

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**ANÁLISIS DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN UN CONTEXTO DE
CAMBIO CLIMÁTICO Y SEGURIDAD HÍDRICA EN LA CABECERA DE LA
CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ÑUBLE, REGIÓN DE ÑUBLE**

JOSÉ ALEJANDRO RIVERA MUÑOZ

PROYECTO DE TÍTULO PRESENTADO
A LA FACULTAD DE INGENIERÍA
AGRÍCOLA DE LA UNIVERSIDAD DE
CONCEPCIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO
DE INGENIERO CIVIL AGRÍCOLA

CHILLÁN-CHILE

2023

**ANÁLISIS DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN UN CONTEXTO DE
CAMBIO CLIMÁTICO Y SEGURIDAD HÍDRICA EN LA CABECERA DE LA
CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ÑUBLE,
REGIÓN DE ÑUBLE**

Aprobado por:

Gerardo Azócar García
Geógrafo, Ph.D.
Profesor Asociado

Profesor Guía

Roberto Gallardo Jiménez
Ingeniero Forestal, Mg.
Profesor Asistente

Profesor Co-Guía

José Luis Arumi
Ingeniero Civil, Ph.D.
Profesor Titular

Profesor Asesor

Natalia Valderrama Valdés
Ingeniero Civil en Industria Forestal, Mg.
Profesor Asistente

Profesor Asesor

José Luis Arumi
Ingeniero Civil, Ph.D.
Profesor Titular

Director de Departamento

María Eugenia González Rodríguez
Ingeniero Agrónomo, Ph.D.
Profesor Asociado

Decana

ÍNDICE DE MATERIAS

	Página
RESUMEN.....	1
SUMMARY.....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1 ANTECEDENTES.....	8
1.1.1 Seguridad hídrica, sostenibilidad y cambio climático.....	8
1.2 Servicios ecosistémicos.....	11
1.2.3 Clasificación de los Servicios Ecosistémicos (SE).....	16
2. HIPÓTESIS.....	19
3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	19
4. OBJETIVOS.....	19
4.1 Objetivo General.....	19
4.2 Objetivos específicos.....	19
5. METODOLOGÍA.....	20
5.1 Objetivo Específico Número 1. Caracterizar la cabecera de la cuenca del río Ñuble.....	21
5.2 Objetivo Específico Número 2.- Identificar y describir los SE presentes en las cabeceras de la cuenca hidrográfica del río Ñuble.....	22
5.3 Objetivo Específico Número 3.- Mapear los SE identificados.....	20
6. RESULTADOS	23
6.1 Área de estudio	23

6.2 Caracterización de la cabecera de la cuenca del río Ñuble.....	28
6.2.1 Hidrografía.....	28
6.2.2 Distritos agroclimáticos.....	30
6.2.3 Coberturas vegetales y uso del suelo.....	32
6.2.4 Ecosistemas.....	34
6.2.5 Tendencias climáticas e hidrológicas.....	49
6.2.6 Demanda, uso y calidad de los recursos hídricos de la cabecera de la cuenca del río Ñuble.....	53
6.2.7 Síntesis caracterización cabecera cuenca del río Ñuble según subcuenca.....	60
6.3 Identificación y descripción de servicios ecosistémicos.....	67
6.3.1 Servicios de provisión.....	67
6.3.2 Servicios de regulación.....	68
6.3.3 Servicios culturales.....	69
7. CONCLUSIONES.....	85
8. LITERATURA CITADA	88
9. ANEXOS.....	93

ÍNDICE DE TABLAS

		Página
Tabla 1.	Clasificación de servicios ecosistémicos propuesta por Haines-Young and Potschin (2012).....	18
Tabla 2.	Distritos agroclimáticos en la cabecera del río Ñuble.	31
Tabla 3.	Coberturas vegetales correspondientes a la cabecera de Cuenca del río Ñuble.....	33
Tabla 4.	Parámetros Físico – Químicos registrados en el año 2022 correspondiente a la estación “Río Ñuble en San Fabián N°2”	56
Tabla 5.	Derechos constituidos según subcuenca en la cabecera del río Ñuble.....	58
Tabla 6.	Síntesis caracterización subcuenca río Los Sauces...	60
Tabla 7.	Síntesis caracterización subcuenca río Los Minas.....	62
Tabla 8.	Síntesis caracterización subcuenca río Las Truchas..	64
Tabla 9.	Síntesis caracterización subcuenca río Gato	65
Tabla 10.	Síntesis caracterización subcuenca río Santa Gertrudis	66
Tabla 11.	Identificación y descripción de SE subcuenca río Los Sauces.....	70
Tabla 12.	Identificación y descripción de SE subcuenca río Las Minas.....	74

Tabla 13.	Identificación y descripción de SE subcuenca río Las Truchas.....	78
Tabla 14.	Identificación y descripción de SE subcuenca río Gato	82
Tabla 15.	Identificación y descripción de SE subcuenca río Santa Gertrudis.....	85
Tabla 16.	Nombre veranadas utilizadas en la Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja las cuales contemplan las presentes en la cabecera de la cuenca del río Ñuble.....	100

Figura 9	Ecosistema terrestre bosque caducifolio mediterráneo andino (Nothofagus pumilio y Azara alpina) correspondiente ahojas de lenga.....	38
Figura 10	Área con presencia de bosque caducifolio mediterráneo - templado andino (Nothofagus alpina y Nothofagus obliqua) correspondiente a la cabecera de la Cuenca del Río Ñuble, región de Ñuble.....	40
Figura 11	Área con presencia de bosque caducifolio mediterráneo - templado andino (Nothofagus pumilio y Nothofagus obliqua) correspondiente a la cabecera de la Cuenca del Río Ñuble, región de Ñuble	42
Figura 12	Ecosistema terrestre bosque caducifolio mediterráneo andino (Nothofagus obliqua y Austrocedrus chilensis)..	44
Figura 13	Sector“Las Marmitas”.	45
Figura 14	Sector “Las Marmitas”, zona de acumulación de nieve y antiguos glaciaretos y cuerpos lacustres, destacando cuerpo de agua en forma de humedal...	46
Figura 15	Distribución de glaciaretos en la Cabecera de Cuenca del Río Ñuble bajo Inventario Público de Glaciares (IPG) bajo registro de la DGA.....	48

Figura 16	Precipitaciones mensuales (mm) modelada para la subcuenca “Los Sauces” a partir del registro obtenido de la estación fluviométrica- meteorológica “Río Los Sauces antes Junta con Ñuble” en el periodo 01/1979-12/2019.....	49
Figura 17	Temperatura promedio mensual (°C) modelada a la subcuenca “Los Sauces” a partir del registro obtenido de la estación fluviométrica-meteorológica “Río Los Sauces antes Junta con Ñuble” en el periodo 01/1979-12/2019.....	50
Figura 18	Caudal promedio mensual (m^3s^{-1}) modelada a la subcuenca “Los Sauces” a partir del registro obtenido de la estación fluviométrica- meteorológica “Río Los Sauces antes Junta con Ñuble” en el periodo 01/1985-12/2018.....	51
Figura 19	Superficie cobertura nival promedio (%) periodo 2000-2023 v/s Superficie cobertura nival diaria 2022-2023; periodo comparado a fecha 17/08/2022-16/08/2023.....	51
Figura 20	Diagrama unifilar canales matrices correspondientes a la “Junta de Vigilancia Río Ñuble”	55

Figura 21	Distribución espacial de derechos de agua bajo registro de la DGA a fecha de corte 27 de agosto de 2023.....	59
Figura 22	Cobertura vegetal correspondiente a la subcuenca del río “Los Sauces”, Cabecera de la Cuenca del río Ñuble, región de Ñuble.....	73
Figura 23	Cobertura vegetal correspondiente a la subcuenca del río “Las Minas”, Cabecera de la Cuenca del río Ñuble, región de Ñuble.....	77
Figura 24	Cobertura vegetal correspondiente a la subcuenca del río “Las Truchas”, Cabecera de la Cuenca del río Ñuble, región de Ñuble.....	81
Figura 25	Cobertura vegetal correspondiente a la subcuenca del río “Gato”, Cabecera de la Cuenca del río Ñuble, región de Ñuble. Fuente: “Elaboración propia”	84
Figura 26	Cobertura vegetal correspondiente a la subcuenca del río “Santa Gertrudis”, Cabecera de la Cuenca del río Ñuble, región de Ñuble. Fuente: “Elaboración propia” ...	88
Figura 27	Plan Estratégico Regional (PER), correspondiente a la región del Biobío y región de Ñuble. Propuestas de construcción de una planificación energético - regional.	

	Fuente: Centro EULA – CHILE, Universidad de Concepción, 2017.....	98
Figura 28	Veranadas presentes en la Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja	99
Figura 29	Áreas de Conservación del Huemul. Fuente: Proyecto Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja	102
Figura 30	Atractivos turísticos presentes en el territorio. Fuente: Proyecto Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja.....	103
Figura 31	Infografía felinos presentes en el territorio. Fuente: Proyecto Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja	104
Figura 32	Infografía aves emblemáticas presentes en el territorio. Fuente: Proyecto Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja	105
Figura 33	Infografía flora emblemáticas presentes en el territorio. Fuente: Proyecto Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja.....	106

Figura 34	Procesamiento y conservación de semillas en vivero comunal San Fabián de Alico. Fuente: “Registro fotográfico programas FIC”	107
Figura 35	Gruta con la imagen de San Sebastián, sector del “Puente Inglés”. Fuente: “Registro fotográfico programas FIC”	107
Figura 36	Pasarela “Las Veguillas”, cauce del río Ñuble. Fuente: “Registro fotográfico programas FIC”	108
Figura 37	Confluencia río Ñuble y río Los Sauces.....	109
Figura 38	“Puente el Inglés”, ubicado en el sector de Pichirrincón, comuna de San Fabián de Alico.....	110
Figura 39	“Puente el Inglés”, ubicado en el sector de Pichirrincón, comuna de San Fabián de Alico.....	111
Figura 40	Riego por inundación, sector Río Las Minas.....	112
Figura 41	Sector de “Las Minas”, ubicado en la parte alta del río Ñuble.....	112
Figura 42	Salto Las Minas-Estero Bolsico.....	113
Figura 43	“Canelo”, considerado como un árbol sagrado por sus efectos curativos.....	114
Figura 44	Veranada “Las Tragedias.....	114
Figura 45	Manifestación de la cultura Arriera, sector Río González.....	115

ÍNDICE DE ECUACIONES

	Página
Ecuación 1. Trasposición de caudales usando el principio de la similitud hidrológica.....	22

**ANÁLISIS DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN UN CONTEXTO DE
CAMBIO CLIMÁTICO Y SEGURIDAD HÍDRICA EN LA CABECERA DE LA
CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ÑUBLE, REGIÓN DE ÑUBLE**

ANALYSIS OF ECOSYSTEM SERVICES IN A CONTEXT OF CLIMATE
CHANGE AND WATER SECURITY IN THE HEADWATERS OF THE ÑUBLE
RIVER WATERSHED, ÑUBLE REGION.

Palabras Claves: Servicios ecosistémicos, biodiversidad, seguridad hídrica y sostenibilidad, cuenca hidrográfica, modelo extractivista, cambio climático.

RESUMEN

La forma en la que los ecosistemas incorporan la imagen del ser humano a su estructura natural sin que estos (ecosistemas) vean alterado su propio funcionamiento, y si fuera así, el medio sea capaz de asimilar la intervención y pueda sostener su ciclo inherente sin afectar a los demás elementos que la componen, se denomina servicios ecosistémicos. Buscar y posicionar a todas las formas de vida existentes por igual y asumir, de igual modo, que cada ser depende uno de otro para su existencia, desarrollo y buen vivir.

La realidad es dinámica y está en constante evolución, transformándose en cada momento por una multiplicidad de factores que se generan con el paso del tiempo como por la respuesta de estos a estas nuevas circunstancias, lo mismo pasa con los seres humanos. Asumir que estos procesos ecológicos y de su estructura ecosistémica, dependen de interacciones complejas entre los componentes bióticos, abióticos y sociales en un espacio, y que ellos, en su

conjunto, contribuyen y se relacionan como una “comunidad de sujetos” y no como una “colección de objetos” en el territorio con un mismo fin, del desarrollo sustentable y el buen vivir.

La gobernabilidad del agua representa una realidad de alta complejidad y busca instaurar compromisos entre los distintos sectores para establecer un plan de “seguridad hídrica” que asegure disponibilidad y calidad para el abastecimiento humano, usos de subsistencia, protección de los ecosistemas y la producción. De este modo, en este trabajo se identifican y describen los servicios ecosistémicos que provee una zona andina de la región de Ñuble, específicamente las cabeceras de cuenda del río Ñuble.

**ANALYSIS OF ECOSYSTEM SERVICES IN A CONTEXT OF CLIMATE
CHANGE AND WATER SECURITY IN THE HEADWATERS OF THE
ÑUBLE RIVER WATERSHED, ÑUBLE REGION.**

Key words: Ecosystem services, biodiversity, water security and sustainability, watershed, extractivist model, climate change

SUMMARY

The way in which ecosystems incorporate the image of human beings into their natural structure without these (ecosystems) seeing their own functioning altered, and if so, the environment is capable of assimilating the intervention and can sustain its inherent cycle without affecting the other elements that compose it, is called ecosystem services. Seek and position all existing forms of life equally and assume, in the same way, that each being depends on the other for its existence, development and good living.

Reality is dynamic and is in constant evolution, transforming itself at every moment by a multiplicity of factors that are generated with the passage of time as well as by the response of these to these new circumstances, the same happens with human beings. Assume that these ecological processes and their ecosystemic structure depend on complex interactions between biotic, abiotic and social components in a space, and that they, as a whole, contribute and relate as a "communion of subjects" and not as a "collection of objects" in the territory with the same purpose, sustainable development and good living.

Water governance represents a highly complex reality and seeks to establish commitments between the different sectors to establish a "water security" plan that ensures availability and quality for human supply, subsistence uses, ecosystem protection and production. Thus, this work identifies and describes the ecosystem services provided by an Andean zone of the Ñuble region, specifically the headwaters of the Ñuble River Watershed.

