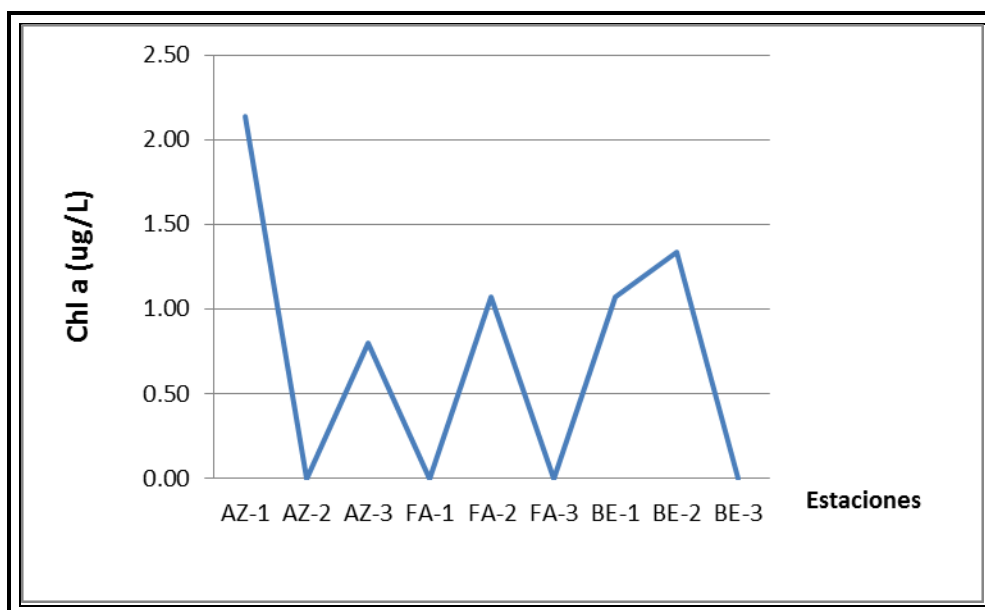


Ilustración 52: Concentraciones de Clorofila a en las estaciones de muestreo. Noviembre de 2015
 Fuente: Laboratorio de Bioensayos CENMA

6.4.5.2.2 Macroinvertebrados bentónicos

Parámetros comunitarios

Los resultados muestran que la composición taxonómica de macroinvertebrados bentónicos de la cuenca del Azopardo presenta un total de 18 taxa, donde las familias de Chironomidae, Leptophlebiidae, Gripopterygidae y Hyalellidae se encuentran presente en casi todas las estaciones estudiadas. La riqueza de las estaciones estudiadas es mayor a cuatro en todos los sitios estudiados, sin embargo, algunas estaciones presentan una abundancia muy baja, menor a 50 individuos (Tabla 29).

Tabla 29: Resultados del análisis de macroinvertebrados

Taxa / Estación	AZ1	AZ2	AZ3	BE1	BE2	BE3	FA1	FA2	FA3
Acari	2								
Collembola									1
Diptera									
Ceratopogonidae	4								
Chironomidae	13	16	18		1	1	5	7	1
Empididae					2	7		13	
Simuliidae	2	2							



Taxa / Estación	AZ1	AZ2	AZ3	BE1	BE2	BE3	FA1	FA2	FA3
Ephemeroptera									
Baetidae	7	80		1					
Leptophlebiidae		13		12	12	25	4	4	
Plecoptera									
Gripopterygidae	37	22	8	16	2	3	17	73	
Trichoptera									
Hydroptilidae	3								2
Leptoceridae	3	1							
Amphipoda									
Hyalellidae	122	36	154	2	2	1	22	101	1
Annelida									
Hirudinea	1							2	
Oligochaeta	1		1						1
Mollusca									
Chiliniidae		5	6						
Hidrobiidae	5	25	12						
Planorbidae			1						
Sphaeridae			1						
Total individuos	200	200	201	31	19	37	48	200	6
Total taxa	12	9	8	4	5	5	4	6	5

Fuente: Laboratorio de Bioensayos CENMA

Grupos Funcionales

Se encontraron los seis principales grupos funcionales: Depredador, Fragmentador, Recolector, Ramoneador, Filtrador y Generalista (Tabla 30).

Tabla 30: Grupos funcionales de macroinvertebrados presentes en los cuerpos de agua analizados

Taxa	Grupo Funcional
Acari	Depredador
Collembola	Recolector
Diptera	
Ceratopogonidae	Depredador
Chironomidae	Generalista
Empididae	Depredador
Simuliidae	Filtrador
Ephemeroptera	
Baetidae	Recolector / Ramoneador
Leptophlebiidae	Ramoneador / Recolector
Plecoptera	
Gripopterygidae	Fragmentador
Trichoptera	



Taxa	Grupo Funcional
Hydroptilidae	Ramoneador
Leptoceridae	Recolector
Amphipoda	
Hyalellidae	Recolector / Depredador
Annelida	
Hirudinea	Depredador
Oligochaeta	Recolector
Mollusca	
Chiliniidae	Ramoneador
Hidrobiidae	Ramoneador
Planorbidae	Ramoneador
Sphaeriidae	Filtrador

Fuente: Laboratorio de Bioensayos CENMA

La proporción de grupos tróficos en toda la cuenca muestra que éstos se distribuyen en distintas proporciones en las diferentes estaciones estudiadas. Así, las estaciones que corresponden al Río Azopardo AZ presentan mayor proporción de Recolectores, mientras las estaciones del Río Betbeder abundan en Ramoneadores. Por su parte en las estaciones del Lago Fagnano se distribuyen similares los Fragmentadores, Recolectores, excepto en FA3 donde los Fragmentadores desaparecen por completo.

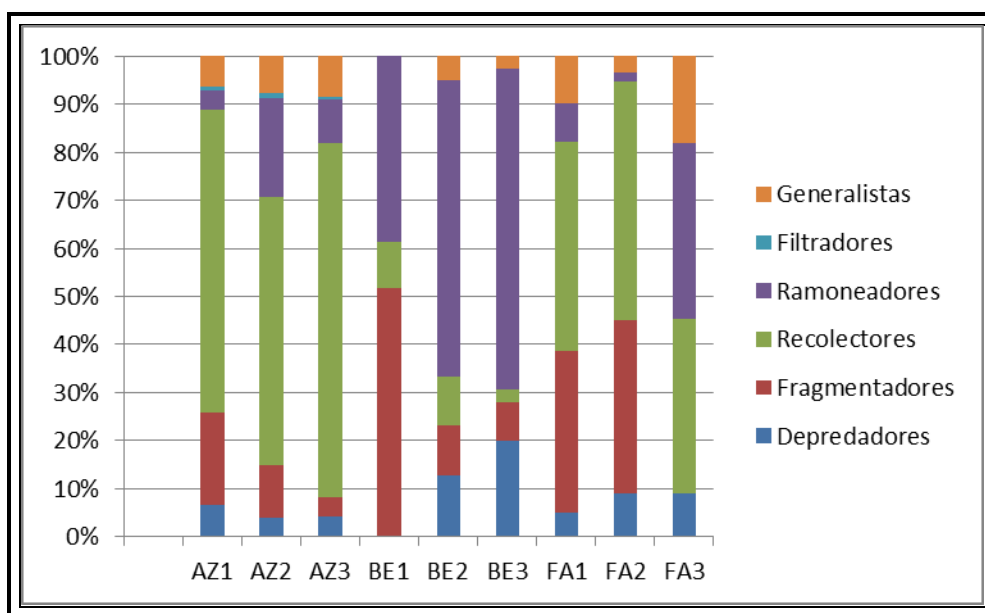


Ilustración 53: Proporción de grupos tróficos de macroinvertebrados bentónicos en la cuenca en estudio

Fuente: Laboratorio de Bioensayos CENMA



6.6 Campaña de muestreo N° 2

6.6.1 Elaboración de Plan de Muestreo considerando cambios estacionales y número representativo de muestras, así como fuentes de descarga puntuales y difusas

Se elaboró el Plan de Muestreo PM/N°004-2016 (**Anexo B**) para efectuar el trabajo en terreno, cuyo alcance considera las actividades necesarias para caracterizar fisicoquímica y biológicamente los ríos Azopardo, Betbeder y el Lago Fagnano.

6.6.2 Desarrollo de Campaña muestreo N° 2

Desde el 14 al 17 de marzo de 2016 se realizó la segunda campaña de muestreo, en la cual se visitaron los 9 puntos de recorridos en la Campaña N° 1. Adicionalmente se incorporó un nuevo punto de muestreo correspondiente a otro tributario del río Betbeder denominado como río Toledo. En cada punto se tomaron muestras para analizar parámetros fisicoquímicos y biológicos.

6.6.3 Análisis de parámetros físico químicos y biológicos Campaña N°2

A continuación, se presentan los resultados de los análisis realizados en terreno. Los informes de análisis de encuentran en el Anexo E.

Tabla 31 Resultados de mediciones en terreno con Sondamultiparámetros. Campaña N° 2

ID	Coordenadas UTM WGS 84 Uso 19		Fecha de muestreo	Hora muestreo	T °C	pH	Conductividad (µS/cm)
	Este	Norte					
AZ-1 C2	503136	3963130	15-03-2016	10:31	8,21	7,27	96
AZ-2 C2	511073	3960671	15-03-2016	12:12	8,58	7,54	94
AZ-3 C2	512172	3960157	15-03-2016	13:25	8,41	7,49	97
FA-1 C2	512261	3960177	15-03-2016	13:37	9,43	7,54	98
FA-2 C2	517214	3959891	15-03-2016	17:50	10,05	7,35	97
FA-3 C2	512920	3959267	16-03-2016	13:34	9,09	6,98	89
BE-1 C2	511039	3952044	16-03-2016	10:55	6,6	6,99	59
BE-2 C2	512167	3954232	16-03-2016	12:12	6,98	7,04	58
BE-3 C2	512612	3956480	16-03-2016	12:49	7,35	7,08	61
Toledo-1	511528	3951548	16-03-2016	11:20	6,27	6,97	59

Fuente: INFORME DE ANÁLISIS N° 091-01-2016/AG-054

(*) Los valores de oxígeno disueltos fueron descartados por fallas del instrumento durante el trabajo en terreno.

Tabla 32: Resultados de mediciones N-NO₃ y P-PO₄ de la Campaña N° 2 realizadas en Laboratorio Móvil en terreno

IDENTIFICACIÓN	ANÁLISIS EN TERRENO	
	N-NO ₃ (mg/L)	P-PO ₄ (mg/L)
AZ-1 C2	<0,5	<0,05
AZ-2 C2	<0,5	0,45
AZ-3 C2	<0,5	0,18



IDENTIFICACIÓN	ANÁLISIS EN TERRENO	
	N-NO ₃ (mg/L)	P-PO ₄ (mg/L)
FA-1 C2	<0,5	0,05
FA-2 C2	<0,5	0,66
FA-3 C2	<0,5	<0,05
BE-1 C2	<0,5	0,24
BE-2 C2	<0,5	<0,05
BE-3 C2	<0,5	<0,05
Toledo-1	<0,5	0,86

Fuente: INFORME DE ANÁLISIS N° 091-01-2016/AG-054

Tabla 33: Resultados de análisis de Aceites y Grasas, Hidrocarburos fijos, volátiles y totales. Campaña N° 2

Identificación	Aceites y Grasas (mg/L)	Hidrocarburos Totales (mg/L)	Hidrocarburos Fijos (mg/L)	Hidrocarburos Volátiles (mg/L)
AZ-1 C2	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
AZ-2 C2	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
AZ-3 C2	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
FA-1 C2	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
FA-2 C2	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
FA-3 C2	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
BE-1 C2	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
BE-2 C2	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
BE-3 C2	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Toledo-1	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0

Fuente: INFORME DE ANÁLISIS N° 091-01-2016/AG-054

Tabla 34: Resultados del análisis de Cl, NO₂, SO₄, Detergentes (SAAM) y NH₄. Campaña N° 2

Identificación	Cl (mg/L)	NO ₂ (mg/L)	SO ₄ (mg/L)	SAAM (mg/L)	NH ₄ (mg/L)
AZ-1 C2	<25	<0,1	<5	<0,3	14,4
AZ-2 C2	<25	<0,1	<5	<0,3	9,9
AZ-3 C2	<25	<0,1	<5	<0,3	14,4
FA-1 C2	<25	<0,1	<5	<0,3	9,9
FA-2 C2	<25	<0,1	<5	<0,3	5,3
FA-3 C2	<25	<0,1	<5	<0,3	3,1
BE-1 C2	<25	<0,1	<5	<0,3	7,6
BE-2 C2	<25	<0,1	<5	<0,3	16,6
BE-3 C2	<25	<0,1	<5	<0,3	12,1
Toledo-1	<25	<0,1	<5	<0,3	9,9

Fuente: INFORME DE ANÁLISIS N° 091-01-2016/AG-054



Tabla 35: Resultados del análisis de la demanda química (DQO) y de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅). Campaña N° 2

Identificación	DQO (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)
A2-1	<2	<2
A2-2	<2	<2
A2-3	<2	<2
FA-1	<2	<2
FA-2	<2	<2
FA-3	<2	<2
BE-1	<2	<2
BE-2	<2	<2
BE-3	<2	<2
Toledo-1	<2	<2

Fuente: INFORME DE ANÁLISIS N° 091-01-2016/AG-054

Tabla 36: Resultados del análisis de metales totales. Campaña N° 2

Metales (mg/L)	AZ-1	AZ-2	AZ-3	FA-1	FA-2	FA-3	BE-1	BE-2	BE-3	TOLEDO-1
Cd	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Zn	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009
Cr	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
As	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Cu	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Ni	<0,032	<0,032	<0,032	<0,032	<0,032	<0,032	<0,032	<0,032	<0,032	<0,032
Pb	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008
Al	<0,026	<0,026	<0,026	<0,026	<0,026	0,212	0,107	<0,026	<0,026	<0,026
Se	<0,010	0,0191	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Mn	0,0011	0,0007	0,0014	0,0008	0,0127	0,0249	0,0137	0,0145	0,0149	0,0058
Ag	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
V	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Ba	0,0024	0,0024	0,0026	0,0029	0,0029	0,0038	0,0017	0,001	0,0013	0,0007
Co	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Mo	0,0022	0,0062	<0,001	0,0009	<0,001	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	0,001
Be	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
B	<0,104	<0,104	<0,104	<0,104	<0,104	<0,104	<0,104	<0,104	<0,104	<0,104
Fe	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	0,1617	<0,100	<0,100	<0,100
Hg	<0,00012	<0,00012	<0,00012	<0,00012	<0,00012	<0,00012	<0,00012	<0,00012	<0,00012	<0,00012

Fuente: INFORME DE ANÁLISIS N° 091-01-2016/AG-054

6.6.4 Indicadores físico químicos

La determinación de indicadores fisicoquímicos se realizó en función de aquellos que mejor puedan ser utilizados para evidenciar el efecto de las actividades antropogénicas en la cuenca,



de manera que sirvan como instrumentos de decisión y gestión a la autoridad, considerando lo siguiente:

- Facilidad en la toma de datos y obtención de resultados
- Importancia ecológica
- Utilización a nivel mundial,
- Desarrollo en Chile
- Desarrollo de índices que den cuenta de la calidad del sistema en evaluación.

De acuerdo a lo anterior en la primera campaña de terreno fueron determinados en 9 puntos de muestreo **indicadores fisicoquímicos** que permiten determinar el estado actual de la cuenca y poder a futuro detectar perturbaciones antrópicas.

La batería de análisis físico químicos propuesta conformada por análisis *in situ* y de laboratorio, permite el monitoreo espacial y temporal de la composición química de las aguas estudiadas, permitiendo establecer cambios que puedan desencadenar modificaciones de su calidad actual.

Estos corresponden a los siguientes:

Tabla 37: Indicadores fisicoquímicos

INDICADORES DE CONDICION AMBIENTAL	PARAMETROS DE ANALISIS DE TERRENO	PARAMETROS DE ANALISIS DE LABORATORIO
Condición natural, parámetros fundamentales para el funcionamiento ecológico	pH (unidad de pH)	
	Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	
	Oxígeno disuelto (mg/L y %)	
	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	
Condición natural		Sulfatos (mg/L)
		Metales (Zn, Cu, Ni, Al, Mn, Ag, V, Ba, Co, Mo, Be, Fe)
		Cloruros (mg/L)
Eutrofización	Concentración N-NO ₃ (mg/L)	Amonio (mg/L)
	Concentración P-PO ₄ (mg/L)	Detergentes (SAAM)
	Nitritos (mg/L)	
Contaminación por materia orgánica		DQO Demanda Química de Oxígeno (mg/L)
		DBO ₅ Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)
		Aceites y Grasas (mg/L)
Contaminación por metales		Metales (Cd, Cr, As, Se, Pb, Hg)
Contaminación por hidrocarburos		Hidrocarburos Totales (mg/L)
		Hidrocarburos Fijos (mg/L)
		Hidrocarburos Volátiles (mg/L)

Fuente: Elaboración propia



7 APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA EL DIAGNÓSTICO Y CLASIFICACIÓN DE LOS CUERPOS DE AGUA SEGÚN OBJETIVOS DE CALIDAD

A continuación, se presenta la aplicación de la metodología propuesta por la Dirección General de Aguas (DGA) en su informe “Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad” (DGA. 2003), en la cuenca en estudio.

7.1 Etapa I: Elección de la cuenca y definición de cauces

La primera actividad consiste en la definición de la red fluvial que será objeto de análisis, la cual está compuesta por los Ríos Azopardo y Betbeder y el Lago Fagnano. El cauce principal considerado el Río Azopardo, debido a que es el principal cauce de una de las cuencas hidrográficas más importantes de Tierra del Fuego y el desagüe natural del Lago Fagnano, lago que además recibe el aporte de río Betbeder. Junto con lo anterior este río posee información histórica fluviométrica.

7.2 Etapa II: Caracterización de la cuenca

La caracterización de la cuenca, contempla la recopilación de toda la información disponible de acuerdo a lo siguiente:

7.2.1 Cartografía y segmentación:

Adicionalmente al cauce principal, se establecieron para los otros cuerpos de agua estudiados, tramos de observación, los cuales para efectos del presente estudio serán considerados como segmentos, según la siguiente nomenclatura:

Tabla 38: Segmentación de tramos de cuerpos de agua estudiados

CUERO DE AGUA	ID DEL TRAMO DE OBSERVACIÓN	ANTECEDENTES
Río Azopardo	AZ-1	Antes de la desembocadura en el Seno Almirantazgo. Desembocadura en el mar
	AZ-2	Aguas abajo naciente Lago Fagnano
	AZ-3	Cola y salida de un curso lenticular. Naciente Lago Fagnano
Río Betbeder	BE-1	Tributario aguas abajo de la naciente de Río Betbeder
	BE-2	Punto intermedio río Betbeder
	BE-3	Antes de la desembocadura en el Lago Fagnano
Lago Fagnano	FA-1	Ribera norte del Lago Fagnano antes del inicio del Río Azopardo
	FA-2	Ribera norte del Lago Fagnano cercano a la Estancia Lago Fagnano
	FA-3	Ribera sur del Lago Fagnano
Río Toledo	Toledo-1	Uno de los Ríos que dan origen al Betbeder

Fuente: Elaboración Propia

7.2.2 Caracterización de la cuenca

Por medio de la recopilación de antecedentes se caracterizó la cuenca considerando lo siguiente:



- Sistema físico natural descrito en el acápite 4.1.3 Características ambientales , el cual considera:
 - Recursos hídricos
 - Suelo
 - Fauna
 - Flora y vegetación
 - Temperatura
 - Precipitaciones
 - Vientos
 - Clima
- Sistemas humanos descrito en los acápites 4.1.4.3 Asentamientos humanos, 4.1.4.4
- Infraestructura
- : Aeródromo Caleta María y 4.1.4.4.2 Infraestructura: Inicio de la construcción de la senda de penetración Vicuña–Yendegaia.
- Usos del suelo descrito en el acápite 4.1.4.2 Uso de suelo

7.3 Etapa III: Establecimiento de la base de datos

La siguiente actividad consistió en la recopilación de información y establecimiento de la base de datos, de acuerdo a lo siguiente:

7.3.1 Información fluviométrica:

La información fluviométrica permite determinar la variación estacional de caudales en cada cauce particular. Con este propósito, se compilaron todos los registros pluviométricos disponibles en la cuenca, a nivel de caudales medios mensuales, desde los reportes provenientes de la única estación ubicada en el Río Azopardo, disponibles en la Información Oficial Hidrometeorológica y de Calidad de Aguas en Línea (<http://snia.dga.cl/BNAConsultas/reportes> visitada en junio del 2016).