1. INTRODUCCIÓN

La tendencia hacia una conciencia social por la tierra y el medio ambiente, como por el preservar los ecosistemas en el territorio es notoriamente creciente en la sociedad nacional actual.

Es así y bajo la proliferación de distintos acuerdos multilaterales sobre el medio ambiente, que se hace necesario el desarrollo de nuevos conceptos y enfoques para la educación ambiental y la sensibilización del público (Orlando Hall Rose & Peter Bridgewater, 2003), los cuales, representen de manera tal un mecanismo global destinado a lograr grandes transformaciones con el objetivo de mitigar el deterioro del medio ambiente, adoptando medidas correctivas y precautorias en torno al ecosistema presente.

Sustentabilidad, concepto instaurado en el discurso público/privado de manera regular, da paso a un sinfín de significados en base al enfoque de trabajo que se desarrolle en una investigación. La idea de sustentabilidad surge aproximadamente en los años setenta, con una base que involucraba el concepto de desarrollo humano y su relación en el ámbito económico, productivo y de consumo en base a la contrariedad que se produce al vincular crecimiento económico con el uso y explotación de los recursos naturales (Naciones Unidas, 1972). Con el paso del tiempo la idea de sustentabilidad se fue modificando y redefiniendo, adaptándose a la línea temporal global en la que se habita como a los desafíos y proyecciones que se debe enfrentar como sociedad.

De este modo, se establece en 1987 la idea de “desarrollo sustentable”, que se define como “El desarrollo duradero trata de satisfacer las necesidades y las aspiraciones del presente sin comprometer la facultad de continuar haciéndolo en el futuro”. La noción descrita, pretende articular el progreso económico junto a las necesidades sociales y ambientales que configure el bienestar social del territorio.

A su vez, la institucionalidad chilena establece, por medio del literal g) del artículo 2° Ley 19.300 como Desarrollo sustentable “El proceso de mejoramiento sostenido y equitativo de la calidad de vida de las personas, fundado en medidas apropiadas de conservación y protección del medio ambiente, considerando el cambio climático de manera de no comprometer las expectativas de las generaciones futuras”.

Hoy en día, es imperante generar una nueva perspectiva de trabajo mancomunado que analice la complejidad del proceso de toma de decisiones, principalmente generado por la pluralidad de actores involucrados. Formular, promover y lograr objetivos comunes por medio del intercambio mutuo de conocimientos, recursos y normas. En este contexto, la UNESCO apoya a los distintos países a adoptar normas y programas que promuevan la libre circulación de las ideas y el intercambio de conocimiento, con el fin de establecer la prosperidad y desarrollo de cada persona a vivir como un ciudadano del mundo. También, el fortalecer e integrar la acción ciudadana en la toma de decisiones como el de potenciar el conocimiento público en

materias ambientales es primordial para un crecimiento sostenible e inclusivo. La sustentabilidad es un tema aceptado por todas las grandes organizaciones mundiales (e.g. PNUMA, The Nature Conservancy) y bajo esta premisa es fundamental cuantificar y realizar una valoración de los servicios ecosistémicos, y en el caso de estudio, bajo los recursos hídricos presentes en la Cabecera de la Cuenca del río Ñuble, región de Ñuble.

1.1 Antecedentes Generales

1.1.1 Seguridad hídrica, sostenibilidad y cambio climático

En los últimos años, se ha puesto en manifiesto un sinnúmero de estudios que han forzado a poner en la palestra y comprender como la sociedad bajo la acción del hombre domina los distintos ciclos de la tierra, entre ellos los asociados al agua (IPCC, 2021). Bajo esta premisa, el cambio climático, definido como la variación que se está registrando en las variables climáticas del planeta y atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, altera de forma considerable la composición de la atmosfera, la cual se manifiesta con una velocidad e intensidad sin precedentes a escala mundial, haciendo más común la manifestación de eventos climáticos extremos (MMA, 2022).

La crisis climática ha desencadenado en la degradación de los ecosistemas y pérdida de biodiversidad a nivel global sumado a la modificación del ciclo hidrológico, mientras, la población aumenta de manera considerable su dependencia y exposición a esta. Es así, los esfuerzos en el desarrollo de políticas públicas con el objetivo de lograr una mejor gobernanza y gestión de las intervenciones de las personas sobre la biosfera.

Chile ha adoptado una serie de compromisos ambientales; entre ellos el Acuerdo de Paris, el cual fija como meta limitar a 1,5°C el incremento de temperatura a fin de siglo para enfrentar el calentamiento global. Sumado a lo antes mencionado, destacan las medidas que indica el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), el cual establece que para el

año 2030 las emisiones de CO₂ deben haber disminuido en un 45% respecto a lo emitido en el año 2010 y alcanzar la carbono neutralidad para el año 2050 (SCAC, 2020).

El agua cumple tres roles esenciales para la sostenibilidad del desarrollo global: asegurar las necesidades básicas del ser humano, contribuir el desarrollo socioeconómico del territorio y dar sustento a los ecosistemas, todo esto bajo el concepto de acceso seguro al agua o 6C (Figura 2).



Figura 1. Concepto acceso seguro o 6C del Agua. Fuente: AGUAKAN, 2021.

En Chile, el consumo de agua alcanza los $4710 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, de los cuales el 89% corresponde a los usos no consuntivos y 11% a usos consuntivos (Ayala, 2010). El mayor usuario del recurso hídrico en suelo nacional es la agricultura con un 73% del total de las extracciones país, abarcando una superficie regada de 1,1 millones de hectáreas localizadas entre las regiones IV y X (INE, 2007). Los demás usuarios destacados son el de uso minero alcanzando un 9% del consumo, industrias con un 12% y el consumo con fines domésticos con un 6% (Ayala, 2010). Una problemática a la que el país se ve enfrentada actualmente se centra sobre los derechos de aprovechamiento de aguas existentes, ya que estos superan a la disponibilidad real del recurso, desencadenando una desestabilidad sociopolítica territorial como también sobre el bienestar humano (Banco Mundial, 2011).

Sumado a los distintos factores jurídicos derivados del estatus legal que el país adopto para este recurso, lo que facilitó la concentración de la propiedad de los derechos de agua, se consideran factores antrópicos desarrollados en el medio como lo es el alto uso del recurso en la generación eléctrica, la elevada isoterma desencadenando la reducción de los depósitos de nieve (Givovich, 2006), sobreexplotación y contaminación de acuíferos, protección a la cubierta vegetal en las partes altas de las cuencas, cambio de régimen de las precipitaciones y el aumento de la tasa de evapotranspiración.

Se reconoce a Chile como un país altamente vulnerable al cambio climático, donde y bajo los criterios estipulados por la CMNUCC, el país cumple con la

mayoría de los nueve criterios de vulnerabilidad reconocidos, siendo ellos: poseer áreas costeras de baja altura; zonas áridas y semiáridas; áreas propensas a sequía y desertificación; zonas urbanas con problemas de contaminación atmosférica; territorio susceptible a desastres naturales; y en el caso en particular de este estudio, zonas de bosques y ecosistemas de montaña.

Por otra parte, la modificación en los patrones de precipitaciones y la variabilidad de temperaturas pueden afectar la distribución, tamaño, estructura, ciclos, funcionamiento y dimensión de los ecosistemas de montaña (Bohning-Gaese, Jetz, & Schaefer, 2008) y, por lo tanto, las actividades productivas asociadas.

1.1.2. Servicios ecosistémicos

La interacción dinámica entre la sociedad y los ecosistemas da lugar a los que se conoce como Servicios Ecosistémicos (Balvanera et al., 2009), los cuales son *“las contribuciones directas o indirectas de los ecosistemas para el bienestar humano”* (EPA, 2012), ya sean estos económicos o culturales y que se ven representados en un incremento de la calidad de vida (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

También, son definidos como la multitud de beneficios que aporta la naturaleza a la sociedad, donde sus funciones se concretizan en beneficios reales una vez que son demandados, usados o disfrutados por los interesados. Es ahí donde pasan a ser reconceptualizados, dentro de un marco eminentemente

antropocentrista (Gómez y R. Groot, 2007). En Chile, el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) define los Servicios Ecosistémicos (SE) como “*la contribución directa e indirecta de los ecosistemas al bienestar humano*” (TEEB, 2014).

En las últimas décadas se ha observado que la provisión de estos servicios ha sido ignorada al tomar decisiones que afectan los sistemas naturales, llevando al deterioro del medio ambiente y a un empobrecimiento de la sociedad (Polansky, 2008). La toma de decisiones empleadas por la sociedad ha impactado de tal forma los ecosistemas que modifican sus estructuras y funciones generando cambios en la provisión de los servicios ecosistémicos, afectando así, el bienestar del ser humano (Daily et al., 2009). En un futuro y en base a las acciones producidas por el ser humano, si se produce una pérdida de servicios ecosistémicos que dependen de la biodiversidad zonal y que otorga productos básicos indispensables para el diario vivir, desencadenaría en el aumento de la desigualdad en los sectores vulnerables de la sociedad (Días et al., 2006).

Los servicios ecosistémicos son el resultado de un complejo proceso de interacciones entre factores bióticos y abióticos, que se identifican como beneficios tangibles que generan bienestar (de Groot et al., 2002; MADS & Instituto Humboldt, 2017), donde los beneficios que proveen los distintos ecosistemas a los seres humanos contribuyen a hacer la vida no solo

físicamente posible sino también digna de ser vivida (Constanza et al., 2007; Daily, 1997).

Integrando los servicios que prestan los ecosistemas junto con la toma de decisiones de los distintos actores involucrados en la conservación de la biodiversidad, es fundamental entender y cuantificar la forma en que los ecosistemas proporcionan los servicios, valorar esos servicios, incorporar los servicios ecosistémicos en la regulación de cada lugar o territorio de interés y así proporcionar fondos para el desarrollo sostenible de los servicios que prestan los ecosistemas (de Groot et al., 2002; Polansky, 2008; Caro y Torres, 2015).

Al contemplar un creciente interés generado en los servicios ecosistémicos desde la ciencia natural, social como ambiental, se ha iniciado una planificación con el fin de aplicarlos en decisiones político-administrativas como de gestión ambiental (Troy & Wilson, 2006). Al asignar una valoración sociocultural se pueden identificar los distintos beneficios que se obtienen a partir de un ecosistema, sumado al valor que las personas les dan a los servicios ecosistémicos y de los mismos que habitan y comparten este espacio común que les provee (Cowling et al., 2008).

Es por esto, que se han comenzado a emplear distintos métodos para dar representación a estos recursos, con distintos enfoques, a diferentes escalas y con propósitos diversos. Valorar los servicios ecosistémicos requiere de una perspectiva amplia, integral y tolerante, comprender que el ecosistema no solo

se debe valorar del punto de vista extractivista (como recurso natural), sino también de un punto de vista cultural y social. Al darle un grado de distinción importante mediante la asignación de un valor a los servicios ecosistémicos como activos proveedores de servicios a la población, buscando asegurar que su contribución al bienestar sea registrada por indicadores económicos. La contabilización de los ecosistemas se puede ofrecer junto con información geográfica y datos socioeconómicos, como un parámetro de trabajo base a la hora de coleccionar y analizar datos que apoyen la evaluación en la producción y uso de sus servicios y recursos (Tamayo, 2014).

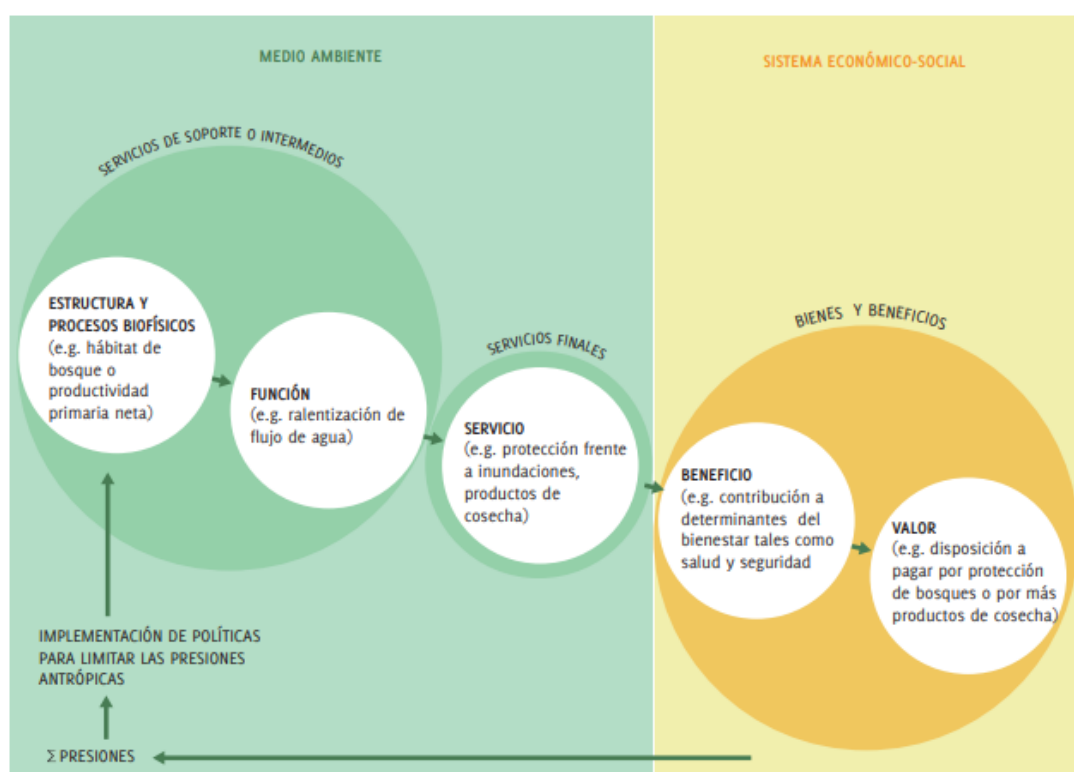


Figura 2. Marco conceptual: “La Cascada de los servicios ecosistémicos” propuesto por Haines-Young and Potschin (2012), definición y clasificación de servicios ecosistémicos para el Ministerio del Medio Ambiente (2014).