Esta Base de Datos Hidrológicos está constituida fundamentalmente por planillas Excel con datos de caudales, en la cual figuran los meses en las columnas y los años en las filas (**Anexo F.2 Data Fluviométrica**).

7.3.2 Usos del agua:

Los usos de aguas identificados se describen en detalle en el acápite 4.1.3.1.1.6 y se resumen en la tabla siguiente:

Tabla 39: Usos del agua identificados

CAUCE	SEGMENTO	Usos in situ	Biodiversidad
		Pesca deportiva	
Río Azopardo	AZ-1		X
	AZ-2		X
	AZ-3		X
Río Betbeder	BE-1		X
	BE-2		X
	BE-3		X



CAUCE	SEGMENTO	Usos in situ	Biodiversidad
		Pesca deportiva	
Lago Fagnano	FA-1	X	X
	FA-2	X	X
	FA-3		X
Río Toledo	Toledo-1		X

Fuente: Elaboración propia

7.3.3 Descargas:

En términos generales en el sector no se evidencian descargas puntuales provenientes de aguas servidas e industriales ni de contaminación difusa a los cuerpos de aguas estudiados (acápites 6.1.2.1 y 6.1.2.2.).

7.3.4 Datos de calidad de agua:

La base de datos de la calidad de agua está conformada por los resultados del monitoreo histórico realizado por la DGA desde el año 2006 a la fecha y las mediciones puntuales de CENMA realizadas durante las 2 campañas de terreno correspondientes a información Nivel 1 y 4 respectivamente.

7.4 Etapa IV: Análisis y procesamiento de la información, considerando:

7.4.1 Información fluviométrica.

La data fluviométrica (**Anexo F.2**) se obtuvo de los reportes de caudales medios mensuales, disponibles en la Información Oficial Hidrometeorológica y de Calidad de Aguas en Línea (<http://snia.dga.cl/BNAConsultas/reportes> visitada en junio del 2016).

Debido a que la data histórica disponible correspondiente a la estación dispuesta en la desembocadura del Río Azopardo no supera los 10 años de mediciones, no se realizó el análisis estadístico y sólo se calcularon los estadísticos de la muestra promedio, desviación estándar, máximo, mínimo y número de datos (Tabla 40).

Tabla 40: Estadígrafos de la data fluviométrica estación Azopardo desembocadura DGA

ESTADIGRAFO	VALOR
Promedio Caudal Medio mensual (m ³ /s)	50,9
Desviación estándar	11,8
Máximo Caudal Medio mensual (m ³ /s)	82,0
Mínimo Caudal Medio mensual (m ³ /s)	30,6
Número de datos	116

Fuente: Elaboración propia en base a data fluviométrica histórica DGA

7.5 Información de calidad del agua

7.5.1 Selección de parámetros

El listado de parámetros monitoreados por la DGA se presenta en la tabla siguiente con su respectiva metodología.



Tabla 41: Lista de Parámetros monitoreados por la DGA en la Estación Azopardo desembocadura

Parámetros	Método
Metales totales: Cobre, Mercurio, Níquel, Molibdeno, Hierro, Aluminio, Cadmio, Sodio, Zinc, Potasio, Cromo hexavalente	Espectrofotometría de absorción atómica
Metales disueltos: Sodio	
Metales totales: Aluminio, Cromo, Níquel, Cadmio, Plomo	ICP-OES
Cromo Total y Manganeso Total	Colorimetría
Selenio disuelto	Diaminobencidina
Magnesio disuelto	Gravimétrico
Calcio disuelto	Permanganato de Potasio - Titulación
Cobalto	No informado
Demanda Química de Oxígeno	Reflujo Dicromato de Potasio - Colorimetría
Nitrógeno de Nitrato	Espectrofotometría Ultravioleta
Nitrógeno de Nitrito y Nitrato	No informado
Sulfato	Turbidimétrico
Oxígeno Disuelto (% Saturación)	Electrodo de Membrana
Oxígeno Disuelto	Yodométrico (Azida) - Titulación
pH	Potenciométrico
Temperatura	Termómetro
Conductividad Específica	Conductivímetro

Fuente: Data monitoreo DGA Estación Azopardo desembocadura.

7.5.1.1 **Programas de muestreo**

De acuerdo a la metodología de la DGA el programa de muestreos debe orientarse a complementar la información existente en la base de datos disponible. El programa implementado de muestreo se conformó de dos campañas de muestreo puntual (primavera y verano), determinando en cada una de ellas los siguientes parámetros:

Los Planes de Muestreo ejecutados en este estudio, han sido presentados en los acápites anteriores.

7.5.1.2 **Base de Datos Integrada (BDI)**

Para la caracterización de la calidad de agua de la cuenca, se establece la denominada Base de Datos Integrada (BDI), la cual está conformada por el monitoreo histórico realizado por la DGA desde el año 2006 a la fecha y las mediciones puntuales de CENMA realizadas durante las 2 campañas de terreno.

Cabe señalar que solo en la data de la DGA (tramo **Azopardo DGA**) se detalla el nivel de información por medio de paréntesis según lo descrito en la metodología DGA a continuación, ya que la data restante de los otros segmentos, provienen de muestras puntuales obtenidas en primavera del 2015 y verano del 2016 por el CENMA.

- En el caso de disponer de un número de registros > 10 por período estacional, se procede a calcular el percentil 66%, lo que equivale según la metodología a información de nivel 1. La elección del percentil es arbitraria. Se ha elegido 66% por considerarlo un valor moderado y porque corresponde al percentil utilizado en el Instructivo.



- Cuando se dispone de un número de registros entre 5 y 10 por período estacional, se procede a calcular el promedio de los valores, lo que equivale a información de nivel 2 y se representa en las tablas de calidad del agua por el valor entre paréntesis. (ejemplo OD = (10,5)).
- Si sólo se dispone de un número menor que 5 registros por período estacional, se procede a calcular el promedio de los valores, que equivale a información de nivel 3 y se representa en las tablas de calidad del agua por el valor entre dos paréntesis. (ejemplo OD = ((10,5))).

7.5.1.3 **Análisis de datos por periodo estacional**

Tomando como información la Base de Datos Integrada (BDI), la Metodología propone realizar el análisis estacional de los registros de calidad, distinguiendo períodos estacionales que son propios del análisis hidrológico, la cual en el presente estudio corresponden al monitoreo histórico realizado por la DGA desde el año 2006 a la fecha (veranos, primavera y otoño) y las mediciones puntuales de CENMA realizadas durante la primavera (noviembre 2015) y verano (marzo 2016)

En las siguientes tablas se realiza la comparación de los periodos estacionales para aquellos parámetros que fueron monitoreados y presentan por lo menos un valor sobre el límite detección.

Además fueron clasificados según la Tabla N°1 del Anexo A1 de los "Criterios Nacionales Para El Establecimiento De Las Normas Secundarias De Calidad Ambiental" (DGA 2003) considerando las siguientes clases de calidad:

- a) Clase 0: Excepcional: Indica un agua de mejor calidad que la clase 1, que por su extraordinaria pureza y escasez, forma parte única del patrimonio ambiental de la República. Esta calidad es adecuada también para la conservación de las comunidades acuáticas y demás usos definidos cuyos requerimientos de calidad sean inferiores a esta clase.
- b) Clase 1: Muy buena calidad. Indica un agua apta para la protección y conservación de las comunidades acuáticas, para el riego irrestricto y para los usos comprendidos en las clases 2 y 3.
- c) Clase 2: Buena calidad. Indica un agua apta para el desarrollo de la acuicultura, de la pesca deportiva y recreativa, y para los usos comprendidos en la clase 3.
- d) Clase 3: Regular calidad. Indica un agua adecuada para bebida de animales y para riego restringido.
- c) Clase 4: Mala calidad. No adecuada para la conservación de las comunidades acuáticas ni para los usos prioritarios a los que se hizo referencia, sin perjuicio de su utilización en potabilización con tratamiento apropiado o para aprovechamiento industrial.

Tabla 42: Valor del Parámetro Temperatura por Períodos Estacionales

CURSO DE AGUA	TRAMO DE OBSERVACIÓN	TEMPERATURA (°C)					
		VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
		PRIMAVERA		VERANO		OTOÑO	
Río Azopardo	AZ-1	4,08	0	8,21			
	AZ-2	4,99	0	8,58			
	AZ-3	4,67	0	8,41			
	Azopardo DGA	4,33	0	8,54	0	((7,25))	0
Lago Fagnano	FA-1	4,69	0	9,43			
	FA-2	3,84	0	10,05			
	FA-3	4,17	0	9,09			
Río Betbeder	BE-1	3,04	0	6,6			
	BE-2	2,56	0	6,98			
	BE-3	1,92	0	7,35			
Toledo	Toledo-1	4,08	0	6,27			

Fuente: LQA CENMA y Monitoreo DGA Estación Azopardo desembocadura

Considerando la temperatura natural del agua entre 10 y 5°C según Atlas DGA 2016¹⁵

Tabla 43: Valor del Parámetro pH por Períodos Estacionales

CURSO DE AGUA	TRAMO DE OBSERVACIÓN	pH (unidad de pH)					
		VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
		PRIMAVERA		VERANO		OTOÑO	
Río Azopardo	AZ-1	7,1	0	7,27	0	-	-
	AZ-2	7,3	0	7,54	0	-	-
	AZ-3	7,64	0	7,49	0	-	-
	Azopardo DGA	7,72	0	7,72	0	((7,25))	0
Lago Fagnano	FA-1	7,71	0	7,54	0	-	-
	FA-2	7,58	0	7,35	0	-	-
	FA-3	6,96	0	6,98	0	-	-
Río Betbeder	BE-1	7,32	0	6,99	0	-	-
	BE-2	7,34	0	7,04	0	-	-
	BE-3	7,22	0	7,08	0	-	-
Toledo	Toledo-1	-		6,97	0	-	-

Fuente: LQA CENMA y Monitoreo DGA Estación Azopardo desembocadura

¹⁵ <http://www.dga.cl/DGADocumentos/Atlas2016parte2-17marzo2016b.pdf>



Tabla 44: Valor del Parámetro Conductividad Eléctrica por Períodos Estacionales

CURSO DE AGUA	TRAMO DE OBSERVACIÓN	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (µS/cm)					
		VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
		PRIMAVERA		VERANO		OTOÑO	
Río Azopardo	AZ-1	94	0	96	0	-	-
	AZ-2	97	0	94	0	-	-
	AZ-3	100	0	97	0	-	-
	Azopardo DGA	79,4	0	75	0	((77))	0
Lago Fagnano	FA-1	99	0	98	0	-	-
	FA-2	87	0	97	0	-	-
	FA-3	80	0	89	0	-	-
Río Betbeder	BE-1	77	0	59	0	-	-
	BE-2	71	0	58	0	-	-
	BE-3	64	0	61	0	-	-
Toledo	Toledo-1	-		59	0	-	-

Fuente: LQA CENMA y Monitoreo DGA Estación Azopardo desembocadura

Tabla 45: Valor del Parámetro Oxígeno disuelto por Períodos Estacionales

CURSO DE AGUA	TRAMO DE OBSERVACIÓN	OXIGENO DISUELTO (mg/L)					
		VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
		PRIMAVERA		VERANO (*)		OTOÑO	
Río Azopardo	AZ-1	8,6	0	(*)	-	-	-
	AZ-2	8,4	0	(*)	-	-	-
	AZ-3	7,2	1	(*)	-	-	-
	Azopardo DGA	(12,2)	0	12,41	0	((10,6))	0
Lago Fagnano	FA-1	7,4	1	(*)	-	-	-
	FA-2	9,4	0	(*)	-	-	-
	FA-3	9,0	0	(*)	-	-	-
Río Betbeder	BE-1	10,3	0	(*)	-	-	-
	BE-2	10,9	0	(*)	-	-	-
	BE-3	10,5	0	(*)	-	-	-
Toledo	Toledo-1	-	-	(*)	-	-	-

Fuente: LQA CENMA y Monitoreo DGA Estación Azopardo desembocadura

(*): Dato no considerado por problemas instrumentales



Tabla 46: Valor del Parámetro Nitrógeno de Nitrato (N-NO₃) por Períodos Estacionales

CURSO DE AGUA	TRAMO DE OBSERVACIÓN	NITRÓGENO DE NITRATO (mg/L)					
		VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
		PRIMAVERA		VERANO		OTOÑO	
Río Azopardo	AZ-1	0,7	NC	<0,5	NC		
	AZ-2	0,7	NC	<0,5	NC		
	AZ-3	<0,5	NC	<0,5	NC		
	Azopardo DGA	(0,02)	NC	((0,11))	NC	((0,03))	NC
Lago Fagnano	FA-1	<0,5	NC	<0,5	NC		
	FA-2	<0,5	NC	<0,5	NC		
	FA-3	<0,5	NC	<0,5	NC		
Río Betbeder	BE-1	<0,5	NC	<0,5	NC		
	BE-2	<0,5	NC	<0,5	NC		
	BE-3	<0,5	NC	<0,5	NC		
Toledo	Toledo-1	-	-	<0,5	NC		

Fuente: LQA CENMA y Monitoreo DGA Estación Azopardo desembocadura

NC: No clasificado en Tabla N°1 Anexo A-1 DGA

Tabla 47: Valor del Parámetro Demanda Química de Oxígeno (DQO) por Períodos Estacionales

CURSO DE AGUA	TRAMO DE OBSERVACIÓN	DQO (mg/L)					
		VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
		PRIMAVERA		VERANO		OTOÑO	
Río Azopardo	AZ-1	<2	NC	<2	NC	-	
	AZ-2	<2	NC	<2	NC	-	
	AZ-3	<2	NC	<2	NC	-	
	Azopardo DGA	11,86	NC	(10,34)	NC	((32,39))	NC
Lago Fagnano	FA-1	<2	NC	<2	NC	-	
	FA-2	<2	NC	<2	NC	-	
	FA-3	<2	NC	<2	NC	-	
Río Betbeder	BE-1	<2	NC	<2	NC	-	
	BE-2	<2	NC	<2	NC	-	
	BE-3	<2	NC	<2	NC	-	
Toledo	Toledo-1	-	-	<2	NC	-	

Fuente: LQA CENMA y Monitoreo DGA Estación Azopardo desembocadura

NC: No clasificado en Tabla N°1 Anexo A-1 DGA



Tabla 48: Valor del Parámetro Cloruros por Períodos Estacionales

CURSO DE AGUA	TRAMO DE OBSERVACIÓN	Cl ⁻ (mg/L)					
		VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
		PRIMAVERA		VERANO		OTOÑO	
Río Azopardo	AZ-1	<25	0	<25	0	-	-
	AZ-2	<25	0	<25	0	-	-
	AZ-3	<25	0	<25	0	-	-
	Azopardo DGA	(5,36)	0	4,81	0	((6,59))	0
Lago Fagnano	FA-1	<25	0	<25	0	-	-
	FA-2	<25	0	<25	0	-	-
	FA-3	<25	0	<25	0	-	-
Río Betbeder	BE-1	<25	0	<25	0	-	-
	BE-2	<25	0	<25	0	-	-
	BE-3	<25	0	<25	0	-	-
Toledo	Toledo-1	-	-	<25	0	-	-

Fuente: LQA CENMA y Monitoreo DGA Estación Azopardo desembocadura

Tabla 49: Valor del Parámetro Sulfatos por Períodos Estacionales

CURSO DE AGUA	TRAMO DE OBSERVACIÓN	SO ₄ ⁻² (mg/L)					
		VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
		PRIMAVERA		VERANO		OTOÑO	
Río Azopardo	AZ-1	<5	0	<5	0	-	-
	AZ-2	<5	0	<5	0	-	-
	AZ-3	<5	0	<5	0	-	-
	Azopardo DGA	(9,62)	0	(8,44)	0	((8,47))	0
Lago Fagnano	FA-1	<5	0	<5	0	-	-
	FA-2	<5	0	<5	0	-	-
	FA-3	<5	0	<5	0	-	-
Río Betbeder	BE-1	<5	0	<5	0	-	-
	BE-2	<5	0	<5	0	-	-
	BE-3	<5	0	<5	0	-	-
Toledo	Toledo-1	-	-	<5	0	-	-

Fuente: LQA CENMA y Monitoreo DGA Estación Azopardo desembocadura



Tabla 50: Valor del Parámetro Nitrógeno de Nitrito y Nitrato por Períodos Estacionales

CURSO DE AGUA	TRAMO DE OBSERVACIÓN	N-NO ₂ y NO ₃ (mg/L)					
		VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
		PRIMAVERA		VERANO		OTOÑO	
Río Azopardo	AZ-1	-		-		-	
	AZ-2	-		-		-	
	AZ-3	-		-		-	
	Azopardo DGA	((0,52))	NC	((0,03))	NC	-	

Fuente: Monitoreo DGA Estación Azopardo desembocadura

NC: No clasificado en Tabla N°1 Anexo A-1 DGA

Tabla 51: Valor del Parámetro Fósforo de Orto fosfato por Períodos Estacionales

CURSO DE AGUA	TRAMO DE OBSERVACIÓN	P-PO ₄ ⁺³ (mg/L)					
		VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
		PRIMAVERA		VERANO		OTOÑO	
Río Azopardo	AZ-1	-		-		-	
	AZ-2	-		-		-	
	AZ-3	-		-		-	
	Azopardo DGA	(0,01)	NC	((<0,003))	NC	((0,003))-	NC