La biodiversidad es un medio directo de provisión de servicios ambientales esenciales para la vida humana. Javier Simonetti (2009) indica que *“la explotación de las materias primas ligadas a los ámbitos de la actividad forestal, agrícola, pesquera y pecuaria, hacen que la biodiversidad juegue un rol importante en la actividad productiva y en el desarrollo de un país, de ahí la necesidad de que exista una institucionalidad ambiental capaz de hacerse cargo directamente de estos temas”*, además destaca que el conocimiento de la biodiversidad es fundamental para compatibilizar su adecuada conservación y utilización racional.

La cuenca hidrográfica es la unidad territorial más apropiada para mantener la salud, funcionamiento y conservación de los ecosistemas, ya que funciona en un ciclo reiterativo en el cual cada componente cumple una función, donde destaca el de regulación y estabilidad (Likens, 2001). A lo largo del curso de agua, desde el origen en la cabecera de la cuenca hasta su drenaje en un nuevo cuerpo de agua, las variables físicas conforman una constante de cambio que provoca una serie de respuestas en los organismos constituyentes del sistema, que desencadena en un conjunto de cambios y ajustes bióticos y patrones consistentes de carga, transporte, uso y almacenamiento de materia orgánica (Vannote et al. ,1980).

Los ecosistemas de montaña son dinámicos en espacio y tiempo; las grandes perturbaciones bajo las cuales se pueden ver afectadas, tanto de manera natural como por efecto antrópico, tienen grandes repercusiones sobre los

bosques, determinando su composición, estructura y funciones (Drever et al., 2006) sumado a la alteración de los ciclos biogeoquímicos (Likens, 2001; MEA, 2005). Así, una de las principales virtudes que presentan las cuencas con predominio forestal es que se desarrollan principalmente en las cabeceras de las macrocuencas donde inician su camino los grandes ríos, abasteciendo de agua dulce al menos a la mitad de las comunidades humanas en el mundo (Price, 2005).

Aún no existe una comprensión en torno a la contribución cuantitativa de las regiones de montaña en los balances hídricos regionales, o de la influencia que tiene la cobertura vegetal o de manera más precisa, los bosques en comparación con otros tipos de uso en estos balances (Price, 2005; Vose et al., 2011), pero si es importante mencionar que los distintos estudios asociados y estrategias de manejo forestal pueden mitigar o exacerbar los efectos asociados al cambio climático (Laird et al., 2011). Todo esto, es posible bajo una mirada íntegra y un trabajo mancomunado de todos los actores sociales involucrados, en el cual se desarrolle un manejo adecuado con el fin de mantener la salud ecosistémica, bajo un enfoque interdisciplinario, que asocie conocimientos desde la ciencia, medioambiental y socioeconómico (Vose et al., 2011).

1.1.3. Clasificación de los Servicios Ecosistémicos (SE)

La Evaluación de Ecosistemas del Milenio (Sarukhán & Whyte, 2005) ha clasificado los servicios ecosistémicos en tres tipologías dependiendo del tipo

de beneficio que estas proporcionan a los seres humanos; servicios de provisión – todo lo que tomamos y explotamos -, servicios de regulación – los ciclos naturales que ayudan a mantener las condiciones adecuadas para todo ritmo de vida y/o procesos ecosistémicos – y servicios culturales – todo aquello que es menos tangible, pero que se asocia a espacios de recreación, cultura y conocimientos ancestrales. En la Tabla 1 se presenta la clasificación de SE propuesta por Haines-Young (2014).

Tabla 1. Clasificación de servicios ecosistémicos propuesta por Haines-Young and Potschin (2012), definición y clasificación de servicios ecosistémicos para el Ministerio del Medio Ambiente.

Sección	División	Grupo
Provisión	Nutrición	Biomasa Agua
	Materiales	Biomasa, Fibra Agua
	Energía	Energía de Biomasa Energía Mecánica
	Mediación de residuos, sustancias tóxicas y otras molestias	Mediación vía biota Mediación vía ecosistemas
Regulación y Mantenimiento	Mediación de flujos	Flujo de masa Flujos líquidos Flujos gaseosos/aire
	Mantenimiento de las condiciones físicas, químicas y biológicas	Mantenimiento de ciclo de la vida, hábitat y protección de material genético Control de plagas y enfermedades Composición y formación de suelo Condiciones del agua Regulación del clima y la composición atmosférica
Cultural	Interacciones físicas e intelectuales con los ecosistemas y paisajes terrestres/marinos (configuración ambiental)	Interacciones físicas y experienciales Interacciones intelectuales y de representación
	Interacciones de tipo espiritual, simbólica y otras con los ecosistemas y paisajes terrestres/marinos (configuración ambiental)	Espiritual o emblemáticos
		Otros productos culturales

2. HIPÓTESIS

Los servicios ecosistémicos producidos en las cabeceras de la cuenca hidrográfica del río Ñuble, son fundamentales para sostener formas de vida tradicionales a nivel local, actividades productivas y necesidades básicas de la población. Estos servicios dependen de las tendencias climáticas e hidrológicas, como también del uso de los ecosistemas andinos o de montaña.

3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

- a. ¿Cuáles son los ecosistemas de las cabeceras de la cuenca del río Ñuble que permiten la provisión de servicios ecosistémicos?
- b. ¿Qué características tienen estos servicios ecosistémicos?
- c. ¿Cuál es su distribución espacial?

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Identificar, caracterizar y mapear los servicios ecosistémicos (SE) presentes en el sistema de cabeceras de la cuenca hidrográfica del río Ñuble, región de Ñuble.

4.2 Objetivos específicos

- a. Caracterizar la cabecera de la cuenca del río Ñuble.
- b. Identificar y describir los SE presentes en la cabecera de la cuenca hidrográfica del río Ñuble.

c. Mapear los SE identificados.

5. METODOLOGÍA

En la Figura 3 se presenta el esquema metodológico general de la investigación.



Figura 3. Aproximación esquematizada para la identificación y caracterización de los SE presentes en la cabecera de la cuenca del río Ñuble, región de Ñuble.

5.1 Objetivo Específico Número 1. Caracterizar la cabecera de la cuenca del río Ñuble

- a. Revisión bibliográfica (documentos técnicos, tesis, publicaciones científicas, etc.)
- b. Análisis y preparación de coberturas digitales disponibles (IDE-Chile, CONAF, DGA, IGM, etc.)
- c. Ajuste coberturas a cabecera de cuenca del río Ñuble y delimitación de subcuencas.
- d. Identificación, descripción y cuantificación de variables relevantes (caudales, precipitaciones, temperaturas y coberturas de vegetación).
- e. Estimación variable *caudal* según subcuenca
- f. Uso de datos de estaciones fluviométricas – meteorológicas DGA): “Río Sauces antes Junta con Ñuble” – “Río Ñuble en la Punilla” – “Río Ñuble en San Fabián N°2”
- g. Uso datos CAMELS-CL, caracterización condiciones hidroclimáticas en zonas con mediciones escasas.
- h. Trasposición de caudales usando el principio de la similitud hidrológica o estimación del caudal disponible.

Criterios para el uso del método de trasposición:

- Que las cuencas tengan un clima similar (evapotranspiración y precipitación); que las cuencas tengan un uso de suelo similar o bien

de coberturas de vegetación y que las cuencas tengan una geomorfología y geología similar.

Para la obtención del caudal por subcuenca, se utilizó ecuación [1]:

$$\frac{Q_X}{A_X P_X} = \frac{Q_A}{A_A P_A} [1]$$

Donde = A: área de la cuenca aportante (km²); P: módulo de pluviometría, definido como la precipitación media anual (mm); Q: caudal aportante por cada área de interés (m³ s⁻¹)

- i. Elaboración de matriz de caracterización a nivel de subcuenca

5.2 Objetivo Específico Número 2.- Identificar y describir los SE presentes en las cabeceras de la cuenca hidrográfica del río Ñuble.

- a. Revisión bibliográfica (Haines-Young and Potschin, 2012).
- b. Análisis y preparación de coberturas digitales a nivel de subcuenca.
- c. Estimación de caudales con método de similitud hidrológica.
- d. Visita y corroboración de información en terreno.
- e. Elaboración de matriz de servicios ecosistémicos.

5.3 Objetivo Específico Número 3.- Mapear los SE identificados.

- a. Preparación y ajuste de coberturas digitales a nivel de subcuenca.
- b. Uso de herramientas SIG y geoprocenos (Qgis).
- c. Elaboración de mapas a escala de subcuenca hidrográfica.

6. RESULTADOS

6.1 Área de estudio

La cabecera de la cuenca del Río Ñuble es un territorio fronterizo emplazado en la precordillera de la región de Ñuble. La superficie que comprende se encuentra georreferenciada al norte con latitud 36°56' longitud 71°9' (y que sirve como deslinde con la región del Maule en la ribera sur del río Perquillauquén), al oeste con latitud 36°39' longitud 71°23' (puente Las veguillas, sector La Junta), al sur con latitud 36°37' longitud 71°22' (nacimiento del río Ñuble) y al este limitando con el país vecino Argentina.

Se trata de un extenso y angosto territorio montañoso que comprende un área de 143.750 hectáreas, la cual representa el 30,1% del total de la cuenca del río Ñuble donde se distribuyen un total 177 viviendas concentrándose principalmente en las riberas del río Ñuble y del río Los Sauce, sector de confluencia de sus aguas (FIC, 2023; Figura XX). El territorio es conformado por una parte que corresponde a la comuna de Coihueco (río Santa Gertrudis, río Gato y río Las Minas) con el 18,1% del total del área y de la comuna de San Fabián de Alico (río Los Sauces, río La Zorra, río González y río Las truchas) con el 56,5% del total.

El nacimiento del río Ñuble, con una altitud de 2017 m.s.n.m., es la divisoria de las aguas que sirve de límite internacional, adyacente al paso fronterizo Buraleo y al oriente del complejo volcánico Nevados de Chillán. El curso del río Ñuble, cubierto hasta el puente las Veguillas, presenta una pendiente

media de 2,48% en el total de sus 56 kilómetros de recorrido hasta el punto antes definido, entregando un caudal medio anual registrado en la estación fluviométrica “Río Ñuble en Punilla 2” de $56,2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (DGA, 2023).

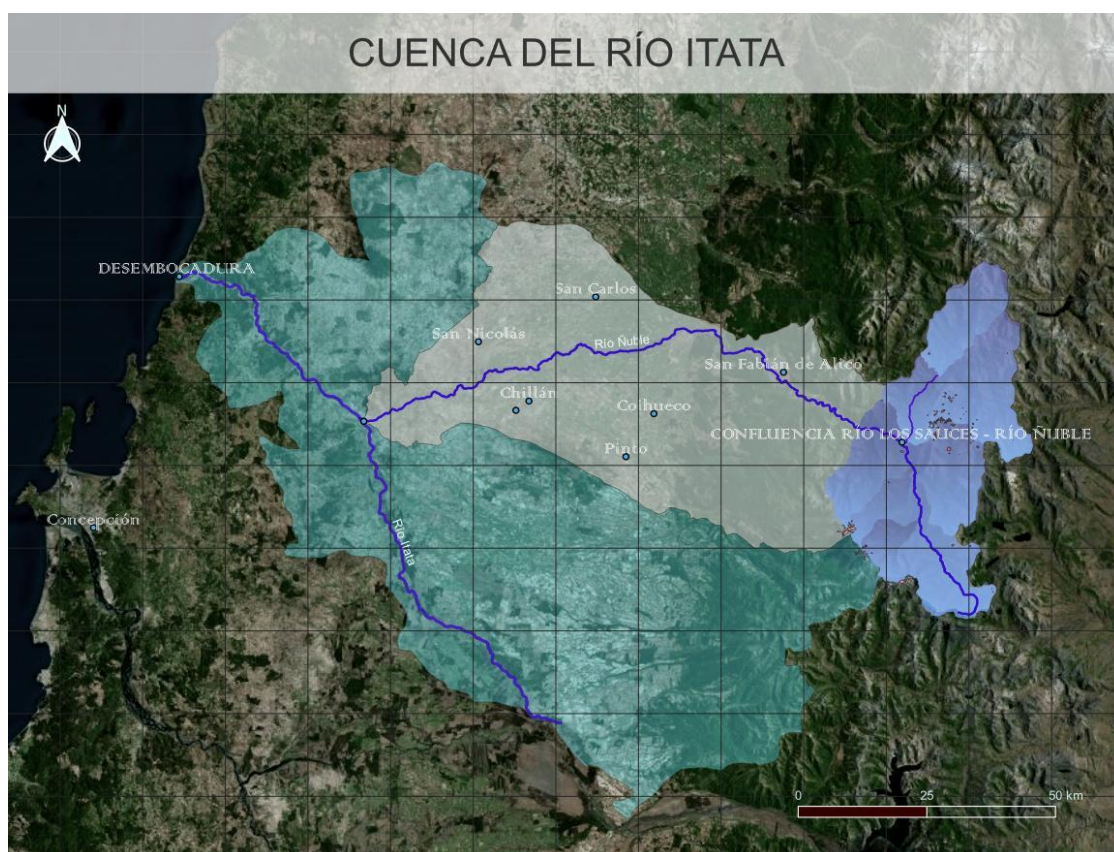


Figura 4. Área de estudio correspondiente a la cuenca del Río Itata, región de Ñuble. Fuente: “Elaboración propia”

Las actividades económicas que se desarrollan en el espacio definido y bajo la presencia de valles fluviales cubiertos de praderas corresponden a la ganadería, orientado a la crianza de animal vacuno, ovino y caprino con una tendencia al mercado local, donde su comercialización se produce principalmente a la época estival; agricultura campesina de subsistencia con presencia de pequeñas chacras, donde se cultivan hortalizas como lechugas, zanahorias y cebollas, como de pequeños cultivos forrajeros; cultivos forestales exóticos en menor medida; manejo extensivo de bosques naturales, lo que da paso a la generación de productos forestales no madereros (PFNM) sumado al turismo ligado a la naturaleza, actividades deportivas recreativas y turismo rural ligado a esta unidad territorial cordillerana (PLADECO San Fabián de Alico, 2016).

Es considerado, de igual manera, un foco de desarrollo de proyectos de generación de energía, acumulación de aguas, riego y viales, los cuales han generado muchos conflictos entre los habitantes del territorio y grupos con intereses involucrados en el desarrollo de los proyectos en cuestión (CONAF, 2011).

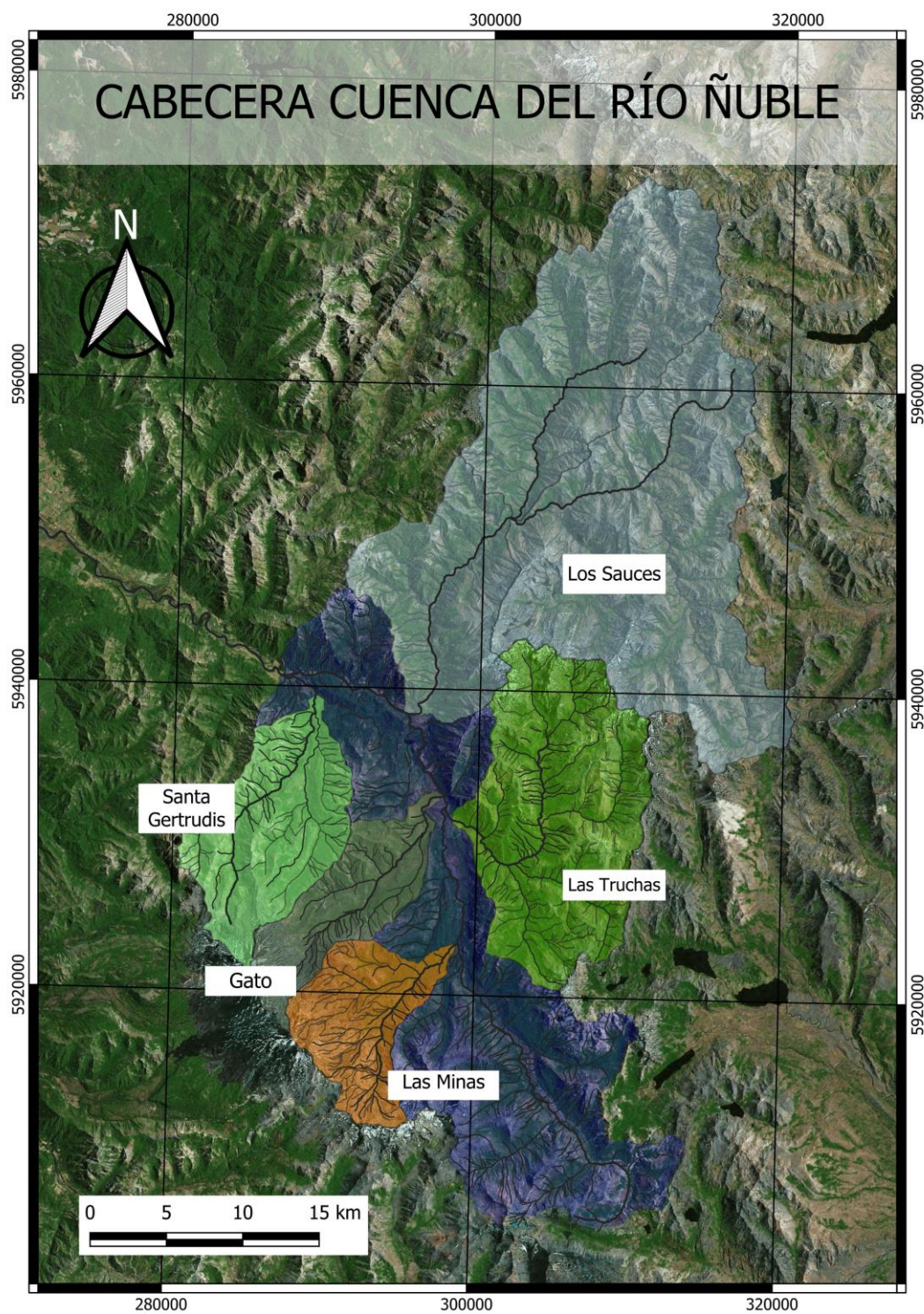


Figura 5. Área de estudio correspondiente a la Cabecera de la Cuenca del río Ñuble, región de Ñuble. Fuente: "Elaboración propia"

La zona destaca por su alta biodiversidad y ser un área de transición biogeográfica, punto donde confluyen ecosistemas de la ecorregión del bosque esclerófilo de la zona central y del bosque templado austral; estas zonas presentan un alto porcentaje de fragmentación ambiental, principalmente por las distintas actividades económicas desarrolladas, antes mencionadas. Además, forma parte de la Reserva de Biósfera “Corredor Biológico Nevados de Chillán-Laguna del Laja” y en la zonificación de la Reserva es considerada como “Zona de Amortiguación”. El territorio posee un carácter fronterizo, lo que ha favorecido el desarrollo de una cultura arriera trashumante.

El Arriero, personaje del entorno rural con un estilo de vida errante manifestada bajo un contexto de adaptación y ocupación histórica del territorio precordillerano, evidencia una experiencia histórica de sobrevivencia. Portadores de un fuerte legado cultural y de libertad en su accionar, poseen un estilo de vida que gira en torno a un complejo sistema de conocimientos en base a la ganadería, entorno geográfico con sus rutas y senderos definidos y una historia y creencias que perduran con el paso del tiempo en la memoria colectiva de sus integrantes.

6.2 Caracterización de la cabecera de la cuenca del río Ñuble

6.2.1 Hidrografía

La cabecera de la Cuenca del río Ñuble comprende un área de 143.750 hectáreas, la cual representa el 30,1% del total de la cuenca del río Ñuble, principal afluente del río Itata (Figura 6). A su vez, el río Ñuble, nace al pie del paso cordillerano Buraleo, sector oriente de los Nevados de Chillán (Sandoval, 2015) con una altura aproximada de 2017 m.s.n.m.

El río Ñuble, de régimen nivo-pluvial, recoge las aguas de escurrimiento de las laderas este y norte de los Nevados de Chillán y de las vertientes meridionales de los Nevados de Longaví (Acuña et al). En épocas más húmedas, los mayores caudales se presentan entre mayo y junio, debido a las precipitaciones; entre octubre y noviembre, aumentan por el derretimiento de las nieves. En años secos, los caudales por lluvias disminuyen, destacando el aporte de aguas por el derretimiento de la nieve (Sandoval, 2015).

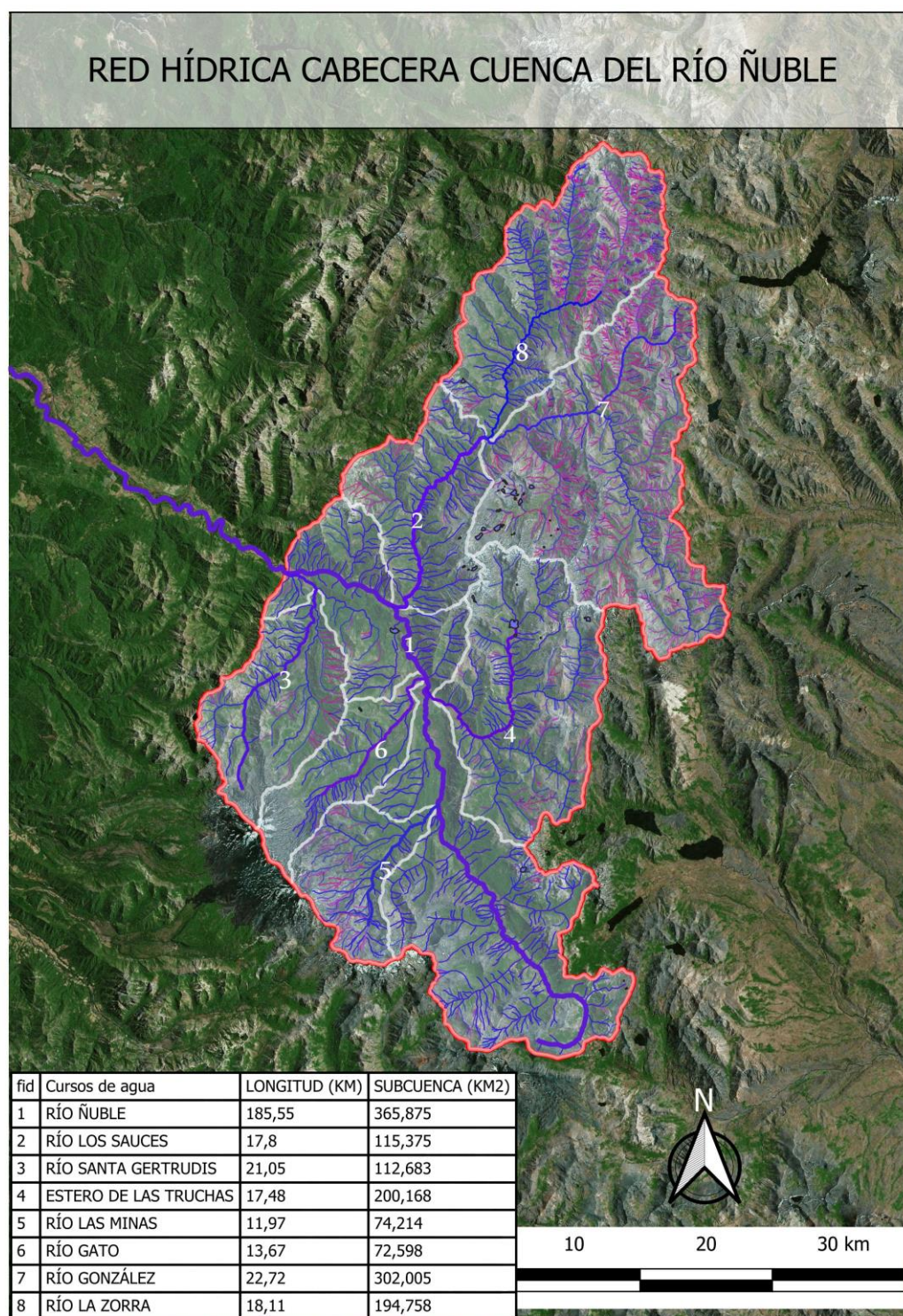


Figura 6. Red hídrica Cabecera de la Cuenca del río Ñuble, región de Ñuble.
Fuente: “Elaboración propia”

La red hídrica está integrada por la subcuenca del río Los Sauces (en la cual drenan a su cauce las aguas del río González y río La Zorra, como afluentes principales), subcuencas del río Las Minas, del río Gato, Estero de Las Truchas y río Santa Gertrudis. A lo largo del río Ñuble, las variables físicas que lo caracterizan presentan un gradiente de cambio que provoca una serie de respuestas en los organismos constituyentes del sistema, que concluye en un sinnúmero de ajustes bióticos y patrones consistentes de carga, transporte, utilización y almacenamiento de materia orgánica, como también en la calidad de sus aguas y de sus principales tributarios (Vannote et al., 1980).

De manera relevante, hay que señalar que en la zona alta de la cuenca se garantiza la captación inicial de las aguas y el suministro de estas en las zonas bajas durante toda época (Vannote et al., 1980), para una gran diversidad de usos, incluyendo consumo humano, bebida de animales nativos e introducidos, generación de energía y riego agrícola.

6.2.2. Distritos agroclimáticos

Un distrito agroclimático es un territorio climáticamente uniforme con un potencial productivo y de riesgo agroclimático similar frente a las distintas especies cultivadas.

Tabla 2. Distritos agroclimáticos en la cabecera del río Ñuble. Fuente: Atlas Agroclimático de Chile – Tomo IV – Regiones del Biobío (Ñuble) y La Araucanía, 2017.

Nombre	Superficie (ha)	Características climáticas	Altitud media (msnm)	PP anual (mm)	ET anual (mm)	T° máx. promedio mensual (°C)	T° mín. promedio mensual (°C)
Laguna del Maule	19217,7	Tundra (ET)	2542	2355,9	1392,2	14,1 (enero)	-4,6 (julio)
Lonquimay	73641,8	Templado frío con régimen de humedad húmedo con tendencia mediterránea (Cfcfs)	1626	2469,9	1288,2	19,7 (enero)	-1,1 (julio)
Antuco	3786,7	Templado cálido mesotermal con régimen de humedad subhúmedo húmedo (Csb1Shh)	867	1884	1347	26,8 (enero)	3,8 (julio)
Malalcahuello	46144,8	Templado cálido mesotermal con régimen de humedad subhúmedo húmedo (Csb1Shh)	1328	2333,2	1397,4	23,1 (enero)	0,9 (julio)

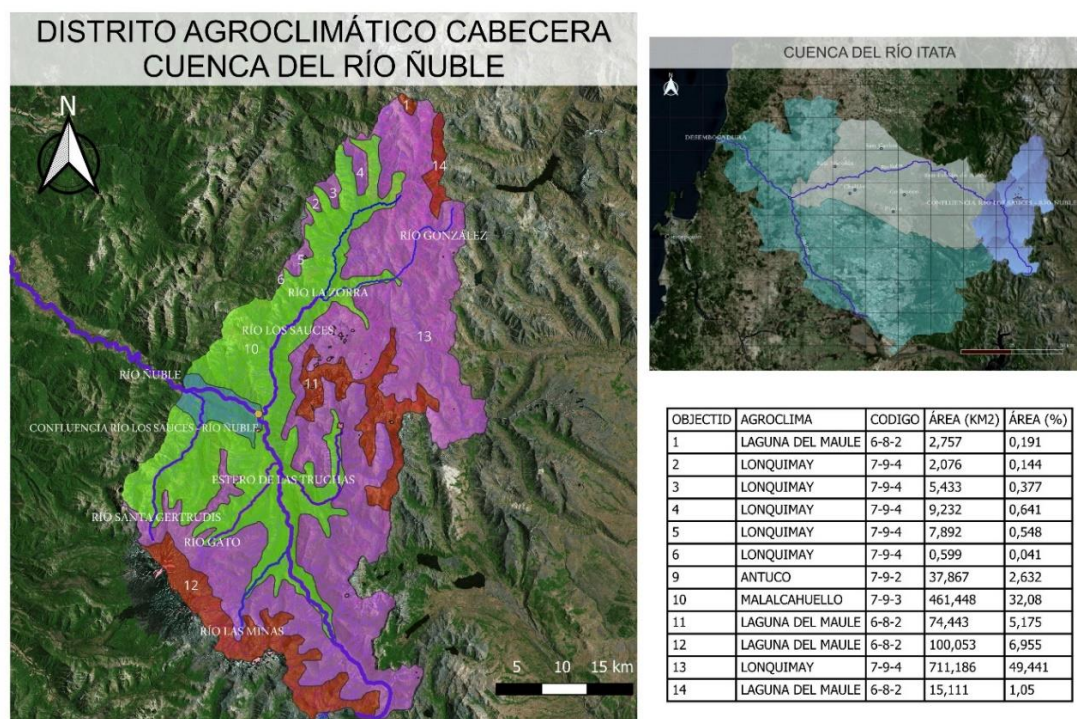


Figura 7. Distrito Agroclimático correspondiente a la Cabecera de la Cuenca del Río Ñuble, región de Ñuble. Fuente: “Elaboración propia”.