Fuente: Monitoreo DGA Estación Azopardo desembocadura

NC: No clasificado en Tabla N°1 Anexo A-1 DGA

Tabla 52: Valor del Parámetro Fosforo de Fosfato por Períodos Estacionales

CURSO DE AGUA	TRAMO DE OBSERVACIÓN	P-PO ₄ (mg/L)					
		VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
		PRIMAVERA		VERANO		OTOÑO	
Río Azopardo	AZ-1	<0,05	NC	<0,05	NC	-	
	AZ-2	<0,05	NC	0,45	NC	-	
	AZ-3	<0,05	NC	0,18	NC	-	
	Azopardo DGA	-	-	-	-	-	
Lago Fagnano	FA-1	<0,05	NC	0,05	NC	-	
	FA-2	<0,05	NC	0,66	NC	-	
	FA-3	<0,05	NC	<0,05	NC	-	
Río Betbeder	BE-1	0,06	NC	0,24	NC	-	
	BE-2	<0,05	NC	<0,05	NC	-	
	BE-3	<0,05	NC	<0,05	NC	-	
Toledo	Toledo-1	-		0,86	NC	-	



Fuente: LQA CENMA

NC: No clasificado en Tabla N°1 Anexo A-1 DGA

Tabla 53: Valor del Parámetro Sodio Total por Períodos Estacionales

CURSO DE AGUA	TRAMO DE OBSERVACIÓN	Na Total (mg/L)					
		VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
		PRIMAVERA		VERANO		OTOÑO	
Río Azopardo	AZ-1	-		-		-	
	AZ-2	-		-		-	
	AZ-3	-		-		-	
	Azopardo DGA	(4,77)	NC	5,24	NC	((4,34))	NC

Fuente: Monitoreo DGA Estación Azopardo desembocadura

NC: No clasificado en Tabla N°1 Anexo A-1 DGA

Tabla 54: Valor del Parámetro Potasio Total por Períodos Estacionales

CURSO DE AGUA	TRAMO DE OBSERVACIÓN	K Total (mg/L)					
		VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
		PRIMAVERA		VERANO		OTOÑO	
Río Azopardo	AZ-1	-		-		-	
	AZ-2	-		-		-	
	AZ-3	-		-		-	
	Azopardo DGA	((0,38))	NC	((0,46))	NC	((4,41))	NC

Fuente: Monitoreo DGA Estación Azopardo desembocadura

NC: No clasificado en Tabla N°1 Anexo A-1 DGA

Tabla 55: Valor del Parámetro Calcio Total por Períodos Estacionales

CURSO DE AGUA	TRAMO DE OBSERVACIÓN	Ca Total (mg/L)					
		VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
		PRIMAVERA		VERANO		OTOÑO	
Río Azopardo	AZ-1	-		-		-	
	AZ-2	-		-		-	
	AZ-3	-		-		-	
	Azopardo DGA	9,94	NC	9,35	NC	((4,87))	NC

Fuente: Monitoreo DGA Estación Azopardo desembocadura

NC: No clasificado en Tabla N°1 Anexo A-1 DGA

Tabla 56: Valor del Parámetro Magnesio Total por Períodos Estacionales

CURSO DE AGUA	TRAMO DE OBSERVACIÓN	Mg Total (mg/L)					
		VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
		PRIMAVERA		VERANO		OTOÑO	
Río Azopardo	AZ-1	-		-		-	
	AZ-2	-		-		-	
	AZ-3	-		-		-	
	Azopardo DGA	1,17	NC	1,14	NC	((1,09))	NC

Fuente: Monitoreo DGA Estación Azopardo desembocadura

NC: No clasificado en Tabla N°1 Anexo A-1 DGA



Tabla 57: Valor del Parámetro Razón de Absorción de Sodio por Períodos Estacionales

CURSO DE AGUA	TRAMO DE OBSERVACIÓN	RAS (mg/L)					
		VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
		PRIMAVERA		VERANO		OTOÑO	
Río Azopardo	AZ-1	-	-	-	-	-	-
	AZ-2	-	-	-	-	-	-
	AZ-3	-	-	-	-	-	-
	Azopardo DGA	((0,386))	0	((0,377))	0	((0,395))	0

Fuente: Monitoreo DGA Estación Azopardo desembocadura

Tabla 58: Valor del Parámetro Sodio Disuelto por Períodos Estacionales

CURSO DE AGUA	TRAMO DE OBSERVACIÓN	Na disuelto (mg/L)					
		VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
		PRIMAVERA		VERANO		OTOÑO	
Río Azopardo	AZ-1	-		-		-	
	AZ-2	-		-		-	
	AZ-3	-		-		-	-
	Azopardo DGA	((3,80))	NC	((4,44))	NC	((4,24))	NC

Fuente: Monitoreo DGA Estación Azopardo desembocadura
NC: No clasificado en Tabla N°1 Anexo A-1 DGA

Tabla 59: Valor del Parámetro Potasio Disuelto por Períodos Estacionales

CURSO DE AGUA	TRAMO DE OBSERVACIÓN	K disuelto (mg/L)					
		VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
		PRIMAVERA		VERANO		OTOÑO	
Río Azopardo	AZ-1	-		-		-	
	AZ-2	-		-		-	
	AZ-3	-		-		-	
	Azopardo DGA	((0,32))	NC	((0,33))	NC	((0,41))	NC

Fuente: Monitoreo DGA Estación Azopardo desembocadura
NC: No clasificado en Tabla N°1 Anexo A-1 DGA

Tabla 60: Valor del Parámetro Magnesio Disuelto por Períodos Estacionales

CURSO DE AGUA	TRAMO DE OBSERVACIÓN	Mg disuelto (mg/L)					
		VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
		PRIMAVERA		VERANO		OTOÑO	
Río Azopardo	AZ-1	-		-		-	
	AZ-2	-		-		-	
	AZ-3	-		-		-	
	Azopardo DGA	((0,93))	NC	((0,85))	NC	((1,06))	NC

Fuente: Monitoreo DGA Estación Azopardo desembocadura
NC: No clasificado en Tabla N°1 Anexo A-1 DGA



Tabla 61: Valor del Parámetro Zinc Total por Períodos Estacionales

CURSO DE AGUA	TRAMO DE OBSERVACIÓN	Zn (mg/L)					
		VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
		PRIMAVERA		VERANO		OTOÑO	
Río Azopardo	AZ-1	<0,009	0	<0,009	0	-	
	AZ-2	<0,009	0	<0,009	0	-	
	AZ-3	<0,009	0	<0,009	0	-	
	Azopardo DGA	(0,02)	0	(0,02)	0	((0,01))	0
Lago Fagnano	FA-1	<0,009	0	<0,009	0	-	
	FA-2	<0,009	0	<0,009	0	-	
	FA-3	<0,009	0	<0,009	0	-	
Río Betbeder	BE-1	<0,009	0	<0,009	0	-	
	BE-2	<0,009	0	<0,009	0	-	
	BE-3	<0,009	0	<0,009	0	-	
Toledo	Toledo-1	-	-	<0,009	0	-	

Fuente: LQA CENMA y monitoreo DGA Estación Azopardo desembocadura

Tabla 62: Valor del Parámetro Arsénico Total por Períodos Estacionales

CURSO DE AGUA	TRAMO DE OBSERVACIÓN	As (mg/L)					
		VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
		PRIMAVERA		VERANO		OTOÑO	
Río Azopardo	AZ-1	<0,015	0	<0,015	0	-	-
	AZ-2	<0,015	0	<0,015	0	-	-
	AZ-3	<0,015	0	<0,015	0	-	-
	Azopardo DGA	(<0,001)	0	<0,001	0	((<0,001))	0
Lago Fagnano	FA-1	<0,015	0	<0,015	0	-	-
	FA-2	<0,015	0	<0,015	0	-	-
	FA-3	<0,015	0	0,016	0	-	-
Río Betbeder	BE-1	<0,015	0	<0,015	0	-	-
	BE-2	<0,015	0	<0,015	0	-	-
	BE-3	<0,015	0	<0,015	0	-	-
Toledo	Toledo-1	-	-	<0,015	0	-	-

Fuente: LQA CENMA y monitoreo DGA Estación Azopardo desembocadura



Tabla 63: Valor del Parámetro Al Total por Períodos Estacionales

CURSO DE AGUA	TRAMO DE OBSERVACIÓN	Al (mg/L)					
		VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
		PRIMAVERA		VERANO		OTOÑO	
Río Azopardo	AZ-1	<0,026	0	<0,026	0	-	-
	AZ-2	0,0314	0	<0,026	0	-	-
	AZ-3	0,0295	0	<0,026	0	-	-
	Azopardo DGA	(0,37)	3	(0,3)	3	((0,3))	3
Lago Fagnano	FA-1	<0,026	0	<0,026	0	-	-
	FA-2	0,084	1	<0,026	0	-	-
	FA-3	0,3481	3	0,212	3	-	-
Río Betbeder	BE-1	0,1473	3	0,107	3	-	-
	BE-2	0,0858	1	<0,026	0	-	-
	BE-3	0,0831	1	<0,026	0	-	-
Toledo	Toledo-1	-	-	<0,026	0	-	-

Fuente: LQA CENMA y monitoreo DGA Estación Azopardo desembocadura

Tabla 64: Valor del Parámetro Se Total por Períodos Estacionales

CURSO DE AGUA	TRAMO DE OBSERVACIÓN	Se (mg/L)					
		VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
		PRIMAVERA		VERANO		OTOÑO	
Río Azopardo	AZ-1	<0,010	2	<0,010	2	-	-
	AZ-2	<0,010	2	0,0191	2	-	-
	AZ-3	<0,010	2	<0,010	2	-	-
	Azopardo DGA	-	-	-	-	-	-
Lago Fagnano	FA-1	<0,010	2	<0,010	2	-	-
	FA-2	<0,010	2	<0,010	2	-	-
	FA-3	<0,010	2	<0,010	2	-	-
Río Betbeder	BE-1	<0,010	2	<0,010	2	-	-
	BE-2	<0,010	2	<0,010	2	-	-
	BE-3	<0,010	2	<0,010	2	-	-
Toledo	Toledo-1	-	-	<0,010	2	-	-

Fuente: LQA CENMA



Tabla 65: Valor del Parámetro Manganeso Total por Períodos Estacionales

CURSO DE AGUA	TRAMO DE OBSERVACIÓN	Mn (mg/L)					
		VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
		PRIMAVERA		VERANO		OTOÑO	
Río Azopardo	AZ-1	0,0032	0	0,0011	0	-	-
	AZ-2	0,0030	0	0,0007	0	-	-
	AZ-3	0,0027	0	0,0014	0	-	-
	Azopardo DGA	<0,02	0	<0,02	0	((<0,01))	0
Lago Fagnano	FA-1	0,002	0	0,0008	0	-	-
	FA-2	0,0205	0	0,0127	0	-	-
	FA-3	0,0132	0	0,0249	0	-	-
Río Betbeder	BE-1	0,0295	0	0,0137	0	-	-
	BE-2	0,0171	0	0,0145	0	-	-
	BE-3	0,0162	0	0,0149	0	-	-
Toledo	Toledo-1	-	-	0,0058	0	-	-

Fuente: LQA CENMA y monitoreo DGA Estación Azopardo desembocadura

Tabla 66: Valor del Parámetro Plata Total por Períodos Estacionales

CURSO DE AGUA	TRAMO DE OBSERVACIÓN	Ag (mg/L)					
		VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
		PRIMAVERA		VERANO		OTOÑO	
Río Azopardo	AZ-1	0,029	NC	<0,001	NC	-	-
	AZ-2	0,017	NC	<0,001	NC	-	-
	AZ-3	0,014	NC	<0,001	NC	-	-
	Azopardo DGA	(<0,01)	NC	<0,01	NC	((<0,01))	NC
-Lago Fagnano	FA-1	0,013	NC	<0,001	NC	-	-
	FA-2	0,012	NC	<0,001	NC	-	-
	FA-3	0,008	NC	<0,001	NC	-	-
Río Betbeder	BE-1	0,008	NC	<0,001	NC	-	-
	BE-2	0,011	NC	<0,001	NC	-	-
	BE-3	0,010	NC	<0,001	NC	-	-
Toledo	Toledo-1	-	-	<0,001	NC	-	-

Fuente: LQA CENMA y monitoreo DGA Estación Azopardo desembocadura

NC: No clasificado en Tabla N°1 Anexo A-1 DGA



Tabla 67: Valor del Parámetro Bario Total por Períodos Estacionales

CURSO DE AGUA	TRAMO DE OBSERVACIÓN	Ba (mg/L)					
		VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
		PRIMAVERA		VERANO		OTOÑO	
Río Azopardo	AZ-1	0,003	NC	0,003	NC		
	AZ-2	0,003	NC	0,003	NC		
	AZ-3	0,003	NC	0,003	NC		
	Azopardo DGA	-	-	-	-	-	-
Lago Fagnano	FA-1	0,003	NC	0,003	NC		
	FA-2	0,003	NC	0,003	NC		
	FA-3	0,023	NC	0,004	NC		
Río Betbeder	BE-1	0,004	NC	0,002	NC		
	BE-2	0,002	NC	0,001	NC		
	BE-3	0,002	NC	0,001	NC		
Toledo	Toledo-1	-	-	0,001	NC		

Fuente: LQA CENMA

NC: No clasificado en Tabla N°1 Anexo A-1 DGA

Tabla 68: Valor del Parámetro Cobalto Total por Períodos Estacionales

CURSO DE AGUA	TRAMO DE OBSERVACIÓN	Co (mg/L)					
		VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
		PRIMAVERA		VERANO		OTOÑO	
Río Azopardo	AZ-1	<0,001	NC	<0,001	NC	-	-
	AZ-2	<0,001	NC	<0,001	NC	-	-
	AZ-3	<0,001	NC	<0,001	NC	-	-
	Azopardo DGA	(<0,04)	NC	<0,04	NC	((<0,001))	NC
Lago Fagnano	FA-1	<0,001	NC	<0,001	NC	-	-
	FA-2	<0,001	NC	<0,001	NC	-	-
	FA-3	<0,001	NC	<0,001	NC	-	-
Río Betbeder	BE-1	<0,001	NC	<0,001	NC	-	-
	BE-2	0,001	NC	<0,001	NC	-	-
	BE-3	<0,001	NC	<0,001	NC	-	-
Toledo	Toledo-1	-	-	<0,001	NC	-	-

Fuente: LQA CENMA y monitoreo DGA Estación Azopardo desembocadura

NC: No clasificado en Tabla N°1 Anexo A-1 DGA



Tabla 69: Valor del Parámetro Molibdeno Total por Períodos Estacionales

CURSO DE AGUA	TRAMO DE OBSERVACIÓN	Mo (mg/L)					
		VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
		PRIMAVERA		VERANO		OTOÑO	
Río Azopardo	AZ-1	<0,001	0	0,002	0	-	-
	AZ-2	<0,001	0	0,006	0	-	-
	AZ-3	<0,001	0	<0,001	0	-	-
	Azopardo DGA	(<0,05)	0	(<0,05)	0	((<0,05))	0
Lago Fagnano	FA-1	<0,001	0	0,001	0	-	-
	FA-2	<0,001	0	<0,001	0	-	-
	FA-3	<0,001	0	<0,001	0	-	-
Río Betbeder	BE-1	<0,001	0	0,001	0	-	-
	BE-2	<0,001	0	<0,001	0	-	-
	BE-3	<0,001	0	<0,001	0	-	-
Toledo	Toledo-1	-	-	0,001	0	-	-

Fuente: LQA CENMA y monitoreo DGA Estación Azopardo desembocadura

Tabla 70: Valor del Parámetro Fe por Períodos Estacionales

CURSO DE AGUA	TRAMO DE OBSERVACIÓN	Fe (mg/L)					
		VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
		PRIMAVERA		VERANO		OTOÑO	
Río Azopardo	AZ-1	<0,100	0	<0,100	0	-	-
	AZ-2	<0,100	0	<0,100	0	-	-
	AZ-3	<0,100	0	<0,100	0	-	-
	Azopardo DGA	(0,92)	1	0,1	0	((0,09))	0
Lago Fagnano	FA-1	<0,100	0	<0,100	0	-	-
	FA-2	0,2015	0	<0,100	0	-	-
	FA-3	0,3478	0	<0,100	0	-	-
Río Betbeder	BE-1	0,3685	0	0,165	0	-	-
	BE-2	0,214	0	<0,100	0	-	-
	BE-3	0,2223	0	<0,100	0	-	-
Toledo	Toledo-1	-	-	<0,100	0	-	-

Fuente: LQA CENMA y monitoreo DGA Estación Azopardo desembocadura



Tabla 71: Valor del Parámetro DBO₅ por Períodos Estacionales

CURSO DE AGUA	TRAMO DE OBSERVACIÓN	DBO ₅ (mg/L)					
		VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
		PRIMAVERA		VERANO		OTOÑO	
Río Azopardo	AZ-1	<2	0	<2	0	-	-
	AZ-2	<2	0	<2	0	-	-
	AZ-3	<2	0	<2	0	-	-
	Azopardo DGA	-	-	-	-	-	-
Lago Fagnano	FA-1	<2	0	<2	0	-	-
	FA-2	<2	0	<2	0	-	-
	FA-3	<2	0	<2	0	-	-
Río Betbeder	BE-1	<2	0	<2	0	-	-
	BE-2	<2	0	<2	0	-	-
	BE-3	<2	0	<2	0	-	-
Toledo	Toledo-1	-	-	<2	0	-	-

Fuente: LQA CENMA

Tabla 72: Valor del Parámetro SAAM por Períodos Estacionales

CURSO DE AGUA	TRAMO DE OBSERVACIÓN	SAAM (mg/L)					
		VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
		PRIMAVERA		VERANO		OTOÑO	
Río Azopardo	AZ-1	<0,3	2	<0,3	2	-	-
	AZ-2	<0,3	2	<0,3	2	-	-
	AZ-3	<0,3	2	<0,3	2	-	-
	Azopardo DGA	-	-	-	-	-	-
Lago Fagnano	FA-1	<0,3	2	<0,3	2	-	-
	FA-2	<0,3	2	<0,3	2	-	-
	FA-3	<0,3	2	<0,3	2	-	-
Río Betbeder	BE-1	<0,3	2	<0,3	2	-	-
	BE-2	<0,3	2	<0,3	2	-	-
	BE-3	<0,3	2	<0,3	2	-	-
Toledo	Toledo-1	-	-	<0,3	2	-	-

Fuente: LQA CENMA



Tabla 73: Valor del Parámetro Nitrito por Períodos Estacionales

CURSO DE AGUA	TRAMO DE OBSERVACIÓN	NO ₂ (mg/L)					
		VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
		PRIMAVERA		VERANO		OTOÑO	
Río Azopardo	AZ-1	<0,1	2	<0,1	2	-	-
	AZ-2	<0,1	2	<0,1	2	-	-
	AZ-3	<0,1	2	<0,1	2	-	-
	Azopardo DGA	-	-	-	-	-	-
Lago Fagnano	FA-1	<0,1	2	<0,1	2	-	-
	FA-2	<0,1	2	<0,1	2	-	-
	FA-3	<0,1	2	<0,1	2	-	-
Río Betbeder	BE-1	<0,1	2	<0,1	2	-	-
	BE-2	<0,1	2	<0,1	2	-	-
	BE-3	<0,1	2	<0,1	2	-	-
Toledo	Toledo-1	-	-	<0,1	2	-	-

Fuente: LQA CENMA

Tabla 74: Valor del Parámetro Amonio por Períodos Estacionales

CURSO DE AGUA	TRAMO DE OBSERVACIÓN	NH ₄ (mg/L)					
		VALOR	CLASE	VALOR	CLASE	VALOR	CLASE
		PRIMAVERA		VERANO		OTOÑO	
Río Azopardo	AZ-1	0,8	1	14,4	4	-	-
	AZ-2	7,6	4	9,9	4	-	-
	AZ-3	3,1	4	14,4	4	-	-
	Azopardo DGA	-	-	-	-	-	-
Lago Fagnano	FA-1	3,1	4	9,9	4	-	-
	FA-2	14,4	4	5,3	4	-	-
	FA-3	3,1	4	3,1	4	-	-
Río Betbeder	BE-1	3,1	4	7,6	4	-	-
	BE-2	7,6	4	16,6	4	-	-
	BE-3	5,3	4	12,1	4	-	-
Toledo	Toledo-1	-	-	9,9	4	-	-

Fuente: LQA CENMA



7.5.1.3.1 Factores incidentes en la calidad del agua

El análisis de los factores incidentes que afectan la calidad del agua se presenta mediante una tabla de doble entrada en la cual se identifican el curso y segmento en estudio, los factores tanto naturales como antropogénicos que explican los valores de los parámetros contaminantes y aquellos parámetros seleccionados que sobrepasan la clase de excepción. La última columna fundamenta y particulariza los factores incidentes.

Debido a las características de la cuenca se considera una afectación general para efectos de análisis de los factores incidentes naturales, no obstante, solo los tramos FA-3 y BE-1 son lo que presentan valores del contaminante que sobrepasan la clase de excepción debido a factores antropogénicos.

A pesar que los parámetros selenio y aceites y grasas se encuentran clasificados sobre la clase de excepción, solo el Aluminio es el parámetro que se encuentra susceptible ser afectado.

Tabla 75: Factores incidentes en la calidad del agua en la cuenca

CURSO DE AGUA	TRAMO	FACTORES INCIDENTES		PARÁMETROS QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS	CARACTERIZACIÓN DEL FACTOR
		NATURALES	ANTROPOGÉNICOS		
Río Azopardo	AZ-1	Lixiviación superficial y subterránea de formaciones geológicas. Escorrentía de arcillas con alto contenido de aluminosilicatos	Contaminación difusa por movimientos de tierra	Al, Fe	-Geología: Formaciones geológicas sedimentarias y mixtas -Clima: De región Fría húmeda oceánica -Cubierta vegetal: Bosque Magallánico y turberas. -Depósitos de estériles, construcción de miradores con material de empréstito
	AZ-2				
	AZ-3				
Lago Fagnano	FA-1				
	FA-2				
	FA-3				
Río Betbeder	BE-1				
	BE-2				
	BE-3				
Toledo	Toledo-1				

Fuente: Elaboración propia

7.5.1.3.2 Análisis Espacio-Temporal

La calidad actual de un curso de agua superficial se obtiene del análisis y evaluación de los valores de cada parámetro registrado en la BDI. Este análisis se realizó con la data histórica de la estación DGA ubicada en el Azopardo debido a que es el único sector donde fue posible disponer de una base de datos adecuada para dicha evaluación, considerando aquellos parámetros que presentan valores sobre el límite de detección.

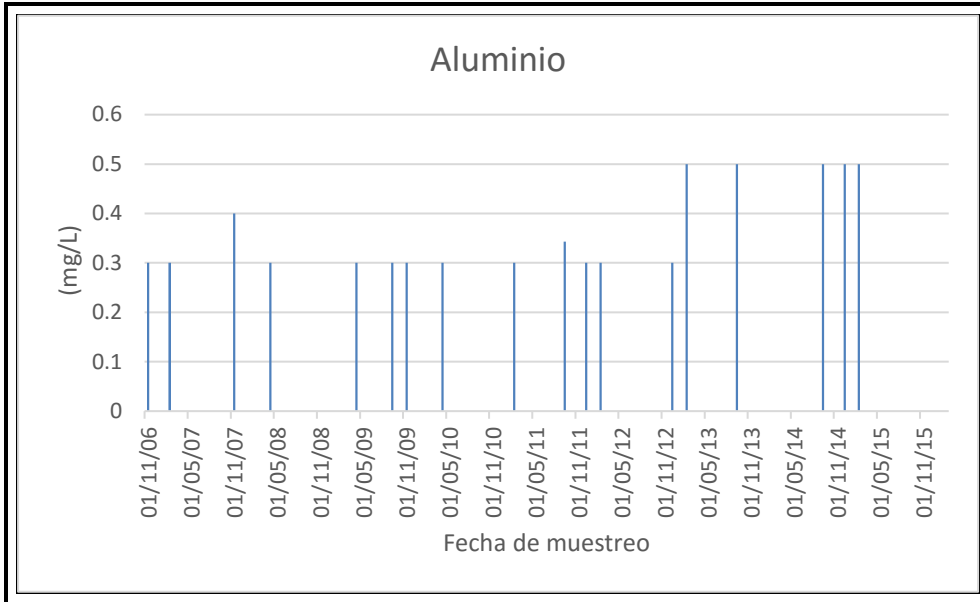


Ilustración 54: Comportamiento espacio-temporal de Al
Fuente: Elaboración propia

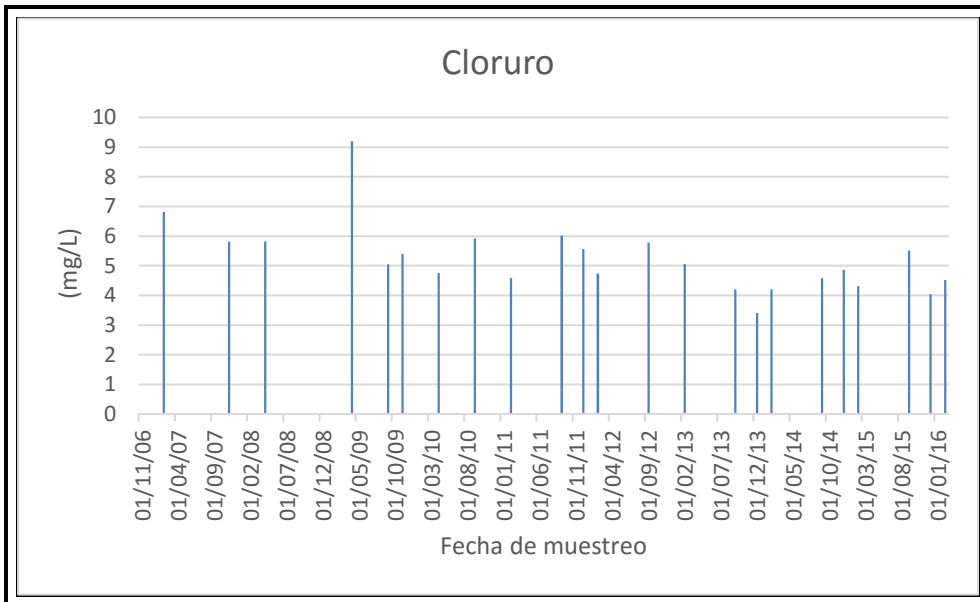


Ilustración 55: Comportamiento espacio-temporal de Cl⁻
Fuente: Elaboración propia