6.2.3 Coberturas vegetales y uso del suelo

El tipo de uso de suelo repercute directamente en el régimen hídrico y en la calidad del agua río abajo, sumado a otras condiciones como lo son la dimensión de la cuenca, características del suelo, topografía, geología, entre otros (Bosh y Hewlett, 1982; Calder, 1998). Los bosques, tanto en su expresión natural como forestal y como estos sean manejados, llegan a proveer diversos productos forestales, forestales no madereros sumado a ser una fuente de energía. También, es importante destacar los servicios de regulación que entrega a la región, los cuales llegan a ser a nivel de regulación de caudales, mejoramiento de la calidad de agua, protección de suelos, conservación de

biodiversidad y paisaje lo que desencadena en servicios culturales por la preservación de una identidad cultural como de comunidades históricas manifestadas y preservadas por medio del turismo (Likens y Bormann, 1995; Gayoso e Iroume, 1995; Franklin et al., 2002). En la Tabla 3 se presentan las coberturas de vegetación en la cabecera de río Ñuble.

Tabla 3. Coberturas vegetales correspondientes a la cabecera de Cuenca del río Ñuble.

Tipo	Superficie (ha)	%	Uso o función asociada
Bosque Nativo	17843	12,51	Recolección de PFM, y bienes como leña y madera
Renoval Bosque Nativo	34698	24,36	Bosque en estado juvenil proveniente de regeneración natural constituido por especies arbóreas nativas
Bosque Mixto	2	0,001	Zona de clima templado y de transición entre bosque templado caducifolio y de coníferas
Estepa Andina	21103	14,81	Destaca por la alta cantidad de minerales y baja cantidad de materia orgánica
Matorral	11929	8,37	Praderas abiertas
Nieves	9083	6,38	Aporte de agua en forma de deshielo

Continuación tabla anterior

Tipo	Superficie (ha)	%	Uso o función asociada
Cuerpos de Agua	1106	0,78	Lagos o lagunas, ríos o cajas de ríos
Sin Vegetación	45777	32,14	Afloramientos rocosos o derrumbes sin vegetación
Monocultivo Forestal	7	0,005	Plantación joven o recién cosechada, principalmente ejercida por Forestal Arauco mediante plantación de Pinos
Uso Agropecuario	862	0,61	Rotación cultivo pradera o praderas perennes
Terreno Húmedo	34	0,03	Vegas; seguridad hídrica mediante almacenamiento y calidad del recurso

6.2.4 Ecosistemas**a.- Matorral bajo templado andino (*Discaria chacaye* y *Berberis empetrifolia*)**

Distribuida en las partes altas de la cordillera de los Andes, destacando en las regiones de Ñuble, del Biobío y de La Araucanía, entre los 1600 y 2300 m como afloramiento en zonas rocosas, áreas sobre el límite de la vegetación, corridas de lava y escoriales y nieves. Este tipo de piso vegetativo se manifiesta principalmente por plantas en cojín, las cuales actúan como nodrizas para la colonización de otras especies, con un incremento progresivo

de la riqueza específica. Con el paso del tiempo, la presión ejercida por el pastoreo produce un aumento de la importancia de la forma de vida arbustiva por sobre las gramíneas (planta herbácea de desarrollo anual o perenne muy común que presenta una estructura floral en espiguillas; se obtienen de manera directa granos o aceites o de manera indirecta, como forraje de animales).

Matorral bajo de alta diversidad dominado por arbustos espinosos *Discaria chacaye* y *Berberis empetrifolia*. Las comunidades zonales que se forman en torno a estos ecosistemas destacan la vegetación psamófila interior que corresponde a arenales dominado por *Chusquea coleou* (quila) como de Matorrales caducifolios dominados por *Nothofagus antártica* (Ñirre) encontrándose en suelos anegados turbosos o cercano a cursos de agua.

Discaria chacaye (G. Don) Tortosa o comúnmente llamado “Chacay o espinillo blanco”, es un Arbusto espinoso Perenne Endémico nacional de hasta 3 m de alto por 2 m de diámetro. Se utiliza para contener las riberas de los cursos de agua como de laderas húmedas, también, se ha utilizado como cerco vivo por el desarrollo espinoso; especie de alto valor ecológico al ser un destacado fijador de nitrógeno atmosférico (atributo es esencial para la restauración de suelos degradados), el cual brinda un efecto fertilizante en el suelo donde crece, estableciendo de este modo comunidades vegetativas en su entorno (Chaia, 2013). Sumado a lo antes mencionado, sus hojas, al ser de un alto valor nutricional, forman parte de la dieta de una gran diversidad de herbívoros.

También, presenta un alto valor social y cultural para comunidades rurales, principalmente por apicultores (“miel de chacay”) como también al ser una de las especies más utilizadas a la hora de utilizarla como calefacción (Medina, 2019).



Figura 8. Área con presencia de matorrales bajo templado andino (*Discaria chacaye* y *Barberis empetrifolia*) correspondiente a la cabecera de la Cuenca del Río Ñuble, región de Ñuble. Fuente: “Elaboración propia”.

b.- Bosque caducifolio templado andino de *Nothofagus pumilio* y *Azara alpina*

En las comunidades zonales que se forman en torno a estos ecosistemas destacan la vegetación psamófila interior correspondiente a arenales dominado por *Chusquea coleou* (quila) como de matorrales caducifolios dominados por *Nothofagus antártica* que se encuentra principalmente sobre sustrato rocoso más árido que la vegetación zonal (reporte directo al área de las Termas de Chillán) tanto en bosques caducifolios como matorrales bajos sumando de igual forma bosques y matorrales siempreverdes y turberas del sur de Chile.

Nothofagus pumilio o “lenga” es un árbol monoico, caducifolio de hasta 30 metros de altura que se caracteriza por su porte arbustivo achaparrado en zonas altas y lugares expuestos al viento. Tradicionalmente, la explotación de Lenga ha sido para la industria maderera, destinada a la producción de madera dimensionada y elaborada, como también de tipo estructural; otros usos que se le ha dado destacan la leña, tacos y postes (Uriarte y Grosse, 1991) como el de envases y mueblería por sus atributos estéticos (Rodríguez, 1969). En medicina, las hojas se emplean como febrífugos y como acción repelente.

Azara alpina o comúnmente reconocida como “lilén de cordillera” es un arbusto siempreverde de hasta 5 metros de alto de ramas erectas y hojosas.



Figura 9. Ecosistema terrestre bosque caducifolio mediterráneo andino (*Nothofagus pumilio* y *Azara alpina*) correspondiente a hojas de lenga. Fuente: Ñuble Naturaleza.

c.- Bosque caducifolio mediterráneo-templado andino de *Nothofagus alpina* y *Nothofagus obliqua*

Distribuido en laderas occidentales de la cordillera de Los Andes entre la región de Ñuble y del Biobío, entre los 800-1200 metros. Las especies dominantes de este ecosistema no presentan una regeneración continua, manteniéndose bajo ausencia de perturbaciones, un dosel superior coetáneo. La ocurrencia de perturbaciones de gran escala promueve el desarrollo de individuos de ambas especies, entregando una clara estratificación etaria, formando cohortes coetáneas. La presencia combinada de elementos esclerófilos y laurifolios es consecuencia de una variación de mediano plazo en los montos de precipitación estival, propia de la transición mediterránea-templada, que favorecen diferencialmente la expansión de las poblaciones de unos u otros elementos controlados por la exposición.

Nothofagus alpina o comúnmente llamado “raulí” es un árbol de follaje deciduo, frondoso de ramas nuevas y rojizas, el cual alcanza una altura de hasta 40 metros. Destaca principalmente en planes de reforestación por su rápido crecimiento y por la excelente calidad de su madera como por su capacidad adaptativa a bajas temperaturas y resistencia al viento; tiene un valor ornamental considerable por la belleza de su forma, colorido otoñal (rojo) y por el tamaño y nervatura simétrica de sus hojas.

Nothofagus obliqua o “roble” es un árbol de hojas que caen en otoño, frondoso y con ramas gruesas, ligeramente perpendicular al tronco, el cual alcanza una

altura de hasta 40 metros con un diámetro de hasta 2 metros de su tronco. Según la edad del ejemplar, la calidad de su madera presenta diferencias, distinguiendo a individuos juveniles como “hualle” o adultos como “pellín”. En la temporada primaveral, aparece en sus ramas un hongo de cuerpo esférico y distintivo color amarillo-anaranjado llamado “digüeñe”, muy apetecido en la zona.



Figura 10. Área con presencia de bosque caducifolio mediterráneo - templado andino (*Nothofagus alpina* y *Nothofagus obliqua*) correspondiente a la cabecera de la Cuenca del Río Ñuble, región de Ñuble. Fuente: “Elaboración propia”.

d.- Bosque caducifolio mediterráneo-templado andino de *Nothofagus pumilio* y *Nothofagus obliqua*

Distribuida en laderas occidentales de la cordillera de Los Andes entre la región de Ñuble y del Biobío, entre los 1000-1600 metros. El estrato herbáceo está compuesto principalmente por *Adenocaulon chilense* (comúnmente llamada “pegajosa”), *prenanthoides* (comúnmente llamada “estrella de los andes”) y *valeriana laxiflora*.

Ecosistema sobre el cual se tiene muy poca información. Bajo situaciones de intervención y manejo del hombre estas áreas han sido reemplazadas por praderas permanentes dominadas por *Euphorbia portulacoides* (comúnmente llamada “pichoa”) y *Rumex acetosella* (comúnmente llamada “lengua de pájaro”), las que posteriormente son colonizadas por matorrales de *Chusquea culeou* (“quila”) como de *Azara alpina* (“lilen de la cordillera”), en las partes bajas existen registros de *Nothofagus dombeyi* (“coihue”) sumado a la presencia de *Nothofagus antártica* (“ñirre”).

Los bosques siempreverdes que se distribuyen en estos ecosistemas corresponden a *Nothofagus dombeyi* (“coihue”) ubicados principalmente en fondos de quebradas en situaciones de compensación hídrica sumado a matorrales arborescentes caducifolios destacando la presencia de *Nothofagus antártica* (“ñirre”) desarrollándose en zonas con sustratos rocosos más áridos que la vegetación zonal.

Nothofagus pumilio o “lenga” es un árbol monoico, caducifolio de hasta 30 metros de altura que se caracteriza por su porte arbustivo achaparrado en zonas altas y lugares expuestos al viento.



Figura 11. Área con presencia de bosque caducifolio mediterráneo - templado andino (*Nothofagus pumilio* y *Nothofagus obliqua*) correspondiente a la cabecera de la Cuenca del Río Ñuble, región de Ñuble. Fuente: “Elaboración propia”.

e.- Bosque caducifolio mediterráneo andino de *Nothofagus obliqua* y *Austrocedrus chilensis*

Distribuido en laderas medias occidentales de la cordillera de Los Andes entre la región de O'Higgins y norte del Biobío, entre los 700-1950 metros. Destaca la presencia de *Austrocedrus chilensis* o "ciprés de la cordillera. Bajo intervención antrópica, principalmente por la extracción de madera y fuego, se generan espacios que favorecen el desarrollo de otras especies herbáceas de origen esclerófilo por sobre colonias originales de bosques caducifolios.

Las comunidades corresponden a bosques caducifolios, dominado por *Nothofagus obliqua* ("roble") con presencia de *Austrocedrus chilensis* ("ciprés de la cordillera"), y especies esclerófilas como la *Quillaja saponaria* ("quillay") y *Lithraea caustica* ("litre") distribuidas dentro del mismo bosque caducifolio. A lo antes descrito, existe un número destacado de especies de *Nothofagus glauca* ("hualo").

El ciprés de la cordillera es un árbol siempre verde, con copa piramidal compacta que alcanza una altura de hasta 25 metros con un tronco que puede llegar a medir 2 metros de diámetro. Es considerada por ser una de las 9 especies de coníferas nativas de Chile, con presencia de individuos de hasta 1800 años, y destaca por su lento crecimiento y buena regeneración.



Figura 12. Ecosistema terrestre bosque caducifolio mediterráneo andino (*Nothofagus obliqua* y *Austrocedrus chilensis*). Fuente: SIMBIO, Ministerio del Medio Ambiente.

f.- Ecosistemas lacustres

Una de las características destacadas de la alta cordillera andina es la presencia de numerosas lagunas, elementos constitutivos de los diferentes paisajes montañosos y participe de la conformación sociocultural de los diferentes grupos humanos que han habitado estos espacios (Antonio Flores y Katherine Ríos, 1998). En la cabecera de la cuenca, se identificaron dos tipos de lagunas, uno de origen glaciar y otro en forma de humedales.