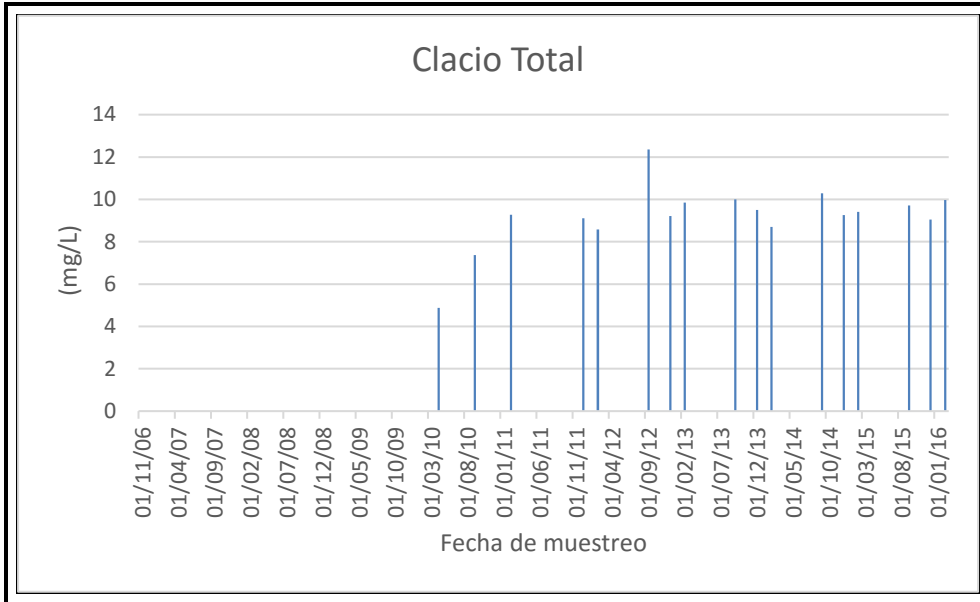


Ilustración 56: Comportamiento espacio-temporal de Ca

Fuente: Elaboración propia

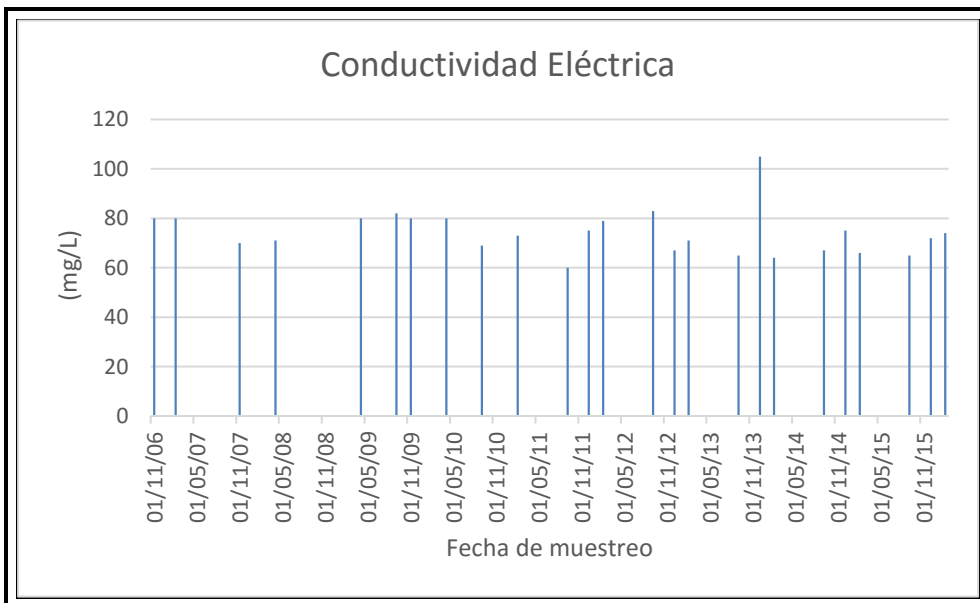


Ilustración 57: Comportamiento espacio-temporal de CE

Fuente: Elaboración propia

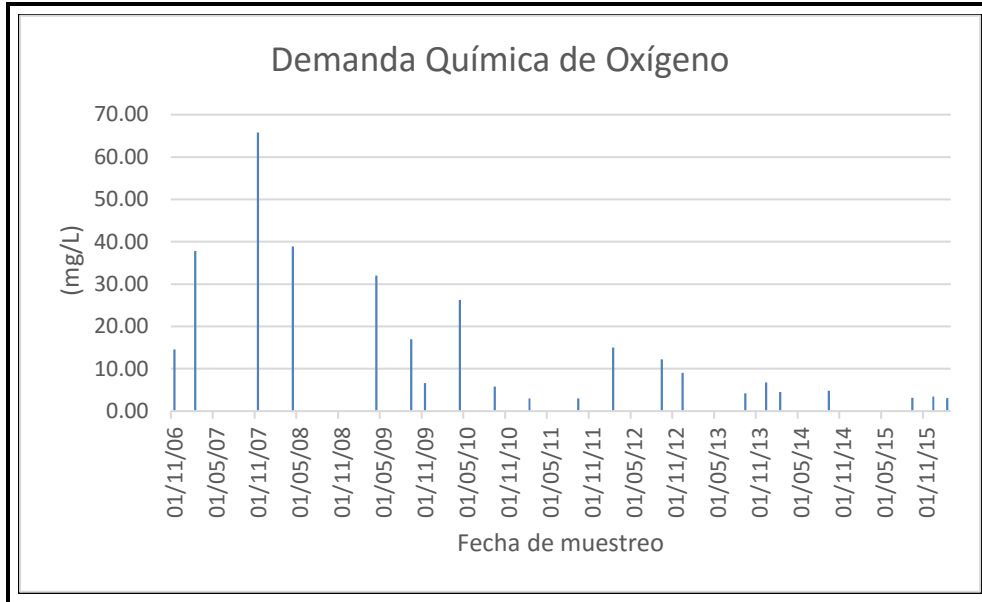


Ilustración 58: Comportamiento espacio-temporal del DQO

Fuente: Elaboración propia

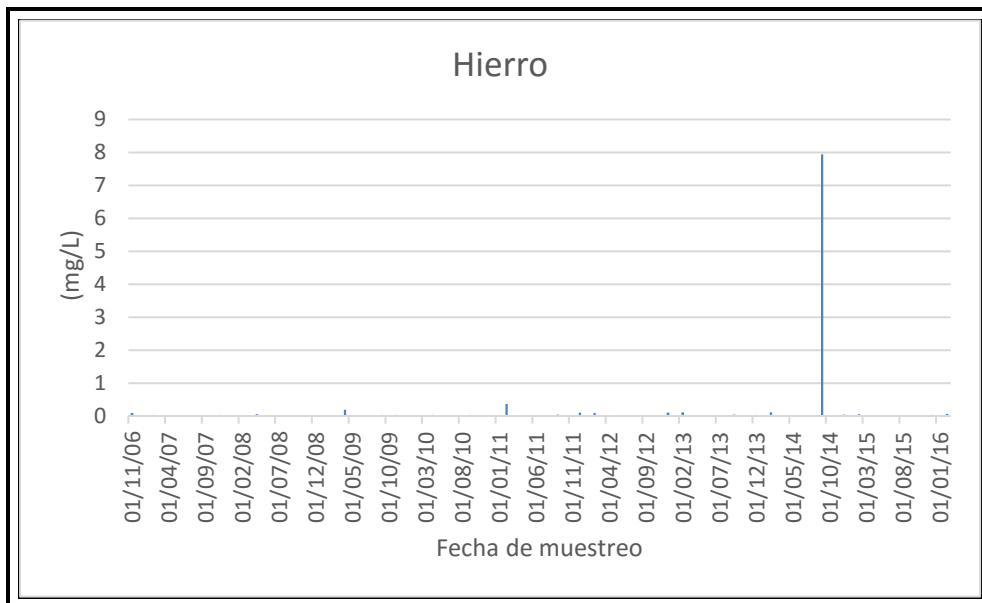


Ilustración 59: Comportamiento espacio-temporal de Fe

Fuente: Elaboración propia

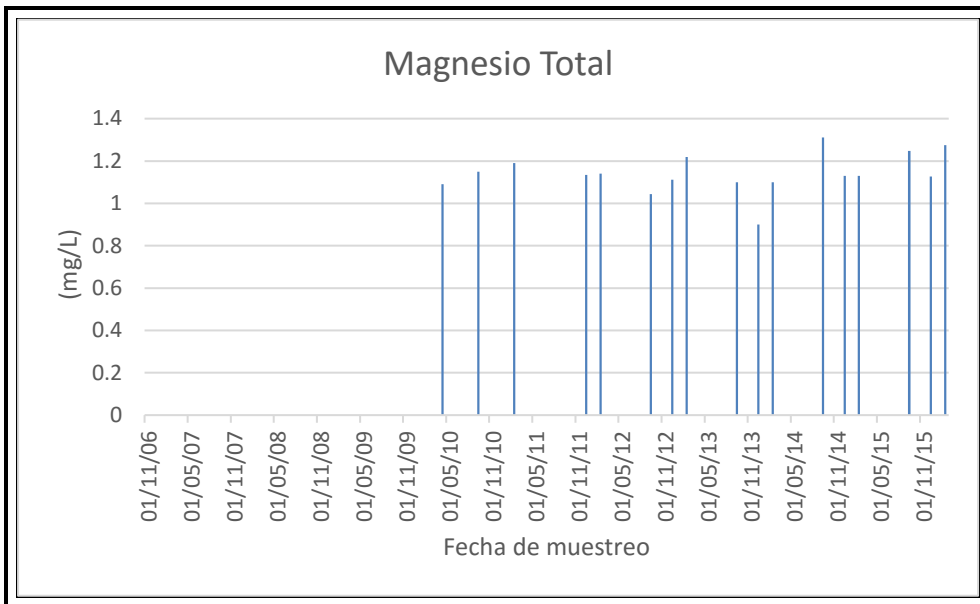


Ilustración 60: Comportamiento espacio-temporal de Mg

Fuente: Elaboración propia

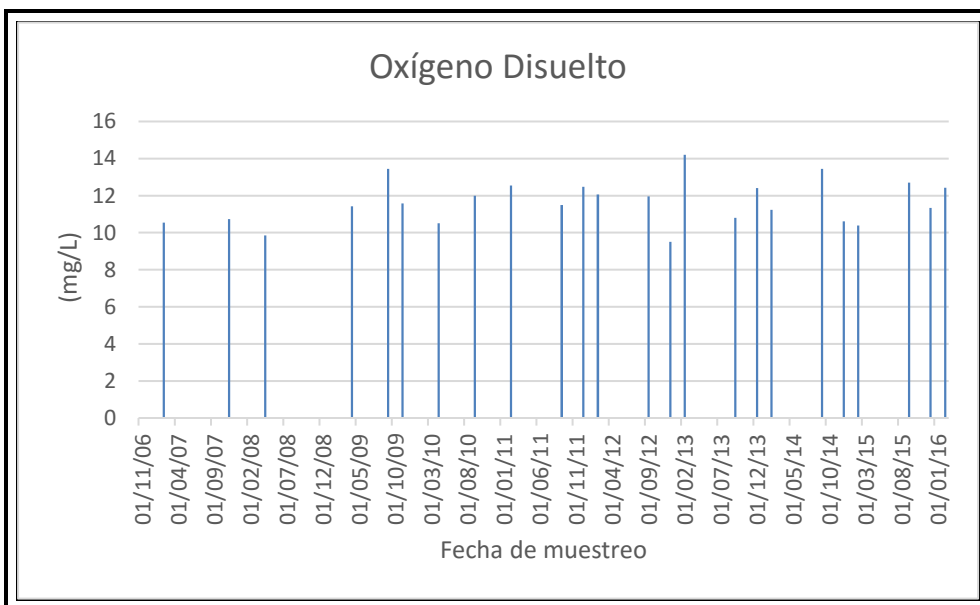


Ilustración 61: Comportamiento espacio-temporal de OD

Fuente: Elaboración propia

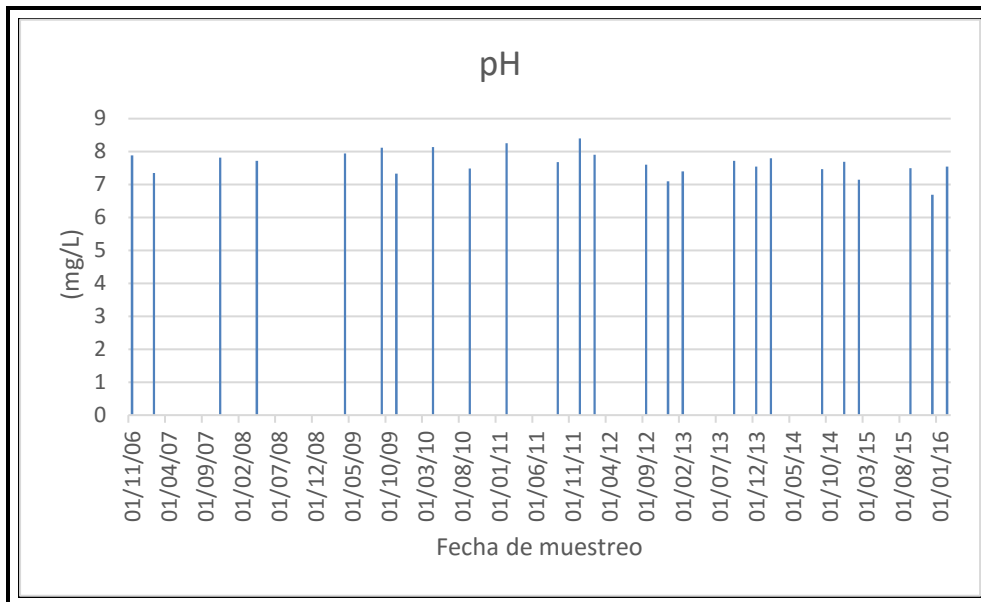


Ilustración 62: Comportamiento espacio-temporal de pH

Fuente: Elaboración propia

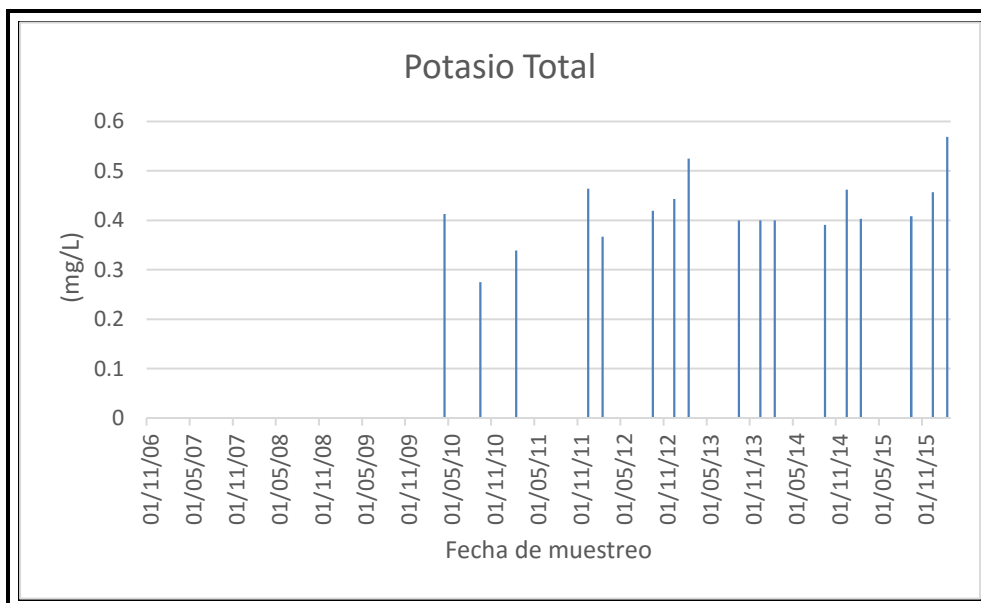


Ilustración 63: Comportamiento espacio-temporal de K

Fuente: Elaboración propia

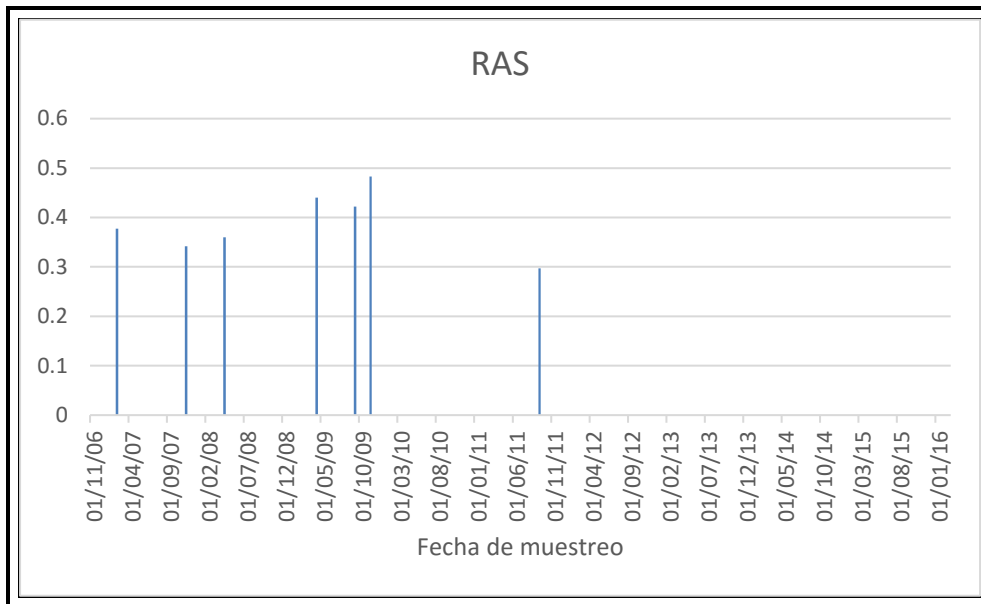


Ilustración 64: Comportamiento espacio-temporal de RAS

Fuente: Elaboración propia

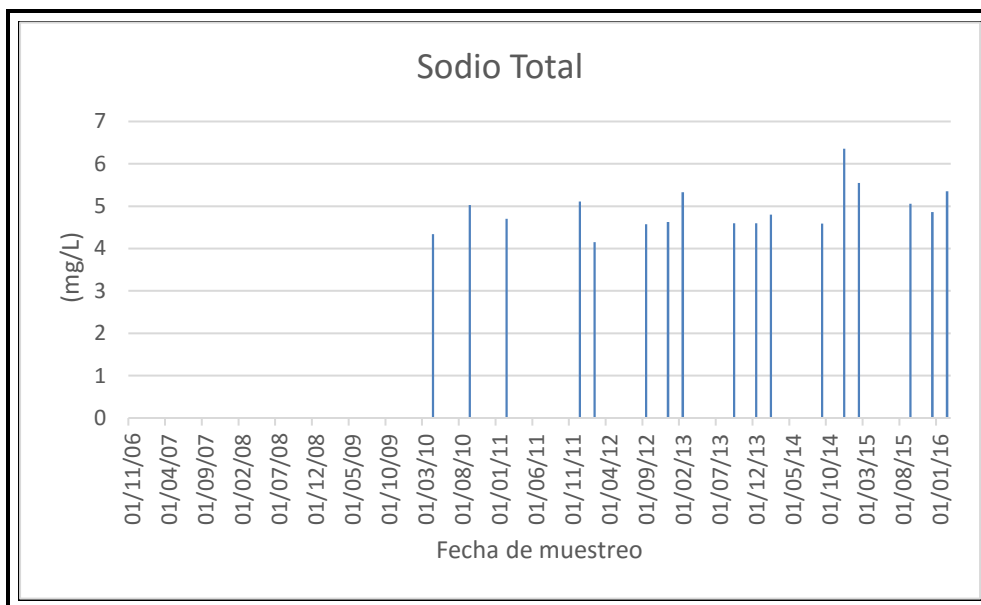


Ilustración 65: Comportamiento espacio-temporal de Na

Fuente: Elaboración propia

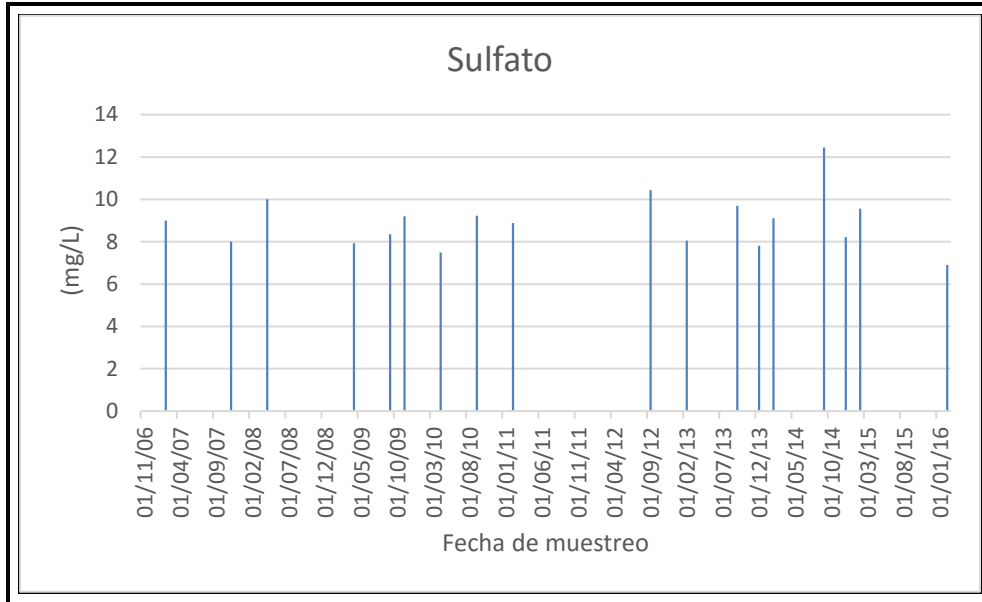


Ilustración 66: Comportamiento espacio-temporal de SO_4^{2-}

Fuente: Elaboración propia

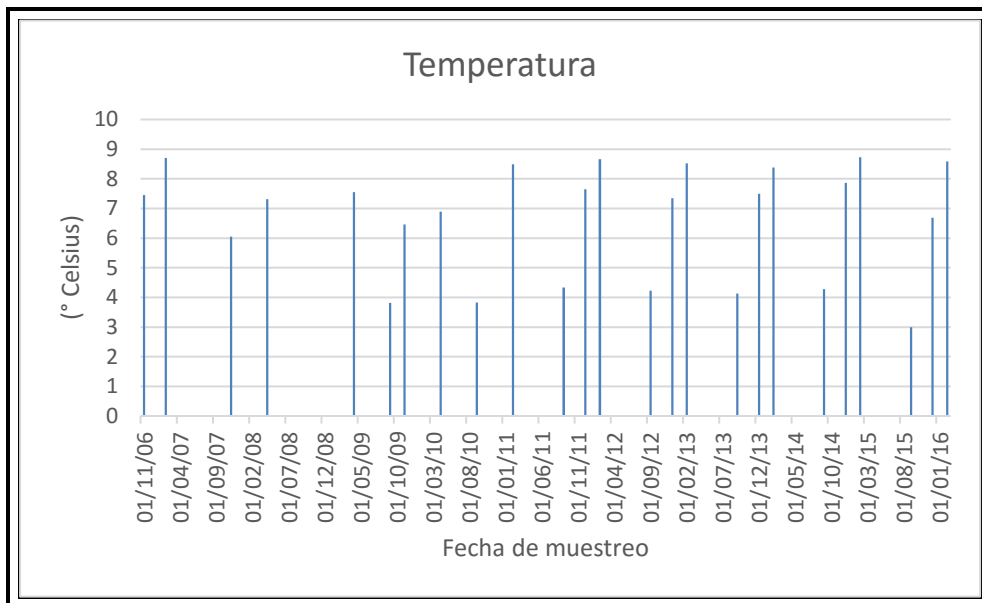


Ilustración 67: Comportamiento espacio-temporal de T°

Fuente: Elaboración propia

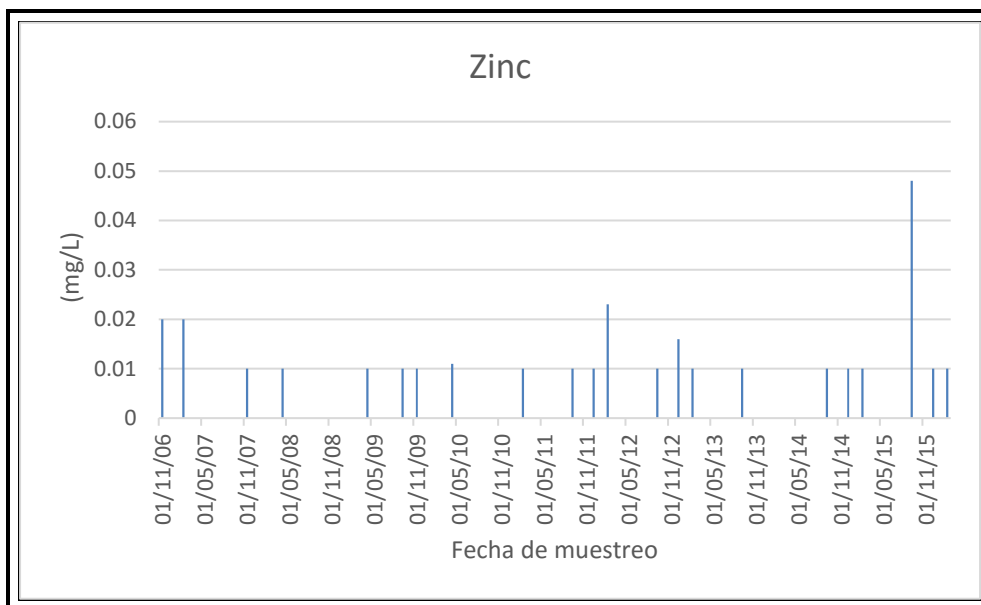


Ilustración 68: Comportamiento espacio-temporal de Zn

Fuente: Elaboración propia

Respecto de cada parámetro de la estación DGA para la cuenca del Río Azopardo y considerando los perfiles mostrados en las figuras anteriores se comenta lo siguiente:

- Se aprecia que el Al excede al menos la clase 0, 1 y 2 en los tres períodos estacionales, no obstante este enriquecimiento podría ser debido a la técnica empleada de cuantificación ya que gran parte de los datos se muestra bajo LD informados
- El Fe es el otro parámetro que presenta excedencia de la clase 0 en el periodo de primavera, no obstante este valor se ve fuertemente influenciado por un dato aparentemente anómalo (7,942 mg/L).

De manera adicional se representan gráficas que permiten visualizar las variaciones espacio-temporales entre los tres cauces analizados en el presente estudio y que presentaron valores sobre el límite de detección (Azopardo: AZ, Lago Fagnano: FA y Río Betbeder: BE), con tres estaciones de monitoreo por cauce (1, 2 y 3 respectivamente).

Se aprecia que solo el Al excede al menos una vez, la clase 0 en los dos períodos estacionales. Además los metales Mn y Fe mostraron diferencias estacionales en las concentraciones.