Los cuerpos de agua de origen glaciar se encuentran en una depresión como resultado del desgaste y la erosión de los glaciares con el paso del tiempo; cuando los periodos fríos terminan, el hielo se retira y el lugar pasa a quedar cubierto por el agua del hielo derretido como por el agua lluvia.

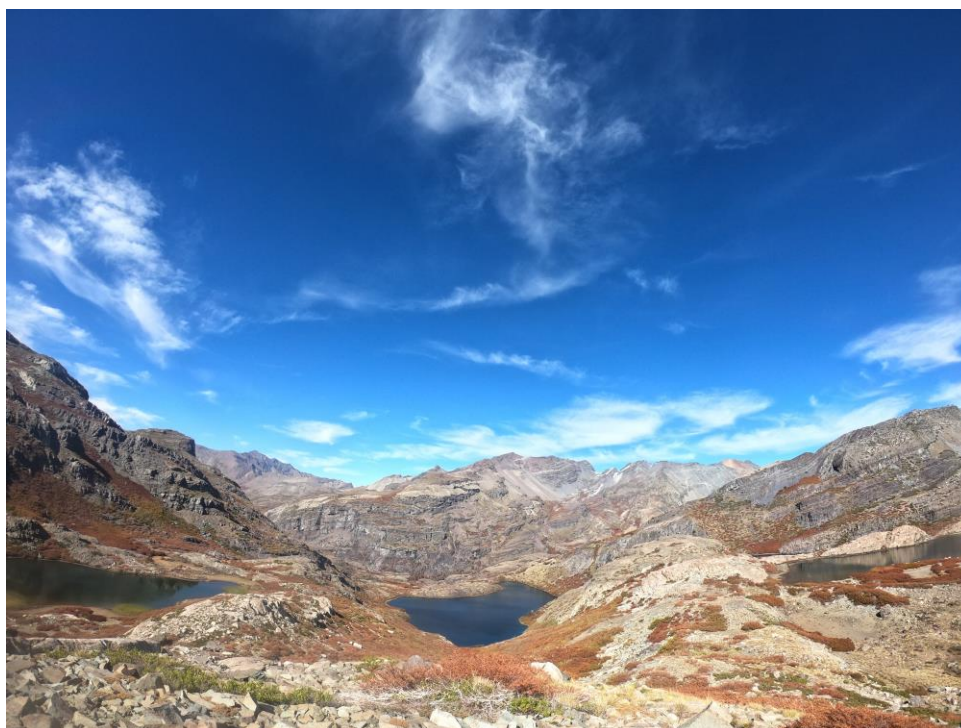


Figura 13. Sector “Las Marmitas”. Fuente: “Elaboración propia”

Los humedales o vegas son ecosistemas que se rigen por el agua como factor condicionante del medio, son focos de biodiversidad y hábitats para importantes recursos biológicos (Cortés et al., 1995; Tabilo, 2006; Jorge Cepeda-Pizarro y Marta Pola, 2013) sumado a su condición de reservorios de agua y de recursos forrajeros en un ambiente escaso de ellos.



Figura 14. Sector “Las Marmitas”, zona de acumulación de nieve y antiguos glaciaretos y cuerpos lacustres, destacando cuerpo de agua en forma de humedal. Fuente: “Registro fotográfico programas FIC”.

g.- Glaciares

Según el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2001), un glaciar se define como: “masa de hielo terrestre que fluye pendiente abajo (por deformación de su estructura interna y por el deslizamiento en su base), encerrado por los elementos topográficos que lo rodean, como las laderas de un valle o las cumbres adyacentes; la topografía del lecho de roca es el factor que ejerce mayor influencia en la dinámica de un glaciar y en la pendiente de su superficie. Un glaciar subsiste merced a la acumulación de nieve a gran altura, que se compensa con la fusión del hielo a baja altura o la descarga en el mar”. Un glaciar es una reserva de agua en estado sólido y un indicador de cambio climático.

En la cabecera del río Ñuble han sido descritos “*glaciaretes*” o pequeñas masas de hielo, las cuales se encuentran en algunas subcuencas del área de estudio. Sin embargo, en terreno se comprobó que estas masas de hielo han disminuido considerablemente su tamaño y en su lugar hay pequeñas lagunas de altura, entre formaciones rocosas escarpadas. La Dirección General de Aguas (DGA) bajo el Inventario de Glaciares (IPG, 2022), registró un total de 17 glaciaretes en el sector oriente al río Ñuble (correspondiente a la comuna de San Fabián de Alico) ubicados principalmente en la subcuenca del río “Las Truchas” con un área que alcanza las 10,67 ha; a su vez, en el sector occidente al río Ñuble (correspondiente a la comuna de Coihueco) de registró un total de

13 glaciaretos, distribuidos en la parte alta de cada subcuenca con un área total de 67,3 ha.

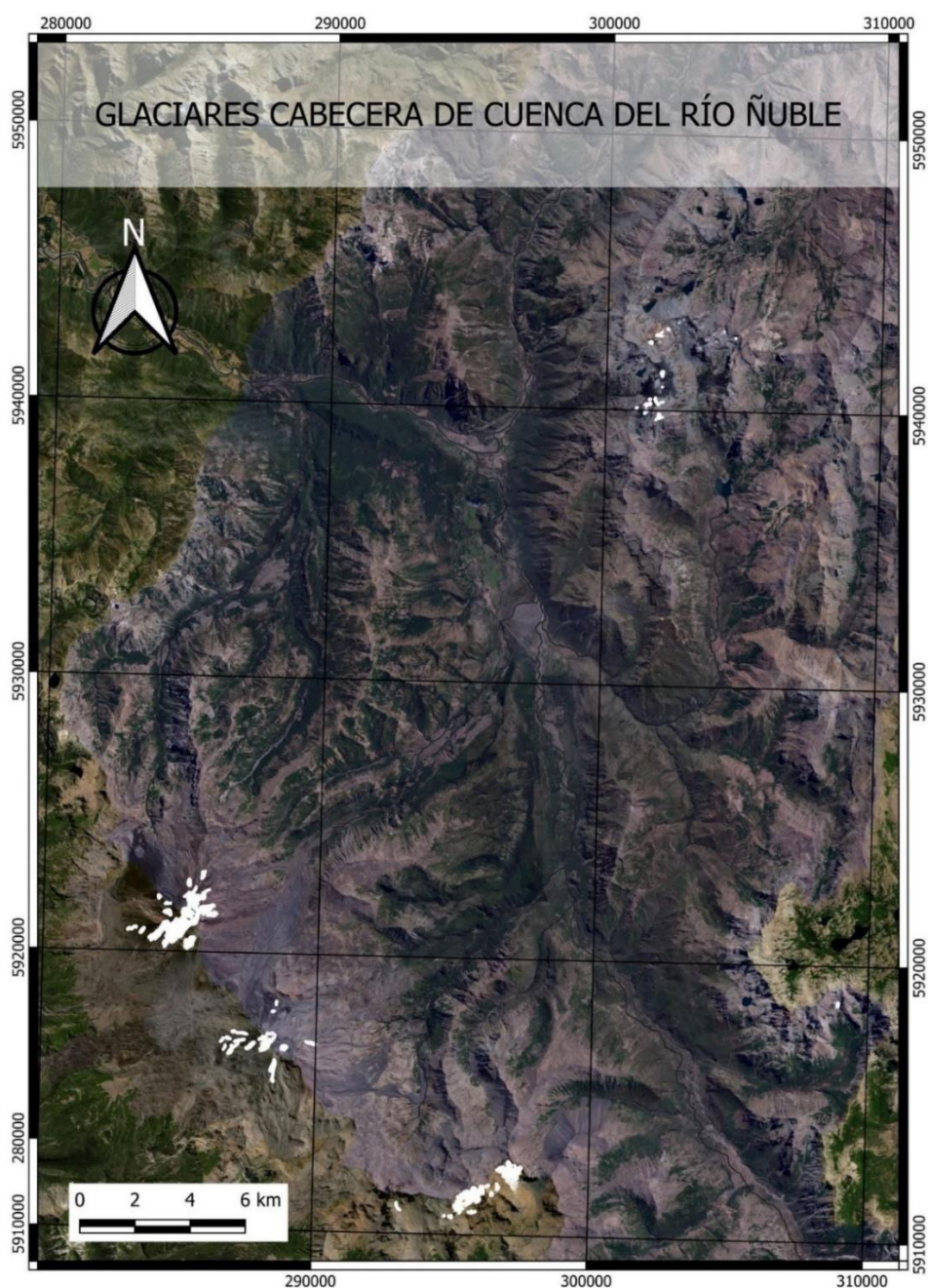


Figura 15. Distribución de glaciaretos en la Cabecera de Cuenca del Río Ñuble bajo Inventario Público de Glaciares (IPG) bajo registro de la DGA. Fuente: "Elaboración propia".

6.2.5 Tendencias climáticas e hidrológicas

La Figura 16 presenta la tendencia de las precipitaciones en la subcuenca del río Los Sauces, entre los años 1979 y 2019. La Figura 17 el comportamiento de la temperatura mínima y máxima entre los años 1979 y 2019. La Figura 18 el caudal promedio mensual entre 1985 y 2018. Por último, la Figura 19 presenta la variación de la cobertura nival (%) entre los años 2022 y 2023.

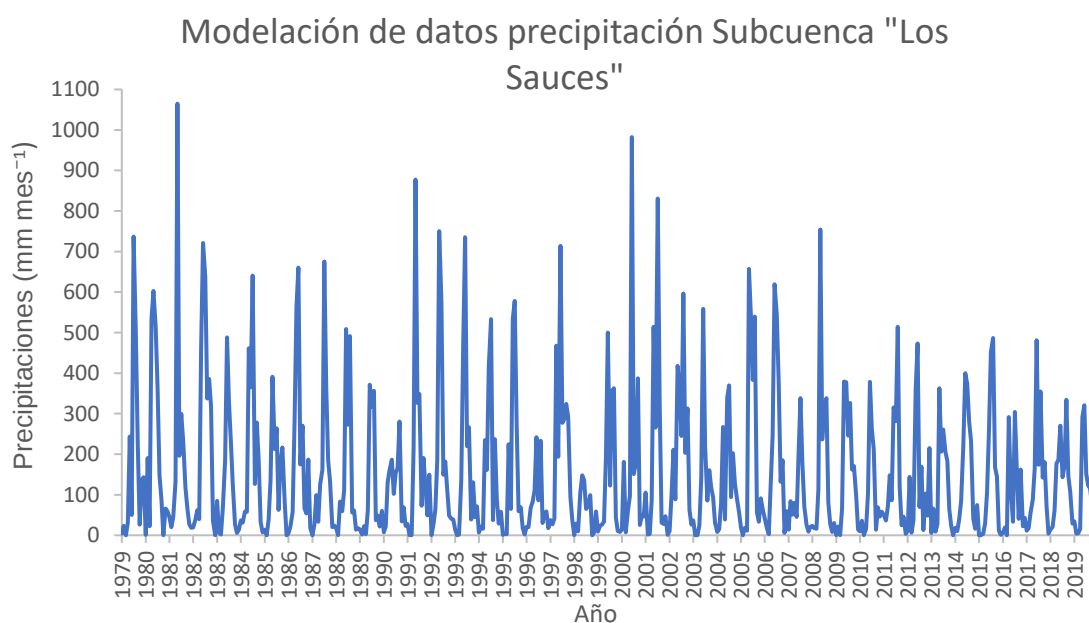


Figura 16. Precipitaciones mensuales (mm) modelada para la subcuenca “Los Sauces” a partir del registro obtenido de la estación fluviométrica-meteorológica “Río Los Sauces antes Junta con Nuble” en el periodo 01/1979-12/2019.

Modelación de datos temperatura Subcuenca "Los Sauces"

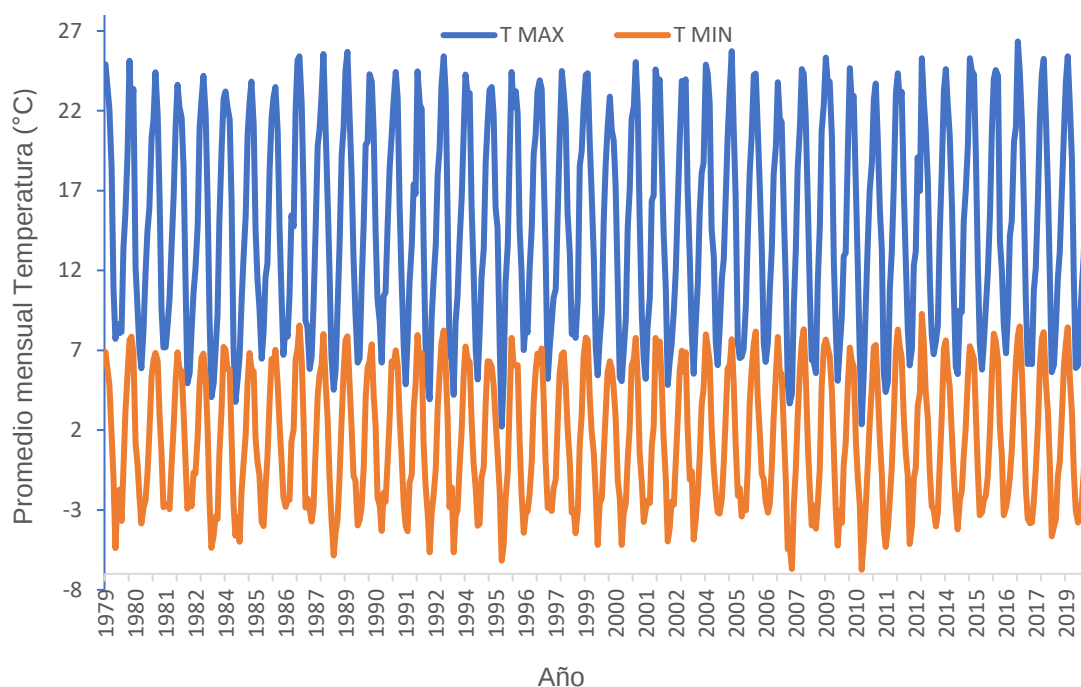


Figura 17. Temperatura promedio mensual (°C) modelada a la subcuenca "Los Sauces" a partir del registro obtenido de la estación pluviométrica-meteorológica "Río Los Sauces antes Junta con Nuble" en el periodo 01/1979-12/2019.

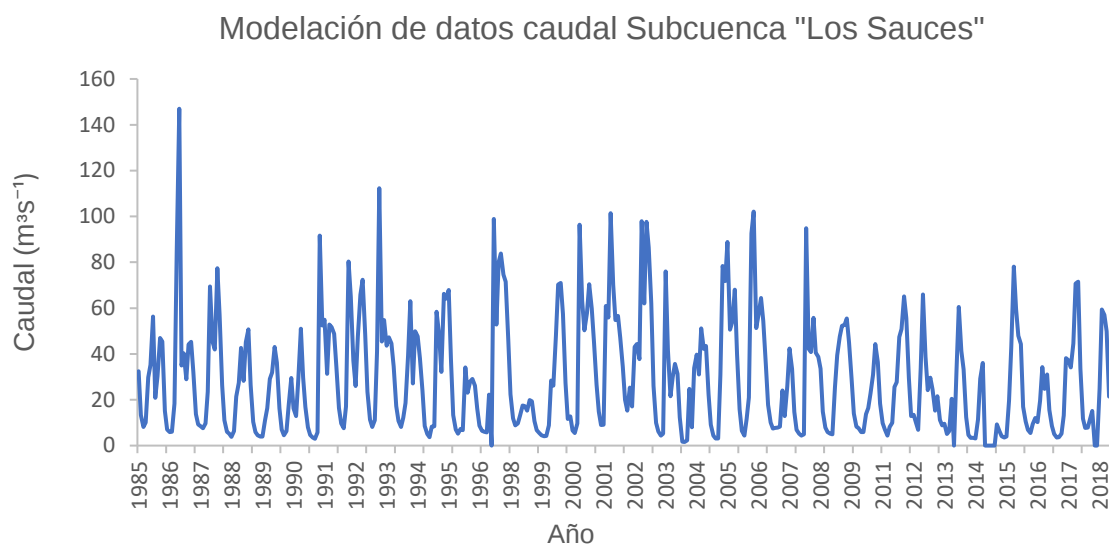


Figura 18. Caudal promedio mensual (m^3s^{-1}) modelada a la subcuenca “Los Sauces” a partir del registro obtenido de la estación fluviométrica-meteorológica “Río Los Sauces antes Junta con Ñuble” en el periodo 01/1985-12/2018.

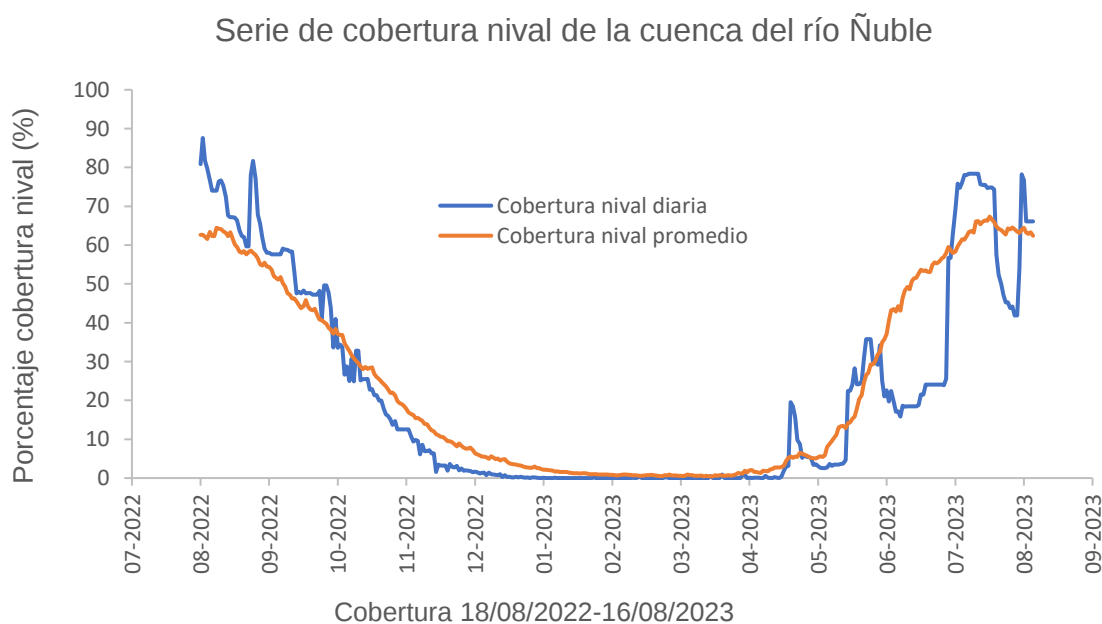


Figura 19. Superficie cobertura nival promedio (%) periodo 2000-2023 v/s Superficie cobertura nival diaria 2022-2023; periodo comparado a fecha 17/08/2022-16/08/2023. Dato correspondiente a la cuenca del río Ñuble obtenido a través del “Observatorio de Nieve en los Andes cubriendo Argentina y Chile”, bajo imágenes satelitales MODIS de 500 m de resolución espacial obtenidas del sitio NSIDC.

Sobre la base de datos CAMELS-CL (Catchment Attributes and Meteorology for Large Sample Studies, Chile Dataset), se realiza una aproximación del comportamiento de las variables climáticas (temperatura y precipitación) de la subcuenca de interés antes mencionada en torno a información física e hidrometeorológica del área (configurados bajo el tipo de cobertura vegetal y altura que la conforma). Esta información es relevante a la hora de ver cómo evoluciona el clima local y como esto repercute en los procesos hidrológicos y comportamiento del territorio como de quienes lo componen.

A partir de los datos CAMELS-CL es posible observar lo siguiente:

Un aumento de la temperatura máxima promedio en un 1,1% en la última década (de 14,9 °C a 15,2°C) y la mínima, en promedio, presentó un aumento de un 6,4% en la última década (de 1,4°C a 1,5°C). En los meses fríos (mayo-agosto) la temperatura máxima promedio aumento en un 2,2% (de 7,7 °C a 7,9 °C), a su vez, la mínima promedio disminuyó en un 1,9% (de -2,76 °C a -2,82 °C).

Las precipitaciones presentaron una disminución en un 17,3% en la última década, respecto al histórico registrado (de 154,25 mm a 127,54 mm).

El caudal presentó una disminución de un 19% en la última década respecto al histórico promedio mensual (de 29,9 m³ s⁻¹ a 24,2 m³s⁻¹). En la temporada de deshielo (septiembre-marzo), se aprecia una disminución del caudal

promedio mensual, de un 8,1% (de $27,45 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ a $25,22 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) respecto al histórico.

A su vez, la cobertura nival presentó una disminución a un 78% respecto al histórico antes descrito, comparado a lo observado el último año (17/08/2022 a 16/08/2023), valor que representa pasar de $277,6 \text{ km}^2$ a 217 km^2 de cobertura de nieve en la cabecera de la cuenca del río Ñuble.

6.2.6 Demanda, uso y calidad de los recursos hídricos de la cabecera de la cuenca del río Ñuble

Uno de los usos más importantes es el riego agrícola y la Junta de Vigilancia del río Ñuble (JVRÑ), organización que data oficialmente del año 1925, es uno de los principales usuarios. Su jurisdicción comienza en la bocatoma del canal con que se riega el “Fundo El Cajón”, en la comuna de San Fabián, hasta el puente ferroviario sobre el río Ñuble, en la ciudad de Chillán (DGA, 2023; Figura XX). En esta organización se tienen registrados oficialmente 21.221 acciones repartidas en 43 bocatomas; un ejemplo de la operatividad y uso del recurso bajo la administración de la JVRÑ ocurrió en el periodo que comprende de noviembre del 2019 a abril del 2020, el cual estuvo marcado por los bajos caudales y por consiguiente bajas de las alícuotas de distribución, iniciando el 29/11/2019 con $54,36 \text{ (m}^3\text{s}^{-1})$ en el río y una alícuota de 2,5 (l/s/acc) y terminando el 30/04/2020 con $12,2 \text{ (m}^3\text{s}^{-1})$ en el río y una alícuota de 0,62 (l/s/acc) (Memoria Junta de Vigilancia del río Ñuble, temporada 2019 – 2020). Es así, que la Junta de Vigilancia del Río Ñuble tiene una cobertura de riego

de aproximadamente 60.000 ha en los cuales operan cerca de 5.000 regantes, siendo ellos en su mayoría pequeños agricultores (INDAP, 2023).

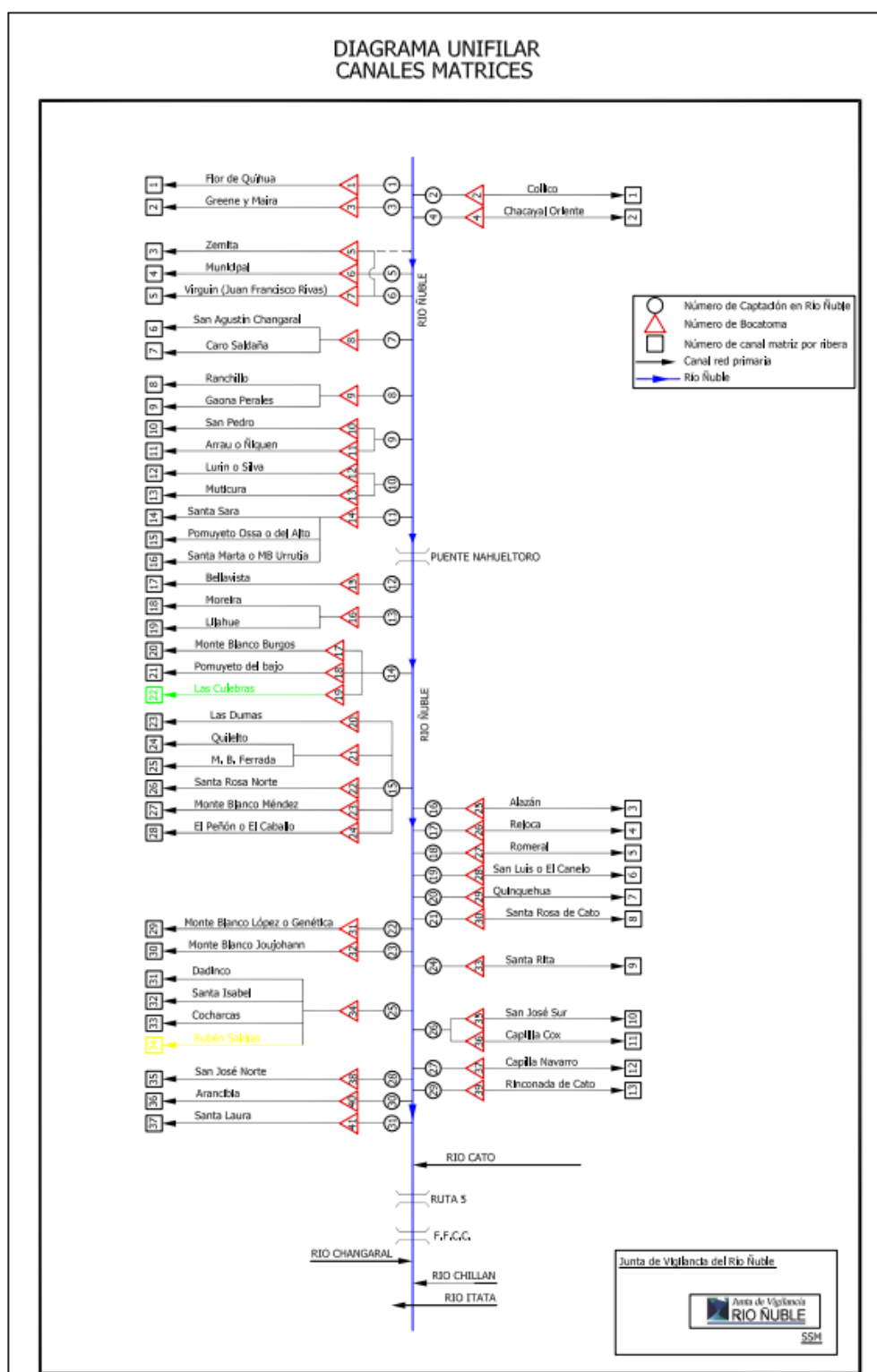


Figura 20. Diagrama unifilar canales matrices correspondientes a la “Junta de Vigilancia Río Ñuble”.