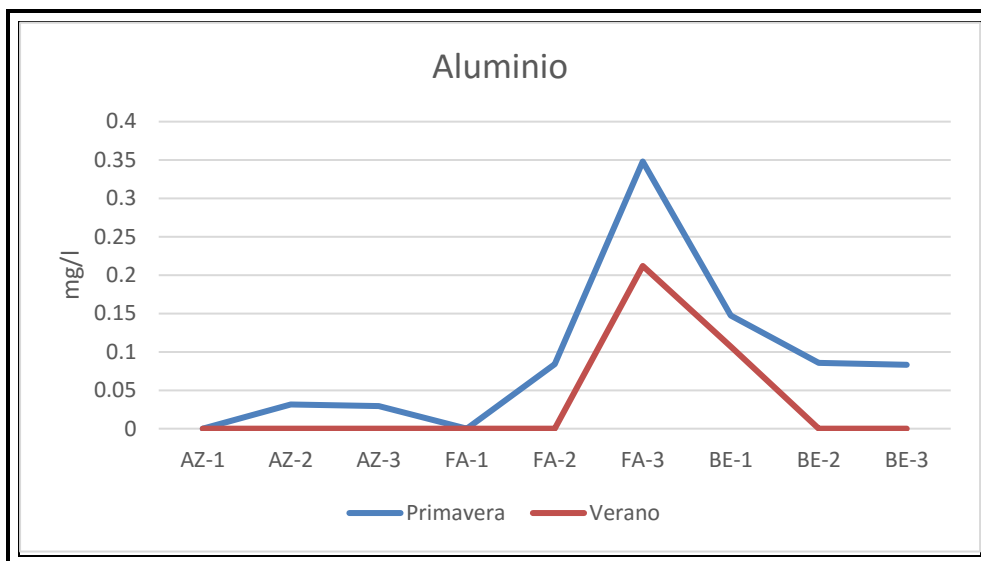


Ilustración 69: Comportamiento espacio-temporal de Al

Fuente: Elaboración propia

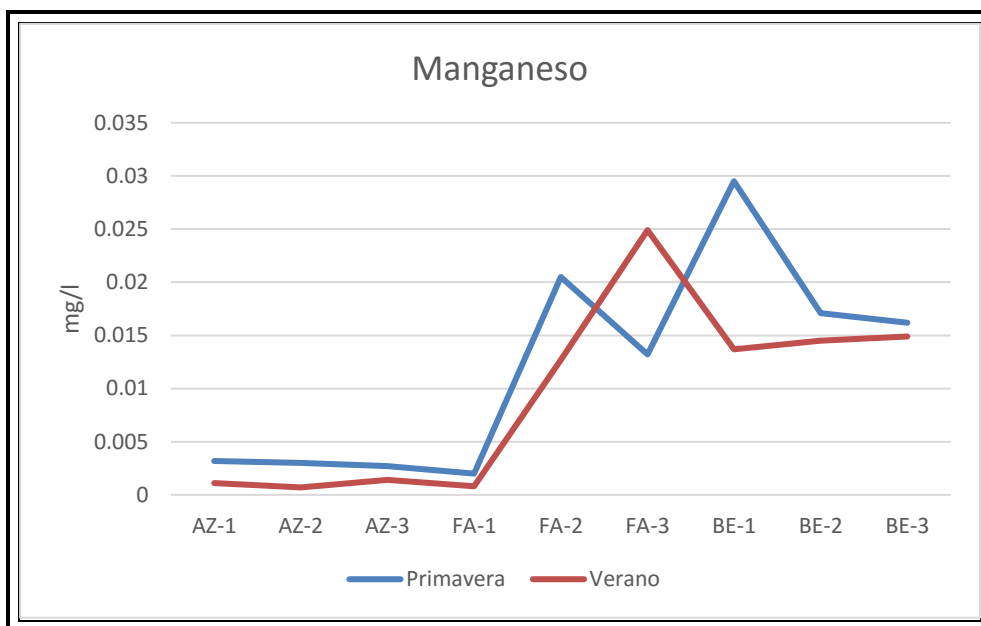


Ilustración 70: Comportamiento espacio-temporal de Mn

Fuente: Elaboración propia

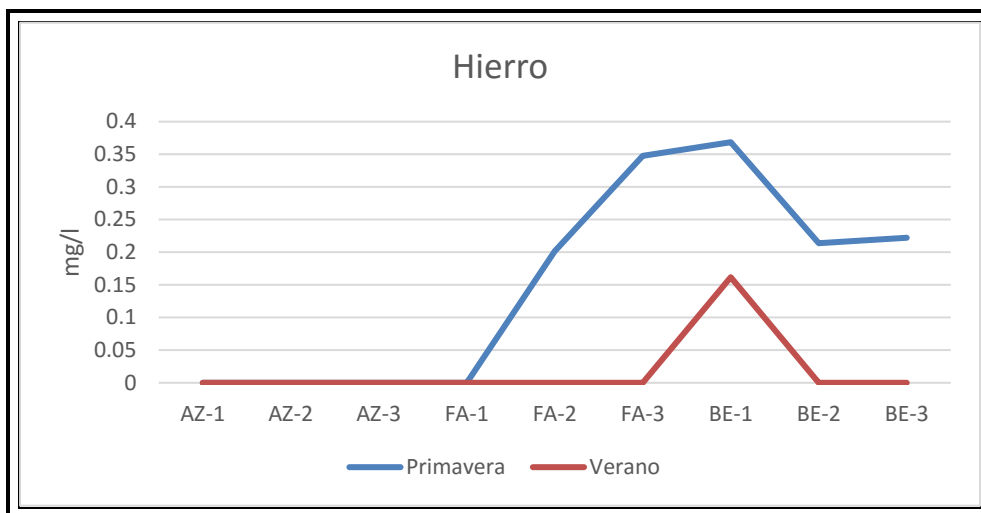


Ilustración 71: Comportamiento espacio-temporal de Fe
Fuente: Elaboración propia

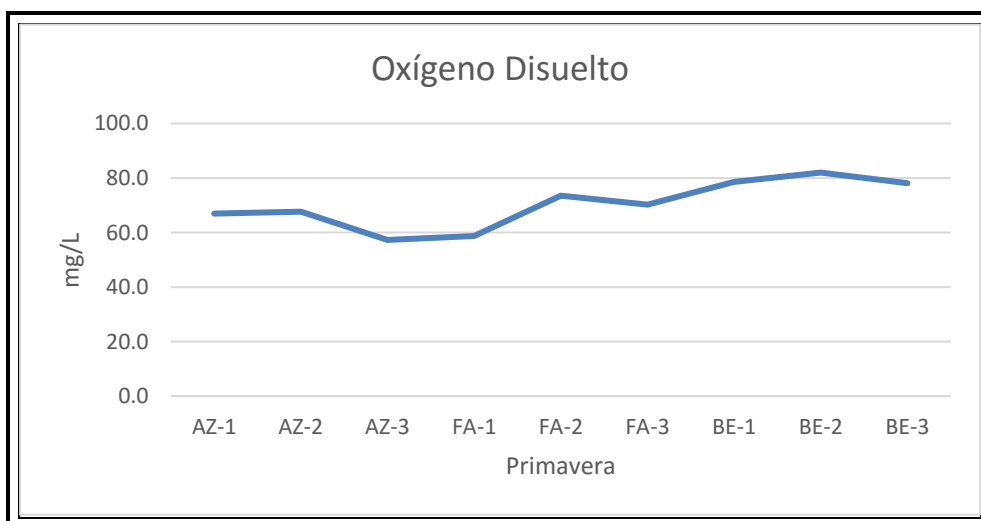


Ilustración 72: Comportamiento espacial de OD

Fuente: Elaboración propia

Respecto de los parámetros analizados en el presente estudio y considerando los perfiles mostrados en las figuras anteriores se comenta lo siguiente:

- Fe: Los perfiles longitudinales permiten observar que los valores más desfavorables desde el punto de vista de la calidad de agua, se presentan en el período de primavera. El mayor enriquecimiento se presenta en sector de sur del Lago Fagnano y desembocadura del Betbeder.
- Mn: Los perfiles longitudinales del manganeso permiten indicar que los valores más desfavorables desde el punto de vista de la calidad de agua, se presentan en los períodos de primavera (a excepción del tramo FA-3). El mayor enriquecimiento de este metal se presenta en la desembocadura del Betbeder y en el sector sur del Lago Fagnano.



- Al: Los perfiles longitudinales del aluminio permiten indicar que los valores más desfavorables desde el punto de vista de la calidad de agua, se presenta en los periodos de primavera. El mayor enriquecimiento del este metal se presenta en el sector sur del Lago Fagnano y posteriormente en la desembocadura del Betbeder.
- El perfil del Oxígeno disuelto indica un mayor enriquecimiento del parámetro en el río Betbeder. No se disponen de datos del periodo de verano debido a una falla instrumental.
- El Amonio presenta una clase nivel 4, la cual corresponde a una de muy mala calidad. No obstante, estos son datos puntuales que deben evaluarse cuidadosamente por cuanto no demuestran una tendencia. Estos valores podrían relacionarse inicialmente con las excretas de los animales que viven en la zona.
- Gran parte de los parámetros se encuentran bajo el límite de detección.

7.5.2 Asignación de Clases de Calidad Actual

Según lo descrito por la Dirección General de Aguas (DGA) en su informe "Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad" (DGA. 2003), la calidad del agua es la expresión objetiva de las características fisicoquímicas y biológicas que tiene un cuerpo de agua, que permite interpretar el estado en que éstas se encuentran, tanto en sentido temporal como espacial. Se reconoce que la intención de esclarecer el estado de las aguas tiene directa relación con los potenciales usos que este recurso puede tener para la sociedad.

La DGA establece que la contaminación del agua se produce por la acción antrópica al introducir materia o energía extraña al cuerpo de agua, que modifica las características propias o naturales, de modo tal que producen alteraciones que limitan o reducen los usos potenciales del recurso hídrico (DGA.2003).

La calidad actual del agua está determinada por los efectos antrópicos y naturales, con distintos grados de influencia según sean las características particulares de la cuenca y de los asentamientos humanos.

El análisis realizado en los acápite anteriores permite elaborar la tabla siguiente la cual se clasifican los distintos parámetros de calidad según la clase del Instructivo a la que pertenecen en un segmento específico de los ríos seleccionados en la cuenca.



Tabla 76: Asignación de Clases de Calidad Actual

CURSO DE AGUA	TRAMO DE OBSERVACIÓN	CLASE SEGÚN INSTRUCTIVO					PARÁMETRO CON VALOR EN EL LÍMITE DE DETECCIÓN	PARÁMETRO SELECCIONADO SIN INFORMACIÓN	OBSERVACIÓN	
		0	1	2	3	4				
Río Azopardo	AZ-1	T°, pH, CE, OD, Cl ⁻ , Cd, Zn, As, Cu, Ni, Pb, Al, Mn, Mo, B, Fe, Hg, DBO ₅	A&G	Se, SAAM, NO ₂			NH ₄	Cl ⁻ , DQO, SO ₄ ⁻² , Hidrocarburos Totales, A&G, Cd, Zn, Cr, As, Cu, Ni, Pb, Al, Se, V, Co, Mo, Be, B, Fe, Hg, DBO ₅ , SAAM, NO ₂	N- NO ₃ , DQO, P- PO ₄ , Ag, V, Ba, Co, Be	Información nivel 4
	AZ-2	T°, pH, CE, OD, Cl ⁻ , Cd, Zn, As, Cu, Ni, Pb, Al, Mn, Mo, B, Fe, Hg, DBO ₅	A&G	Se, SAAM, NO ₂			NH ₄	Cl ⁻ , DQO, SO ₄ ⁻² , Hidrocarburos Totales, A&G, Cd, Zn, Cr, As, Cu, Ni, Pb, Se, V, Co, Mo, Be, B, Fe, Hg, DBO ₅ , SAAM, NO ₂	N- NO ₃ , DQO, P- PO ₄ , Ag, V, Ba Co, Be	Información nivel 4
	AZ-3	T°, CE, pH, Cl ⁻ , Cd, Zn, As Cu, Ni, Pb, Al, Mn, Mo, B, Fe, Hg, DBO ₅	OD, A&G	Se, SAAM, NO ₂			NH ₄	Cl ⁻ , DQO, SO ₄ ⁻² , Hidrocarburos Totales, A&G, Cd, Zn, Cr, As, Cu, Ni, Pb, Se, V, Co, Mo, Be, B, Fe, DBO ₅ , SAAM, NO ₂	N-NO ₃ , DQO, PO ₄ , Ag, V, Ba Co, Be	Información nivel 4
	Azopardo desembocadura	T°, pH, CE, OD, Cl ⁻ , SO ₄ ⁻² , RAS, Cd, Zn, As, Cr, Ni, Mn, Mo,	Fe	Cd, Cu,	Pb, Mo, Hg, Al,		B,	As, Al, Hg, B, Cd, Cr Total Co, Cu, Cr6, P- PO ₄ , Mn, Mo, Ni, Ag, Pb, Se disuelto,	N-NO ₃ , DQO, N- NO ₂ y NO ₃ , P- PO ₄ , Se disuelto, Ag, Co	Información nivel 1, 2 y 3
Lago Fagnano	FA-1	T°, CE, pH, Cl ⁻ , SO ₄ ⁻² , Cd, Zn, As, Cu, Ni, Pb, Al, Mn, Mo, B, Fe, Hg, DBO ₅	OD, A&G	Se, SAAM, NO ₂			NH ₄	Cl ⁻ , DQO, SO ₄ ⁻² , Hidrocarburos Totales, A&G, Cd, Zn, Cr, As, Cu, Ni, Pb, Se,	N-NO ₃ , DQO, P- PO ₄ , Ag, V Co, Be	Información nivel 4



CURSO DE AGUA	TRAMO DE OBSERVACIÓN	CLASE SEGÚN INSTRUCTIVO					PARÁMETRO CON VALOR EN EL LÍMITE DE DETECCIÓN	PARÁMETRO SELECCIONADO SIN INFORMACIÓN	OBSERVACIÓN	
		0	1	2	3	4				
							Al, V, Co, Mo, Be, B, Fe, DBO ₅ , SAAM, NO ₂			
	FA-2	T°, pH, CE, OD, Cl ⁻ , SO ₄ ⁻² Cd, Zn, As, Cu, Ni, Pb, Al, Mn, Mo, B, Fe, Hg, DBO ₅	A&G, Al,	Se, SAAM, NO ₂			NH ₄	Cl ⁻ , DQO, SO ₄ ⁻² Hidrocarburos Totales, A&G, Cd, Zn, Cr, As, Cu, Ni, Pb, Se, V, Co, Mo, Be, B, Fe, DBO ₅ , SAAM, NO ₂	N- NO ₃ , DQO, P-PO ₄ , Ag, V, Ba Co, Be	Información nivel 4
	FA-3	T°, pH, CE, OD, Cl ⁻ , SO ₄ ⁻² Cd, Zn, As, Cu, Ni, Pb, , Mn, Mo, B, Fe, Hg, DBO ₅	A&G,	Se, SAAM, NO ₂	Al		NH ₄	Cl ⁻ , DQO, SO ₄ ⁻² Hidrocarburos Totales, A&G, Cd, Zn, Cr, Cu, Ni, Pb, Se, V, Co, Mo, Be, B, Fe, DBO ₅ , SAAM, NO ₂	N- NO ₃ , DQO, P-PO ₄ , Ag, V, Ba Co, Be	Información nivel 4
Río Betbeder	BE-1	T°, pH, CE, OD, Cl ⁻ , SO ₄ ⁻² Cd, Zn, As, Cu, Ni, Pb, Mn, Mo, B, Fe, Hg, DBO ₅	A&G,	Se, SAAM, NO ₂	Al		NH ₄	Cl ⁻ , DQO, SO ₄ ⁻² Hidrocarburos Totales, A&G, Cd, Zn, Cr, As, Cu, Ni, Pb, Se, V, Co, Mo, Be, B, Fe, DBO ₅ , SAAM, NO ₂	N- NO ₃ , DQO, P-PO ₄ , Ag, V, Ba, Co, Be	Información nivel 4
	BE-2	T°, pH, CE, OD, Cl ⁻ , SO ₄ ⁻² Cd, Zn, As, Cu, Ni, Pb, Mn, Mo, B, Fe, Hg, DBO ₅	A&G, Al,	Se, SAAM, NO ₂			NH ₄	Cl ⁻ , DQO, SO ₄ ⁻² Hidrocarburos Totales, A&G, Cd, Zn, Cr, As, Cu, Ni, Pb, Se, V, Mo, Be, B, Fe, DBO ₅ , SAAM, NO ₂	N- NO ₃ , DQO, P-PO ₄ , Ag, V, Ba Co, Be	Información nivel 4



CURSO DE AGUA	TRAMO DE OBSERVACIÓN	CLASE SEGÚN INSTRUCTIVO					PARÁMETRO CON VALOR EN EL LÍMITE DE DETECCIÓN	PARÁMETRO SELECCIONADO SIN INFORMACIÓN	OBSERVACIÓN	
		0	1	2	3	4				
	BE-3	T°, pH, CE, OD, Cl ⁻ , SO ₄ ⁻² , Cd, Zn, As, Cu, Ni, Pb, Mn, Mo, B, Fe, Hg, DBO ₅	A&G, Al,	Se, SAAM, NO ₂			NH ₄	Cl ⁻ , DQO, SO ₄ ⁻² , Hidrocarburos Totales, A&G, Cd, Zn, Cr, As, Cu, Ni, Pb, Se, V, Co, Mo, Be, B, Fe, DBO ₅ , SAAM, NO ₂	N- NO ₃ , DQO, P- PO ₄ , Ag, V, Ba, Co, Be	Información nivel 4
Toledo	Toledo -1	T°, pH, CE, Cl ⁻ , SO ₄ ⁻² , Cd, Zn, As, Hg, Al, Mn, Mo, DBO ₅		Se, SAAM, NO ₂			NH ₄	Cl ⁻ , DQO, SO ₄ ⁻² , Cd, Zn, As, Mo, DBO ₅ , SAAM, NO ₂	N-NO ₃ , DQO, P- PO ₄ , Ag, Ba, Co, Be	Información nivel 4

Fuente: Elaboración propia

Cabe señalar que fueron considerados los valores de los límites de detección para la clasificación de calidad.



7.5.3 Definición de la calidad actual y natural de los cursos superficiales

En la tabla siguiente se identifican los parámetros que exceden la clase 0 en los diferentes cursos de agua de la cuenca en estudio, basada en la información obtenida en la data DGA y muestras puntuales de la campaña de primavera 2015. Cabe señalar que no se consideran los datos bajo el límite de detección.

Tabla 77: Valores estacionales máximos de los parámetros en la cuenca en estudio

CURSO DE AGUA	TRAMO DE OBSERVACIÓN	Al	Fe	NH4	OD
Río Azopardo	AZ-1			Clase 4	
	AZ-2			Clase 4	
	AZ-3			Clase 4	Clase 1
	Azopardo desembocadura	Clase 3	Clase 1		
Lago Fagnano	FA-1			Clase 4	Clase 1
	FA-2	Clase 1		Clase 4	
	FA-3	Clase 3		Clase 4	
Río Betbeder	BE-1	Clase 3		Clase 4	
	BE-2	Clase 1		Clase 4	
	BE-3	Clase 1		Clase 4	
Río Toledo					

Fuente: Elaboración propia

7.5.3.1 *Falencias de información*

- El monitoreo realizado por la DGA si bien cuenta con datos históricos de 10 años, presenta una oportunidad de mejora a través de la optimización de los límites de detección de algunos parámetros analizados, junto con la incorporación de otros indicadores fisicoquímicos.
- Los muestreos realizados por CENMA en noviembre 2015 y marzo 2016 proporcionaron nueva información que entrega orientación de otros parámetros cuya información es poco conocida, no obstante, se requiere continuar con la obtención de datos para evaluar el comportamiento estacional completo de dichos parámetros.
- El sistema de monitoreo actual de la cuenca del Río Azopardo se encuentra concentrado en un área y no incluye todas las subcuencas. Además, la frecuencia de muestreo es muy baja especialmente en invierno producto de las características climáticas de la zona que limitan un acceso seguro al área.

7.5.3.2 *Análisis de la información*

La elección y adaptación de un índice de calidad del agua requiere de un acabado estudio de la representatividad y sensibilidad a las variaciones en las condiciones reales particulares de cada cuenca, a fin de facilitar una interpretación confiable de la calidad de los recursos hídricos nacionales.



En términos generales se puede inferir que la calidad natural del agua superficial de la cuenca está influenciada fuertemente por las siguientes características:

- Es de muy buena calidad oscilando mayoritariamente desde la clase de excepción a clase 3 y 4 para Al y NH₄, respectivamente, lo que puede relacionarse con factores locales que no necesariamente implican mala calidad.
- Se aprecia un enriquecimiento de los niveles de Aluminio, los cuales se presentan en mayor cantidad en la desembocadura del Río Betbeder y sector norte del Lago Fagnano, debido posiblemente a las intervenciones antrópicas producto de los movimientos de tierra realizados para la construcción de caminos.

8 ANALISIS DE LA NECESIDAD DE ELABORAR NORMA SECUNDARIA DE CALIDAD AMBIENTAL PARA LA CUENCA HIDROGRÁFICA LAGO FAGNANO – RÍO BETBEDER – RÍO AZOPARDO

Considerando que de acuerdo a la ley N° 19.300, el Estado tiene por función dictar normas secundarias de calidad ambiental para regular la presencia de contaminantes en el medio ambiente, de manera de prevenir que éstos puedan significar o representar, por sus niveles, concentraciones y periodos, un riesgo para la protección o la conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza.

Se hace necesario elaborar una norma secundaria de calidad ambiental, con el objetivo de constituir un instrumento básico para el desarrollo sustentable de la Cuenca Hidrográfica del Lago Fagnano-Río Azopardo -Río Betbeder y por su intermedio prevenir el deterioro ambiental, recuperar, proteger y conservar la biodiversidad acuática y mantener la calidad básica que actualmente poseen las aguas continentales superficiales de dicha cuenca.

A continuación se presenta el borrador anteproyecto de la Norma Secundaria de Calidad de las aguas superficiales de la cuenca hidrográfica del Lago Fagnano-Río Azopardo -Río Betbeder.

BORRADOR ANTEPROYECTO DE NORMA SECUNDARIA DE CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL DE LA CUENCA DEL RÍO AZOPARDO

8.1 FUNDAMENTACIÓN

La cuenca hidrográfica Lago Fagnano-Río Azopardo -Río Betbeder inserta en la Región de Magallanes y Antártica Chilena, contiene recursos como glaciares, ríos y lagos, que constituyen ambientes únicos y particulares, sumado a las especies de flora y fauna y las formaciones geológicas.

El Río Azopardo es el principal cauce de una de las cuencas hidrográficas más importantes de Tierra del Fuego y el desagüe natural del Lago Fagnano, cuya depresión latitudinal ocupa gran parte de la hoya hidrográfica.

En términos cualitativos, el agua constituye una parte esencial de los ecosistemas acuáticos de la cuenca hidrográfica del Lago Fagnano-Río Azopardo -Río Betbeder. Una reducción de la calidad del recurso, puede generar efectos negativos sobre dichos ecosistemas, por lo que es necesario mantener la calidad de sus aguas para la conservación de dicha diversidad, no sólo por su valor intrínseco, sino también por su servicio fundamental para la mantención de la biodiversidad y turismo local.



Las actividades humanas actuales y proyectadas en la cuenca generan riesgos para la protección y conservación del medio ambiente, así como para la preservación de la naturaleza asociada a dicho territorio.

El presente anteproyecto de norma de calidad tiene como objeto ser un instrumento básico para el desarrollo sustentable de la cuenca hidrográfica, al establecer las condiciones en las que el agua se considere apta para las calidades objetivos determinadas por este anteproyecto de norma. De esta manera, se busca prevenir el deterioro ambiental, recuperar, proteger y conservar la biodiversidad acuática y la calidad básica de las aguas continentales superficiales de la cuenca hidrográfica del Azopardo.

La norma de calidad será un instrumento fundamental en el ejercicio de las atribuciones de fiscalización de los organismos públicos regionales con competencia ambiental. Asimismo, permitirá determinar la implementación de planes de prevención y de descontaminación, y si corresponde, servirá de base para la dictación de las normas de emisión de aguas residuales futuras en la cuenca hidrográfica del Río Azopardo.

8.2 ANTECEDENTES GENERALES

El Río Azopardo es el principal cauce de una de las cuencas hidrográficas más importantes de Tierra del Fuego y el desagüe natural del Lago Fagnano, cuya depresión latitudinal ocupa gran parte de la hoya hidrográfica. La cuenca abarca una superficie aproximada de 2910 km²; un 84% se sitúa en Argentina (2441 km²) y el 16% en Chile (469 km²); posee una dirección general Este-Oeste, paralela al Canal Beagle.

El Río Azopardo nace en el extremo occidental del Lago Fagnano; con una longitud aproximada de 11 kilómetros de largo, es el mayor río de Tierra del Fuego y discurre en dirección oeste por la base de una escarpada cordillera de granito comunicando al Lago Fagnano con el Seno Almirantazgo. El río se ubica al interior del cordón de la Cordillera Darwin y corre por un estrecho cajón confinado por altas montañas con pendientes modeladas por los hielos y la erosión, por donde bajan varios arroyos.

El río es alimentado por numerosos esteros de origen glaciar y vertientes originadas en los murallones de roca sólida. El cauce está encajonado por altas pendientes cubiertas de lenga y coihue, creando una serie de hábitat para la fauna del sector.

El Río Azopardo puede dividirse en tres secciones muy diferentes entre sí:

Sección Inferior: Es el tramo de mayor ancho y finaliza con su desembocadura en el borde norte de una llanura aluvial, de unos 1500 metros de ancho, en el sector de Caleta María en Seno Almirantazgo. El río recibe la influencia de las altas mareas, es decir, aguas saladas, unos tres kilómetros aguas arriba de su desembocadura, hasta el sector donde se ubicaba un antiguo puente.

Sección Intermedia: En esta parte, el río presenta algunos rápidos, destacando un salto de 3 metros de altura

Sección Superior: Corresponde al desagüe del Lago Fagnano. En este sector el río tiene un ancho aproximado de 50 metros,

8.3 OBJETIVOS DE CALIDAD SECUNDARIA Y PROTECCIÓN AMBIENTAL

Objetivo General

Proteger, mantener y/o recuperar la calidad de las aguas continentales superficiales de la cuenca del Azopardo, de manera de salvaguardar el aprovechamiento del recurso hídrico, la



protección y conservación de las comunidades acuáticas y de los ecosistemas, maximizando los beneficios medioambientales, sociales y económicos.

8.4 DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1°: Se establecen las normas secundarias de calidad ambiental de las aguas continentales superficiales en el territorio de la cuenca del Río Azopardo en la Región de Magallanes y Antártica Chilena, para la producción de agua potable; el riego; bebida de animales; la conservación de las comunidades acuáticas; el desarrollo de la acuicultura y la pesca deportiva y recreativa, y la protección de los cuerpos y cursos de agua de calidad excepcional. Solo se incluye el Río Azopardo dentro de la presente norma.

Artículo 2°: El ámbito de aplicación de las presentes normas, corresponde a los Ríos; Azopardo y Betbeder.

No se aplicará la presente norma a las aguas minerales, aguas subterráneas, canales de regadío, ni a los cuerpos lacustres (Lago Fagnano).

8.5 DEFINICIONES

Artículo 3°: Para los efectos de lo dispuesto en este decreto, se entenderá por:

Aguas continentales superficiales: Son las aguas terrestres definidas en el artículo 2° del Código de Aguas como aquellas que se encuentran naturalmente a la vista del hombre y que pueden ser corrientes o detenidas.

Área de vigilancia: Es el cuerpo de aguas superficiales, continentales o marinas, o parte de él, determinada por la autoridad competente para efectos de proponer, asignar y gestionar la calidad.

Autoridad competente: Aquella designada por ley para velar por la calidad de las aguas continentales superficiales y marinas. Corresponde a los organismos públicos señalados en el punto XXXXXXXX., (se define más adelante).

Aguas minerales: Aguas naturales que emanan de la tierra, de composición constante y que por su constitución o propiedades físico – químicas o biológicas, son susceptibles de aplicaciones terapéuticas, higiénicas o profilácticas.

Calidad natural: Está determinada por la concentración de un compuesto o elemento en el cuerpo y/o curso de agua continental superficial, que corresponde a la situación original del agua sin intervención antrópica. Sin embargo, para efecto de la presente norma, se considerará además aquellas situaciones permanentes, irreversibles o inmodificables de origen antrópico. Esta calidad será de conocimiento público y será determinada por la Dirección General de Aguas.

Comunidades acuáticas: Conjunto de poblaciones biológicas que tienen en el medio acuático su medio normal o más frecuente de vida y que dependen directa y/o indirectamente de éste.

Intervención antrópica: Intervención del hombre que altera los volúmenes y/o la calidad de las aguas, mediante actividades tales como; extracción de caudal, descarga directa o difusa de residuos líquidos y/o sólidos a cuerpos o cursos de agua receptores, e introducción de especies biológicas exóticas.

Metal esencial: Metal requerido por los organismos vivos para su supervivencia por ser constituyente de proteínas esenciales para la fisiología celular o participar en mecanismos bioquímicos vitales.



Percentil 66: Es el valor de concentración de orden "k", obtenido a través de la siguiente fórmula: $k = q * n$. Donde $q=0,66$ y "n" equivale al número de valores efectivamente medidos en un área determinada y ordenados de manera creciente de la lista de datos medidos: $X_1 \leq X_2 \dots \leq X_k \dots \leq X_n$. $1 \leq X_n$.

Programa de Vigilancia: Programa sistemático de monitoreo, destinado a caracterizar, medir, controlar o evaluar la variación de la calidad de las aguas en un periodo de tiempo y en un espacio determinado.

Calidad objetivo: Es la meta de calidad para el recurso hídrico que se desea mantener o alcanzar en un determinado período. La calidad objetivo corresponde a una de las clases de calidad a que hace mención el artículo 4º del presente decreto. La calidad objetivo será determinada sobre la base de los usos prioritarios actuales, potenciales o futuros, la existencia de comunidades acuáticas y/o de vida silvestre, la calidad existente al iniciarse el proceso de implementación de la calidad objetivo. Asimismo, en dicho proceso se considerará la calidad natural del recurso y criterios sitio-específicos como la sensibilidad de las especies a las condiciones del medio natural en que habitan, las características físicas y químicas particulares del lugar que alteran la biodisponibilidad, la toxicidad y/o la existencia de recursos hídricos con características únicas, escasas y representativas.

Clases de calidad: Tipificación del agua de acuerdo a niveles de calidad por compuesto o elemento.

Cuenca Hidrográfica: Unidad territorial formada por un río y sus efluentes, y por un área colectora de aguas.

Estado o nivel trófico o de trofia: Es la categoría de calidad de un curso de agua que representa su estado productivo biológico, determinado por la cantidad de nutrientes y por los factores físicos y químicos.

Indicadores biológicos o bioindicadores: Son aquellos organismos (o restos de los mismos) que ayudan a descifrar cualquier fenómeno o acontecimiento actual (o pasado) relacionado con el estudio de un ambiente. En general deben ser abundantes, muy sensibles al medio de vida, fáciles y rápidas de identificar y de reproducir, bien estudiadas en su ecología y ciclo biológico, y con poca movilidad.

Pesca deportiva y recreativa: Actividad pesquera realizada por personas naturales, que tiene por objeto la captura de especies hidrobiológicas sin fines de lucro y con propósito de deporte, recreo, turismo o pasatiempo, y que se realiza con un aparejo de pesca personal apropiado al efecto. Corresponderá al Servicio Nacional de Pesca y a la Subsecretaría de Pesca, informar sobre la existencia de zonas donde se practique en forma preferente la pesca deportiva o recreativa.

8.6 NIVELES DE CALIDAD AMBIENTAL POR ÁREAS DE VIGILANCIA

Artículo 4º: Para efectos del desarrollo y fiscalización del cumplimiento del presente anteproyecto de norma, se han establecido para la cuenca del Río Azopardo 3 áreas de vigilancia. Las áreas de vigilancia con sus respectivos límites geográficos se identifican en la Tabla 78:

Tabla 78: Coordenadas propuestas para el área de vigilancia

Cauce	Área de Vigilancia	Coordenadas DATUM WGS 84, Huso 19		Límites de Área de Vigilancia
Río Azopardo	AZ-1	503136	3963130	Antes de la desembocadura en el Seno Almirantazgo. Desembocadura en el mar
	AZ-2	511073	3960671	Aguas debajo de la naciente en el Lago Fagnano
	AZ-3	512172	3960157	Cola y salida de un curso lenticular, en la naciente en el Lago Fagnano

Fuente: CENMA LQA

Adicionalmente al área de vigilancia se establecen áreas de observación en el río Betbeder y Lago Fagnano (Tabla 79).

Tabla 79: Áreas de observación

Cauce	Área de Vigilancia	Coordenadas DATUM WGS 84, Huso 19		Límites de Área de Vigilancia
Toledo-1	TO-1	511528	3951548	Antes de la junta con río Betbeder
Río Betbeder	BE-1	511039	3952044	Aguas abajo de la naciente de Río Betbeder
	BE-2	512167	3954232	Punto intermedio río Betbeder
	BE-3	512612	3956480	Antes de la desembocadura en el Lago Fagnano
Lago Fagnano	FA-1	512261	3960177	Ribera norte del Lago Fagnano antes del inicio del Río Azopardo
	FA-2	517214	3959891	Ribera norte del Lago Fagnano cercano a la Estancia Lago Fagnano
	FA-3	512920	3959267	Ribera sur del Lago Fagnano

Fuente: CENMA LQA

Artículo 5º: Para cada área de vigilancia identificada en la Tabla del artículo anterior, se ha asignado, en la Tabla N° 2, un valor de calidad ambiental para cada uno de los compuestos, elementos o parámetros normados. Para el caso de los metales, los valores indicados corresponden a la fracción total.



Tabla 80: Niveles de Calidad Ambiental por Áreas de Vigilancia

Compuestos elementos	Unidad	AZ-1	AZ-2	AZ-3
Físico y Químicos				
Conductividad Eléctrica	µS/cm	96	97	100
Oxígeno Disuelto ¹	mg/L	8,60	8,40	7,2
pH ²	Unidad	7,1-7,3	7,3-7,5	7,5-7,6
Inorgánicos				
Amonio	mg/L	14,4	9,9	14,4
Cloruro	mg/L	25	25	25
Sulfato	mg/L	5	5	5
Nitrógeno de Nitrato	mg/L	0,50	0,50	0,50
Fosforo de Fosfato	mg/L	0,05	0,45	0,18
Microbiológicos				
Macroinvertebrados	Taxa	12	9	8
Clorofila	µg/L	3	3	3

Nota:

1= Expresado en términos de valor mínimo

2= Expresado en términos de valor máximo y mínimo



Artículo 6º: Los bioindicadores podrán ser utilizados en las normas secundarias como herramientas complementarias para evaluar el impacto sobre las comunidades acuáticas y calidad del agua. La autoridad competente, establecerá en el plazo de dos años tras la entrada en vigencia de la presente norma, los indicadores biológicos que podrán ser utilizados. Dicha información será de carácter público.

8.7 PROGRAMA DE VIGILANCIA

Artículo 7º: El monitoreo de las normas secundarias deberá efectuarse de acuerdo a un Programa de Vigilancia aprobado por resolución por las autoridades competentes. Dicho programa será de carácter público y en él se señalarán, a lo menos, los datos que sean representativos de las áreas de vigilancia, las estaciones de monitoreo de calidad del agua, las frecuencias de monitoreo, las responsabilidades y las metodologías analíticas seleccionadas.

Los programas para su aprobación deberán cumplir con lo dispuesto en el presente artículo y con el acápite siguiente. El programa de vigilancia podrá incorporar el monitoreo de compuestos y elementos adicionales a los establecidos en la presente norma, con la finalidad de generar información para revisiones futuras de la norma. Las mediciones realizadas con anterioridad a la aprobación del programa de vigilancia podrán ser válidamente utilizadas por la autoridad competente cuando cumplan con los requisitos exigidos en este artículo y en el siguiente acápite

8.8 METODOLOGÍAS DE MUESTREO Y ANÁLISIS

Artículo 8º El monitoreo para verificar el cumplimiento de las normas secundarias se efectuará de acuerdo a los métodos de muestreo y condiciones de preservación y manejo de las muestras establecidos en la siguiente tabla o a sus versiones actualizadas, considerando aquellas que se dicten a futuro.

Tabla 81: Métodos de muestreo

Identificación	Título de la Norma
NCh 411/1 Of. 96	Calidad del agua – Muestreo – Parte 1: Guía para el diseño de programas de muestreo
NCh 411/2 Of 96.	Calidad del agua – Muestreo – Parte 2: Guía sobre técnicas de muestreo
NCh 411/6. Of 96	Calidad del agua – Muestreo – Parte 6: Guía para el muestreo de ríos y cursos de agua.
NCh 411/ 3.Of 96.	Calidad del agua – Muestreo – Parte 3: Guía sobre la preservación y manejo de las muestras
Collection and Preservation of Samples	Descritas en el número 1060 del "Standard Methods" for Examination of Water and Wastewater. 22th edition 2012. APHA-AWWA-WPCF

Artículo 9º: La determinación de los compuestos, elementos o parámetros incluidos en estas normas podrán efectuarse de acuerdo a los métodos analíticos que se indican a continuación, o a sus versiones actualizadas.

Tabla 82: Metodologías de análisis

Compuestos elementos o parámetros	Metodología
Conductividad Eléctrica	Método de laboratorio 2510 B
Oxígeno Disuelto	4500-O G. Membrane Electrode Method
Ph	4500-H+ B. Electrometric Method
Temperatura	2250 B Laboratory and Field Method



Compuestos elementos o parámetros	Metodología
Amonio	4500-NH3 F. Phenate Method
Cloruro	4500-Cl B. Argentometric Method 4110 Determination of Anions by Ion Chromatography
Nitrito	4110 B. Ion Chromatography with Chemical Suppression of Eluent Conductivity. 4110 C. Single-Column Ion Chromatography with Electronic Suppression of Eluent Conductivity and Conductimetric Detection.
Sulfato	4500-SO42- Turbidimetric Method 4110 Determination of Anions by Ion Chromatography
Nitrógeno de Nitrate	Kit de terreno Espectroscopia de absorción molecular
Fosforo de Fosfato	Kit de terreno Espectroscopia de absorción molecular
Macroinvertebrados bentónicos	Parámetros comunitarios Microscopia de lupa
Clorofila	Clorofila a en columna de agua
DBO5	5210 B. 5-Day Test

Fuente: Metodologías descritas en: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 22th edition 2012. APHA-AWWA-WPCF y LQA CENMA

Artículo 10º: Para los casos en que exista más de una metodología para determinar un compuesto, elemento o parámetro, según lo establecido en el artículo anterior, corresponderá a las autoridades competentes informar, en el Programa de Vigilancia, el método a utilizar teniendo en consideración la concentración regulada y la sensibilidad del método analítico.

8.9 CUMPLIMIENTO Y EXCEDENCIAS

Artículo 11º :El cumplimiento de las normas contenidas en el presente anteproyecto deberá verificarse a partir del Programa de Vigilancia y de los valores de calidad ambiental determinados para cada compuesto, elemento o parámetro en cada una de las áreas de vigilancia indicadas en el artículo 4º.

Artículo 12º: Se entenderá que las aguas cumplen con las normas secundarias de calidad establecidas en el presente anteproyecto, cuando el percentil 66 de las concentraciones de las muestras analizadas para un compuesto, elemento o parámetro, según la frecuencia mínima establecida en el Programa de Vigilancia y durante dos años consecutivos, sea menor o igual a los límites establecidos en las presentes normas.

Para el caso del oxígeno disuelto, la concentración deberá ser mayor o igual a los límites establecidos en las presentes normas, y para el caso del pH, la concentración deberá fluctuar entre el rango determinado en las presentes normas.

Artículo 13º: Cuando la representatividad de las muestras analizadas se vea afectada por fenómenos excepcionales y/o transitorios tales como inundaciones, sequías y catástrofes naturales, los datos podrán no ser incluidos en las mediciones destinadas a verificar el cumplimiento de las normas secundarias.

En el evento que, sobre la base de información objetiva verificada por la autoridad competente, se determine que la superación de las normas secundarias de calidad para algún compuesto, elemento o parámetro se debe a factores naturales, esta superación no dará lugar a la declaración de zona como saturada o latente.

8.10 FISCALIZACIÓN

Artículo 14º: Corresponderá a la Dirección General de Aguas y al Servicio Agrícola y Ganadero fiscalizar el cumplimiento de las normas secundarias de calidad ambiental, comprendidas en el

presente anteproyecto. Lo anterior no obsta a las atribuciones sobre fiscalización que éstos u otros organismos públicos posean conforme a la legislación vigente.

8.11 INFORME DE CALIDAD

Artículo 15º: Se coordinará a las autoridades competentes en la elaboración de un informe sobre el estado de la calidad de las aguas de la cuenca hidrográfica del Río Azopardo. Las autoridades competentes deberán proveer a dicha Comisión de toda la información pertinente. Dicho documento será de conocimiento público.

8.12 VIGENCIA

Artículo 16º: Las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del Río Azopardo entrarán en vigencia el día en que se publique en el Diario Oficial el decreto supremo que las establezca.

II. Sométase a consulta el presente anteproyecto de normas secundarias de calidad. Para tales efectos:

a) Remítase copia del expediente al Consejo Consultivo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente y los Consejos Consultivos Regionales del Medio Ambiente de la Región Metropolitana y de la XII Región de Magallanes y Antártica Chilena, para que emitan su opinión sobre el anteproyecto de normas secundarias de calidad. Dichos Consejos dispondrán de 60 días contados desde la recepción de la copia del expediente, para el despacho de su opinión. La opinión que emitan los Consejos Consultivos será fundada, y en ella se dejará constancia de los votos disidentes.

b) Dentro del plazo de 60 días, contados desde la publicación en el Diario Oficial del extracto de la presente resolución, cualquier persona, natural o jurídica, podrá formular observaciones al contenido del anteproyecto de las normas secundarias de calidad. Dichas observaciones deberán ser presentadas, por escrito, en la Comisión Regional del Medio Ambiente correspondiente al domicilio del interesado, y deberán ser acompañadas de los antecedentes en los que se sustentan, especialmente los de naturaleza técnica, científica, social, económica y jurídica.

Anótese, publíquese en extracto, comuníquese y archívese.



9 CONCLUSIONES

1. Este estudio constituye el **primer diagnóstico de los servicios ecosistémicos y de calidad ambiental de la Cuenca Hidrográfica Lago Fagnano - Río Betbeder – Río Azopardo**. La cuenca posee gran extensión de recursos hídricos, con un caudal promedio histórico mensual de 50,9 m³/s medido en la estación fluviométrica de DGA ubicada en la desembocadura del Río Azopardo. Está formada por cuerpos de agua que constituyen ambientes únicos y particulares, lo que sumado a las especies de flora y fauna y las formaciones geológicas que contiene, hace de ésta un área de relevancia ambiental.
2. Se establecieron como **beneficiarios directos** de los ecoservicios a los habitantes de la Estancia Lago Fagnano, a los trabajadores y funcionarios del Cuerpo Militar del Trabajo (C.M.T) y a los turistas que llegan a la zona. La población en general, se identificó como **beneficiario indirecto** pasivo.
3. En toda la cuenca se identificaron servicios ecosistémicos de **regulación** (que son los que se obtienen de la regulación de los procesos ecológicos), mientras que en los sectores noroeste y norte del Lago Fagnano se identificaron, además, servicios ecosistémicos de **provisión**, obtenidos de forma directa del ecosistema.
4. La presencia y caracterización de los servicios ecosistémicos descritos se estableció a partir de **revisión de antecedentes disponibles y su corroboración en terreno por inspecciones visuales de los componentes ambientales**, efectuadas en la primavera del año 2015 y en el verano del año 2016.
5. La literatura ha descrito un conjunto amplio de amenazas a la biodiversidad. Sin embargo, en la Cuenca Hidrográfica Lago Fagnano - Río Betbeder – Río Azopardo, se constataron las siguientes **amenazas asociadas a la prestación de los principales servicios ecosistémicos**:
 - a. Cambio de uso de suelo relacionado con el inicio del proceso de entrega de concesiones en el sector de Lago Fagnano y Caleta María, en la cuenca del Río Azopardo.
 - b. Amenaza al recurso hídrico por alteraciones morfológicas de los cauces, relacionadas con la construcción de infraestructura vial, canalización o entubamiento del flujo de agua de tributarios de los ríos Azopardo y Betbeder.
 - c. Introducción de especies, especialmente relacionadas con las madrigueras y expansión de los castores en los ríos Azopardo y Betbeder.
6. A la fecha de este estudio, las amenazas descritas se encuentran en condición de **amenazas potenciales**, puesto que se evidenció en terreno que las mismas tienen **bajo impacto**.
7. El área de estudio se caracteriza por una topografía llana a convexa según un complejo sistema orográfico, carente de mesetas y llanuras; presenta valles angostos asociados a los ríos y a los numerosos arroyos existentes en la misma. La abundante red hídrica está compuesta por los ríos Río Azopardo, Betbeder y el Lago Fagnano como cuerpos principales de la cuenca.
8. A la fecha de este estudio, se constató que **no existen fuentes puntuales de contaminación**, como emisarios o ductos de aguas servidas.
9. Sin embargo, se identificaron **algunas potenciales fuentes difusas** que podrían aportar contaminantes a los cuerpos de agua, las que se componen de las actividades



- para la construcción del aeródromo y de la red vial también en construcción. Estas obras, además, pueden generar **presiones hidromorfológicas** en la cuenca por las estructuras de puentes y atravesado de cauces que se requieren para su ejecución.
10. **Otras fuentes difusas de contaminación**, tales como agricultura, ganadería, suelos contaminados, zonas urbanas, zonas mineras, zonas recreativas, praderas, estaciones de servicio, **fueron descartadas** por inspecciones en terreno.
 11. El suelo de la zona de estudio es prístino, con muy poco uso, excepto por la construcción del aeródromo, la habilitación de caminos y un par de asentamiento humanos identificados. No se encontró evidencia en terreno ni antecedentes relacionados con explotación forestal, aunque las obras anteriores han removido árboles y suelo para su avance.
 12. Respecto al suelo, el iniciado proceso de entrega de concesiones en el sector de Lago Fagnano y Caleta María según lineamientos del GORE de Magallanes, pretende aumentar la llegada de turistas en la región, proyectando la macro urbanización de una parte de la zona de estudio, afectará el uso del suelo respecto del nivel constatado en este estudio, lo que eventualmente podría generar afectaciones en los cuerpos de agua y en el funcionamiento ecológico de la cuenca.
 13. En este estudio, se determinaron los niveles de Clorofila a y la caracterización de macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos para evaluar el estado actual de la cuenca y constituirse en el registro inicial que permita monitorear el avance y efectos de eventuales perturbaciones antrópicas. Estos indicadores tienen la ventaja de que son sensibles a las variaciones en las comunidades ecológicas, son indicadores de amplio uso a nivel internacional, de los cuales existe experiencia en Chile y que se obtienen de manera sencilla, mediante procedimientos estandarizados.
 14. En la primavera de 2015 (noviembre), en las nueve estaciones de muestreo, se constataron bajos niveles de **Clorofila a** (menor que 3 µg/L) lo que corresponde a la condición oligotrófica de estos cuerpos de agua.
 15. La composición taxonómica de **macroinvertebrados bentónicos** presentó **18 taxa**, donde las familias de Chironomidae, Leptophlebiidae, Gripopterygidae y Hyalellidae se encuentran presentes en casi todos los sectores estudiados de la cuenca. La riqueza fue mayor a 4 en todos los sitios estudiados, aunque algunas estaciones presentaron abundancia muy baja, menor a 50 individuos, como las que corresponden al Río Betbeder y a la ribera sur del Lago Fagnano.
 16. Respecto de los grupos funcionales de los **macroinvertebrados bentónicos**, se encontró presencia de los **seis principales grupos funcionales**: Depredador, Fragmentador, Recolector, Ramoneador, Filtrador y Generalista. La proporción de grupos tróficos indicó una distribución en distintas proporciones en los diferentes sectores de la cuenca. Así, las estaciones que corresponden al Río Azopardo AZ presentan mayor proporción de Recolectores, mientras las estaciones del Río Betbeder abundan en Ramoneadores. Por su parte en las estaciones del Lago Fagnano se distribuyen en proporciones similares los Fragmentadores, Recolectores, excepto en la ribera sur donde los Fragmentadores desaparecen por completo.
 17. Respecto de la **calidad físicoquímica de las aguas**, los valores de los parámetros físicoquímicos obtenidos en este estudio, que pueden asimilarse a la línea base de calidad de agua, son los siguientes:
 - a. **Parámetros de condición natural:**



- i. **pH:** 6,96 – 7,71 unidades de pH evidenciando aguas neutras, de buena calidad, sin descargas antropogénicas directas, con poca capacidad para disolver contaminantes metálicos que eventualmente puedan incorporarse a los suelos a través de contaminación difusa.
 - ii. **Temperatura** entre 1,92 – 4,99 °C en primavera y entre 6,6 y 10,05 °C en verano, indicando cuerpos de agua fríos, donde los procesos de degradación de la calidad del agua son muy lentos, lo que constituye un factor de protección del ecosistema.
 - iii. **Conductividad eléctrica** entre 58 y 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, evidenciando muy bajos niveles de sólidos disueltos, lo que se corresponde tanto con el pH neutro como con las bajas temperaturas. Estos valores bajos de conductividad ratifican la condición de prístinas que tienen estas aguas.
 - iv. **Oxígeno disuelto** entre 7,18 y 10,87 mg/L evidenciando igualmente aguas de buena calidad.
 - v. **Nitratos** en niveles no detectables (<0,5 mg/L) ratificando aguas oligotróficas de buena calidad.
 - vi. **Fosfatos** entre <0,05 mg/L y 0,86 mg/L ratificando aguas oligotróficas, de buena calidad.
 - vii. **Amonio** entre 0,8 y 14,4 mg/L lo que corresponde a valores bajos que pueden relacionarse con los procesos naturales de metabolismo de los organismos que viven en la cuenca.
 - viii. **Cloruros** en niveles no detectables (<25 mg/L) ratificando aguas de buena calidad, con baja cantidad de sales.
 - ix. **Sulfatos** en niveles no detectables (<5 mg/L) ratificando aguas de buena calidad, con baja cantidad de sales.
 - x. **Nitritos** en niveles no detectables (<0,3 mg/L) ratificando aguas de buena calidad, oxigenadas, con baja cantidad de sales.
 - xi. **Metales:**
 1. Aluminio (**Al**) en niveles entre <0,026 mg/L y 0,212 mg/L ratificando aguas de buena calidad con bajos contenidos de metales de origen natural.
 2. Manganeseo (**Mn**) en niveles entre 0,007 mg/L y 0,025 mg/L ratificando aguas de buena calidad con bajos contenidos de metales de origen natural.
 3. Bario (**Ba**) en niveles entre 0,0010 mg/L y 0,0038 mg/L ratificando aguas de buena calidad con bajos contenidos de metales de origen natural.
 4. Hierro (**Fe**) en niveles entre <0,1 mg/L y 0,16 mg/L) ratificando aguas de buena calidad con bajos contenidos de metales de origen natural.
- b. Parámetros de intervención antrópica:**
- i. **Contaminantes orgánicos:**
 1. **Detergentes (SAAM)** en niveles no detectables (<0,3 mg/L) ratificando aguas de buena calidad, sin descargas antropogénicas.
 2. **Aceites y grasas** en niveles no detectables (<5 mg/L) ratificando aguas de buena calidad, sin descargas antropogénicas.
 3. **Hidrocarburos fijos, totales y volátiles,** todos en niveles no detectables (<5 mg/L) ratificando aguas de buena calidad, sin descargas antropogénicas.



4. **Demanda Química de Oxígeno (DQO)** en niveles no detectables (<2 mg/L) ratificando aguas de buena calidad, sin descargas antropogénicas.
 5. **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)** en niveles no detectables (<2 mg/L) ratificando aguas de buena calidad, sin descargas antropogénicas.
- ii. **Contaminantes inorgánicos:**
1. Cadmio (**Cd**) en niveles no detectables (<0,001 mg/L) ratificando aguas de buena calidad sin presencia de metales tóxicos.
 2. Zinc (**Zn**) en niveles no detectables (<0,009 mg/L) ratificando aguas de buena calidad sin presencia de metales tóxicos.
 3. Cromo (**Cr**) en niveles no detectables (<0,006 mg/L) ratificando aguas de buena calidad sin presencia de metales tóxicos.
 4. Arsénico (**As**) en niveles no detectables (<0,015 mg/L) ratificando aguas de buena calidad sin presencia de metales tóxicos.
 5. Cobre (**Cu**) en niveles no detectables (<0,005 mg/L) ratificando aguas de buena calidad sin presencia de metales tóxicos.
 6. Níquel (**Ni**) en niveles no detectables (<0,032 mg/L) ratificando aguas de buena calidad sin presencia de metales tóxicos.
 7. Plomo (**Pb**) en niveles no detectables (<0,008 mg/L) ratificando aguas de buena calidad sin presencia de metales tóxicos.
 8. Selenio (**Se**) en niveles no detectables (<0,010 mg/L) ratificando aguas de buena calidad sin presencia de metales tóxicos.
 9. Vanadio (**V**) en niveles no detectables (<0,001 mg/L) ratificando aguas de buena calidad sin presencia de metales tóxicos.
 10. Plata (**Ag**) en niveles no detectables (<0,001 mg/L) ratificando aguas de buena calidad sin presencia de metales tóxicos.
 11. Cobalto (**Co**) en niveles no detectables (<0,001 mg/L) ratificando aguas de buena calidad sin presencia de metales tóxicos.
 12. Molibdeno (**Mo**) en niveles no detectables (<0,001mg/L) ratificando aguas de buena calidad sin presencia de metales tóxicos.
 13. Berilio (**Be**) en niveles no detectables (<0,0003 mg/L) ratificando aguas de buena calidad sin presencia de metales tóxicos.
 14. Boro (**B**) en niveles no detectables (<0,104 mg/L) ratificando aguas de buena calidad sin presencia de metales tóxicos.
 15. Mercurio (**Hg**) en niveles no detectables (<0,00012 mg/L) ratificando aguas de buena calidad sin presencia de metales tóxicos.
18. De acuerdo a todos los antecedentes recopilados, analizados y constatados en este estudio, se considera necesaria y conveniente formular Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas de la cuenca hidrográfica Lago Fagnano-Río Azopardo-Río Betbeder, por cuanto existe planificación de actividades a desarrollar en la parte chilena de Tierra del Fuego, que se suman a las actividades existentes en la parte argentina de la isla, de las cuales no se tiene monitoreo. Un instrumento de gestión como las normas secundarias, permitirá el seguimiento sistemático de la calidad de las aguas, establecerá condiciones a las actividades que se instalen en la cuenca y contribuirá a proteger los servicios ecosistémicos que la misma brinda.



19. Se presenta en este estudio, la primera formulación respecto del contenido para el Anteproyecto de Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas de la cuenca hidrográfica Lago Fagnano-Río Azopardo-Río Betbeder, considerando como cauce principal de la red fluvial al Río Azopardo, integrada además por el Río Betbeder y el Lago Fagnano.
20. La propuesta de cuerpo normativo incluye tres áreas de vigilancia: AZ1, ubicada antes de la desembocadura en el Seno Almirantazgo, AZ2 ubicada aguas debajo de la naciente del Río Azopardo en el Lago Fagnano y AZ3 ubicada en la salida del Lago Fagnano, en la naciente del Río Azopardo.
21. Se proponen otras siete áreas de vigilancia para incluir en el Programa de Vigilancia, por cuanto no hay registros históricos que permitan asignar valores normativos a estos sectores.
22. La propuesta normativa entregada, se basa en la aplicación de la metodología para el diagnóstico y clasificación de los cuerpos de agua según objetivos de calidad, propuesta y utilizada por DGA, cuyos resultados para esta cuenca, han sido complementados con las experiencias obtenidas del presente estudio.
23. No se establecen niveles normativos para el parámetro fundamental Temperatura, por cuanto es una condición de la naturaleza que no es viable regular, especialmente por las consecuencias no previstas actualmente del cambio climático global y la ausencia de registros en toda la cuenca. Sin embargo, las mediciones de temperatura del agua acompañan a todas las investigaciones que se ejecuten en el Programa de Vigilancia.
24. La información disponible desde el monitoreo histórico que realiza la DGA, si bien entrega datos históricos de 10 años, requiere optimizar los límites de detección de algunos de los parámetros analizados, considerar los tributarios y la cuenca en su conjunto y aumentar la frecuencia de análisis, combinado con condiciones seguras de trabajo especialmente durante el invierno.
25. Por otra parte, los resultados entregados por CENMA en este estudio, aportan nueva información sobre la composición de las aguas en la cuenca, pero requieren ser complementados con muestras tomadas en el tiempo para evaluar el comportamiento estacional de dichos parámetros en la cuenca.
26. De acuerdo a la experiencia de CENMA en estudios similares, no es recomendable incluir parámetros de intervención antrópica en el cuerpo normativo de la cuenca hidrográfica Lago Fagnano-Río Azopardo-Río Betbeder, mientras las intervenciones humanas en la misma se mantengan en los niveles observados en este estudio. No obstante, mediciones de las concentraciones de metales en aguas podrían acompañar los estudios que se ejecuten en el Programa de Vigilancia, así como estudios de la composición química de los sedimentos y de los suelos en la cuenca.



27. En correspondencia con todo lo anterior, se presenta en este informe la propuesta de Anteproyecto de norma secundaria de calidad ambiental para la cuenca del Río Azopardo, conteniendo parámetros y niveles de calidad ambiental por áreas de vigilancia son los siguientes:

Compuestos elementos	Unidad	AZ-1	AZ-2	AZ-3
Físico y Químicos				
Conductividad Eléctrica	µS/cm	96	97	100
Oxígeno Disuelto	mg/L	8,60	8,40	7,2
pH	Unidad	7,1-7,3	7,3-7,5	7,5-7,6
Inorgánicos				
Amonio	mg/L	14,4	9,9	14,4
Cloruro	mg/L	25	25	25
Sulfato	mg/L	5	5	5
Nitrógeno de Nitrato	mg/L	0,50	0,50	0,50
Fosforo de Fosfato	mg/L	0,05	0,45	0,18
Microbiológicos				
Macroinvertebrados	Taxa	12	9	8
Clorofila	µg/L	3	3	3

10 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DGA, Diagnóstico y clasificación de los cursos de agua según objetivos de calidad. Vol 1. 2004.
- Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005a): Ecosistemas y bienestar humano: Evaluaciones sub-Globales, Island Press, Washington d.c.: 61-83.
- Evaluación de los ecosistemas del milenio (2005b): Synthesis Report. Island Press, Washington D.C: 137 pp.
- Estudio de Impacto Ambiental: Construcción Camino Estancia Yendegaia. Ministerio de Obras Públicas. 2008.
- Quétier, F., Tapella, e, Conti, G., Cáceres, D. y Díaz, S. Servicios Ecosistémicos y Actores sociales. Aspectos conceptuales y metodológicos para un estudio interdisciplinario. En Gaceta Ecológica julio- diciembre, número especial 84-85. Instituto Nacional de Ecología.
- Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and human well-being: a framework for assessment. Washington, dc: island press, 2003. 49-70.
- Millennium ecosystem assessment. Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis. Washington, dc: world resources institute, 2005.82
- DIA Construcción Pequeño Aeródromo Caleta María. RCA 024-2010.
- Aida Baldini. 2008. Impacto del castor (castor canadensis, rodentia) en bosques de lenga (nothofagus pumilio) de Tierra del Fuego, Chile.



- Mateo Martinic. 2012. Cuarenta y cinco días a orillas del Río Azopardo. Escrito testimonial del Padre Luis Carnino. Magallanica (Chile), 2012. Vol 41 (2) 231-242.
- Petra k. Wallem1. 2001. Identificación de los mecanismos subyacentes a la invasión de castor *canadensis rodentia*) en el archipiélago de Tierra del Fuego, Chile. Revisa chilena de historia natural 80:309-325, 2007.
- Samuel Garcia. 2012. Reinaldo Catalán y Francisco Oyarzún, Baqueanos del Sur de Tierra del Fuego (Chile) y su participación en el origen de la senda de penetración vicuña-yendegaia. Magallanica (Chile), 2012, vol. 40(1).63-91.
- Samul Garcia. 2013. Vestigios patrimoniales del aserradero caleta maría, tierra del fuego (chile). Magallanica (Chile), 2013, vol. 41(1).53-82.
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (catie). 2010. Adaptación al Cambio Climático y servicios ecosistémicos en América Latina.
- Diagnóstico de la gestión de los recursos hídricos. Departamento de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible.Región para América Latina y el Caribe. Documento del Banco Mundial Chile. Marzo de 2011
-



ANEXO A

PLAN DE MUESTREO CAMPAÑA 1

PM/N°005-2015



ANEXO B

PLAN DE MUESTREO CAMPAÑA 2

PM/N°004-2016



ANEXO C

MINUTAS DE REUNIÓN



ANEXO D

GEODATABASE

(EN ELECTRÓNICO)



ANEXO E

INFORMES DE ANÁLISIS



ANEXO F

DATA

(EN ELECTRÓNICO)