Tabla 4. Parámetros Físico – Químicos registrados en el año 2022 correspondiente a la estación “Río Ñuble en San Fabián N°2” (36°35’09’’ S 71°31’32’’ hasta bajo junta Estero Pangué; estación ubicada antes del pueblo de San Fabián de Alico). Parámetros comparados con la “Norma Chilena Oficial de Agua Potable (NCh409/1. Of 2005)

	Parámetro Físico – Químico	Arsénico Total	Cloruro	Conductividad Específica	Mercurio Total	Níquel Total	Selenio Total
FECHA	Unidad de Medida	mg/l As	mg/l Cl	mhos/cm	mg/l Hg	mg/l Ni	mg/l Se
16-03-22		0,005	1,5	111	-	-	-
20-06-22		0,003	-	88	0,001	0,03	0,001
20-09-22		0,006	1	91	-	-	-
	Rango	≤0,01	≤400	≤750**	≤0,001	≤0,20**	≤0,01

	Parámetro Físico - Químico	Plata Total	Plomo Total	Sulfato	Temperatura	Cadmio Total	Sodio Total
FECHA	Unidad de Medida	mg/l Ag	mg/l Pb	mg/l	°C	mg/l Cd	mg/l Na
16-03-22		-	-	9,8	17,87	-	7,3
20-06-22		0,01	0,03	-	9,53	0,01	4,7
20-09-22		-	-	3,6	9,19	-	3,7
	Rango	≤0,20**	≤0,05	≤500	≤30**	≤0,01	-

	Parámetro Físico – Químico	Fierro Total	Calcio Total	Cobre Total	Zinc Total	Manganes o Total
FECHA	Unidad de Medida	mg/l Fe	mg/l Ca	mg/l Cu	mg/l Zn	MG/L
16-03-22		0,12	10,1	0,01	0,01	0,01
20-06-22		0,07	4,6	0,01	0,01	0,01
20-09-22		0,08	6,2	0,01	0,01	0,01
	Rango	-	-	≤2,0	≤3,0	≤0,1

Continuación tabla anterior

	Parámetro Físico - Químico	Magnesio Total	Oxígeno Disuelto (% saturación)	Oxígeno Disuelto	pH	Potasio Total
FECHA	Unidad de Medida	mg/l Mg	mg/l O2	mg/l O2	unid. pH	mg/l K
16-03-22		2,43	8,27	91,8	8,54	1,1
20-06-22		2,18	10,71	99,8	8,13	0,7
20-09-22		1,5	14,03	125,1	7,62	0,5
	Rango	≤125	-	>5**	6,5≤ X ≤8,5	-

(**) Concentraciones máximas de elementos químicos en agua para riego

(-) Datos o parámetros comparativos no encontrados de manera oficial

En la cabecera del río Ñuble se han identificado 56 derechos de agua, de los cuales en su totalidad fueron identificados como Derechos de aprovechamiento de agua no consuntivos otorgados a 20 peticionarios. En la Tabla 5 se aprecia la distribución de derechos según subcuenca (Figura 20).

Tabla 5. Derechos constituidos según subcuenca en la cabecera del río Ñuble.
Fuente: Dirección General de Aguas (DGA), 2023.

Nombre subcuenca		Estimación caudal aportante (m3/s)	Derechos consuntivos otorgados	Caudal otorgado (m3/s)	Derechos no consuntivos otorgados	Caudal otorgado (m3/s)	Uso principal solicitado
Río Los Saucos		25	-	-	24	**	Energía Hidroeléctrica
Río Las Minas		3,02	-	-	5	4,328	Otros Usos
Las Truchas		8,11	-	-	7	**	Energía Hidroeléctrica
Río Gato		2,93	-	-	5	4,127	Energía Hidroeléctrica- Otros Usos
Santa Gertrudis		4,47	-	-	1	4,7125	Fisco de Chile (no especifica)

(**) Unidad de medida correspondiente al Caudal Anual Promedio poco clara o no correspondiente al valor expresado

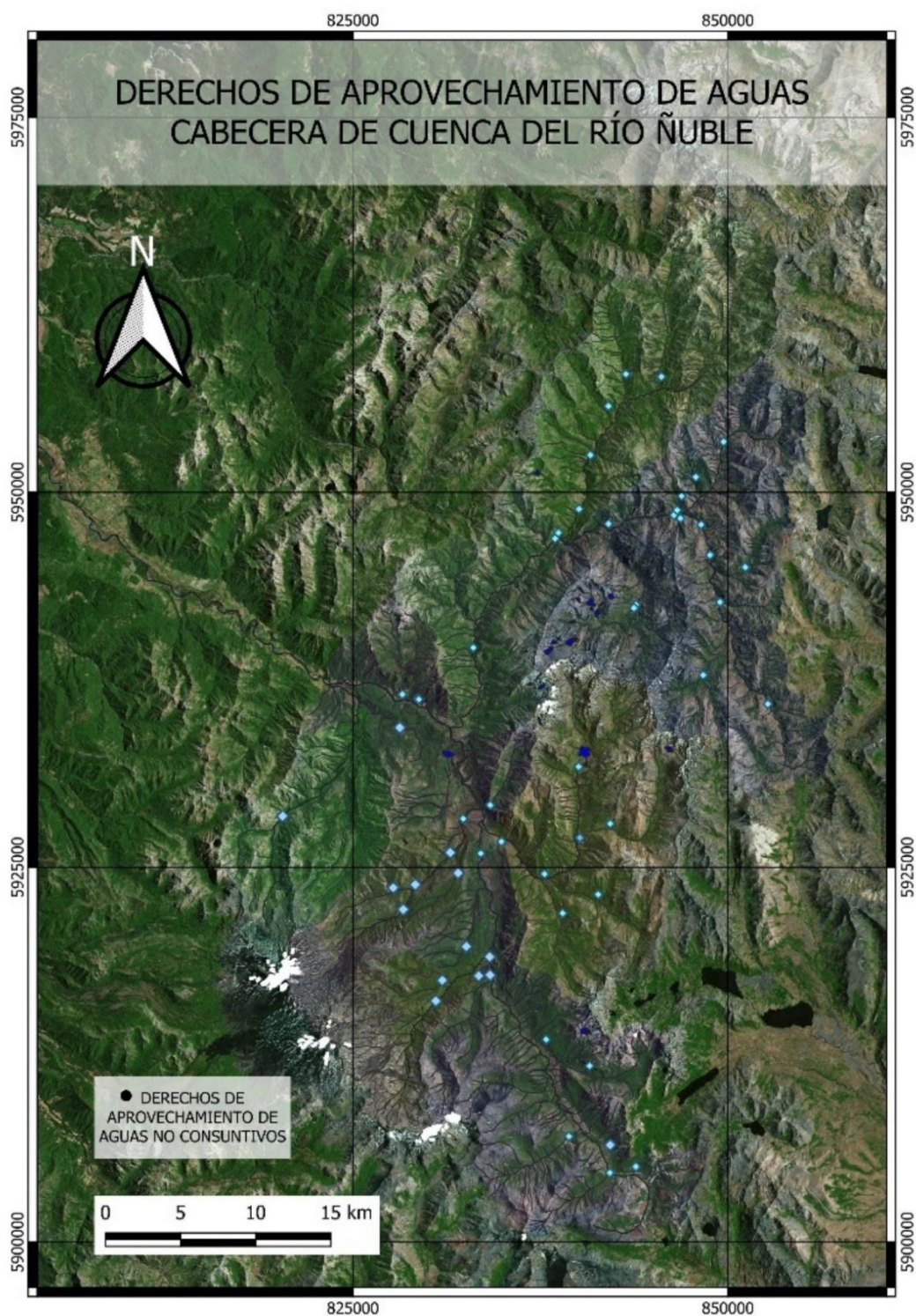


Figura 21. Distribución espacial de derechos de agua bajo registro de la DGA a fecha de corte 27 de agosto de 2023. Fuente: "Elaboración propia".

6.2.7 Síntesis caracterización cabecera cuenca del río Ñuble según subcuenca

Tabla 6. Síntesis caracterización subcuenca río Los Sauces

Superficie (ha)	N° habitantes	Densidad Población (hab ha ⁻¹)	Ecosistemas Subcuenca	Superficie ecosistema (ha)	(%)	Tipo cobertura	Superficie (ha)	(%)	Caudal aportante subcuenca (m ³ s ⁻¹)	Precipitación (mm)	Cauces principales	Longitud de Cauce (km)
61029,35	457	0,0075	Bosque caducifolio mediterráneo - templado andino N. alpina y N. obliqua	3804,6	6,23	Bosque Nativo	4061,2	6,6	25	2418,4	Río la Zorra	18,1
			Bosque caducifolio mediterráneo - templado andino N. pumilio y N. obliqua	13073,25	21,42	Cuerpos de Agua	416,9	0,6				
			Bosque caducifolio mediterráneo andino N. obliqua y Austrocedrus chilensis	8711,50	14,27	Estepa Andina	16519,7	27,1			Río Los Sauces	17,8
			Bosque caducifolio templado andino N. pumilio y Azara alpina	31963,52	52,38	Matorral	3827,9	6,2			Río González	22,7
			Matorral bajo templado andino de Discaria chacaye y Berberis empetrifolia	3371,88	5,53	Nieves	5301	8,7				

Continuación tabla anterior

Superficie (ha)	N° habitantes	Densidad Población (hab ha ⁻¹)	Ecosistemas Subcuenca	Superficie ecosistema (ha)	(%)	Tipo cobertura	Superficie (ha)	(%)	Caudal aportante subcuenca (m ³ s ⁻¹)	Precipitación (mm)	Cauces principales	Longitud de Cauce (km)
			Ecosistemas lacustres	104,601	0,17	Renoval Bosque Nativo	11549,8	18,9				
						Sin Vegetación	19083,5	31,3				
						Uso Agropecuario	122,3	0,2				

Tabla 7. Síntesis caracterización subcuenca río Los Minas

Superficie (ha)	N° habitantes	Densidad Poblacional (hab ha ⁻¹)	Ecosistemas Subcuenca	Superficie ecosistema (ha)	(%)	Tipo de cobertura	Superficie (ha)	(%)	Caudal aportante Subcuenca (m3/s)	Precipitación (mm)	Cauces principales	Longitud de Cauce (km)
7441,51	3	0,00041	Bosque caducifolio mediterráneo - templado andino N. alpina y N. obliqua	357,60	4,81	Bosque Nativo	620	8,37	3,02	2407,49	Río Las Minas	11,97
			Bosque caducifolio mediterráneo andino N. obliqua y Austrocedrus chilensis	1204,54	16,19	Cuerpos de Agua	11	0,15				
			Bosque caducifolio templado andino N. pumilio y Azara alpina	3193,58	42,92	Estepa Andina	51	0,69				
			Matorral bajo templado andino de Discaria chacaye y Berberis empetrifolia	2647,85		Matorral	809	10,92				
			Ecosistema Glaciar	12,02		Nieves	789	10,65				

Continuación tabla anterior

Superficie (ha)	Nº habitantes	Densidad Poblacional (hab ha ⁻¹)	Ecosistemas Subcuenca	Superficie ecosistema (ha)	(%)	Tipo de cobertura	Superficie (ha)	(%)	Caudal aportante Subcuenca (m ³ /s)	Precipitación (mm)	Cauces principales	Longitud de Cauce (km)
						Renoval Bosque Nativo	1119	15,10				
						Sin Vegetación	4005	54,05				
						Terrenos húmedos	6	0,08				

Tabla 8. Síntesis caracterización subcuenca río Las Truchas

Superficie (ha)	N° habitantes	Densidad Poblacional (hab ha ⁻¹)	Ecosistemas Subcuenca	Superficie ecosistema (ha)	(%)	Tipo de cobertura	Superficie (ha)	(%)	Caudal aportante subcuenca (m3/s)	Precipitación (mm)	Cauces principales	Longitud de cauce (km)
19856	75	0,0037	Bosque caducifolio mediterráneo - templado andino N. alpina y N. obliqua	1065	5,36	Bosque Nativo	4488,11	22,73	8,11	2423,56	Estero de Las Truchas	17,48
			Bosque caducifolio mediterráneo - templado andino N. pumilio y N. obliqua	4840,16	24,37	Cuerpos de Agua	93,98	0,48				
			Bosque caducifolio mediterráneo andino N. obliqua y Austrocedrus chilensis	935	4,70	Estepa Andina	1481,41	7,50				
			Bosque caducifolio templado andino N. pumilio y Azara alpina	10784,94	54,28	Matorral	1139,99	5,77				
			Matorral bajo templado andino de Discaria chacaye y Berberis empetrifolia	2167,05	10,91	Nieves	868,48	4,40				
			Ecosistemas lacustres	53,18	0,27	Renoval Bosque Nativo	2262,86	11,46				
			Ecosistemas Glaciares	10,67	0,054	Sin Vegetación	9387,48	47,55				
Uso Agropecuario						21,21	0,11					

Tabla 9. Síntesis caracterización subcuenca río Gato

Superficie (ha)	N° habitantes	Densidad Poblacional (hab ha ⁻¹)	Ecosistemas subcuenca	Superficie ecosistema (ha)	(%)	Tipo de cobertura	Superficie (ha)	(%)	Caudal aportante subcuenca (m3/s)	Precipitación (mm)	Cauces principales	Longitud de cauce (km)
7293,83	12	0,0017	Bosque caducifolio mediterráneo - templado andino N. alpina y N. obliqua	1056,29	14,48	Bosque Nativo	510,716	7,04	2,93	2384,58	Río Gato	13,67
			Bosque caducifolio mediterráneo andino N. obliqua y Austrocedrus chilensis	2982,05	40,88	Cuerpos de Agua	66,601	0,92				
			Bosque caducifolio templado andino N. pumilio y Azara alpina	1889,66	25,90	Estepa Andina	305,973	4,22				
			Matorral bajo templado andino de Discaria chacaye y Berberis empetrifolia	1326,88	18,19	Matorral	1022,191	14,08				
			Ecosistemas lacustres	2,957	0,040	Nieves	1158,051	15,96				
			Ecosistema Glaciar	35,996	0,49	Renoval Bosque Nativo	2788,677	38,42				
						Sin Vegetación	1353,037	18,64				
						Uso Agropecuario	47,434	0,65				
						Monocultivo Forestal	5,213	0,072				

Tabla 10. Síntesis caracterización subcuenca río Santa Gertrudis

Superficie (ha)	N° habitantes	Densidad Poblacional (hab ha ⁻¹)	Ecosistemas Subcuenca	Superficie ecosistema (ha)	(%)	Tipo de cobertura	Superficie (ha)	(%)	Caudal aportante subcuenca (m3/s)	Precipitación (mm)	Cauces principales	Longitud de cauce (km)
11266,8	43	0,0038	Bosque caducifolio mediterráneo - templado andino N. alpina y N. obliqua	2294,94	20,38	Uso Agropecuario	19,42	0,17	4,47	2345,72	Río Santa Gertrudis	21,05
			Bosque caducifolio mediterráneo andino N. obliqua y Austrocedrus chilensis	5159,95	45,80	Cuerpos de Agua	78,11	0,69				
			Bosque caducifolio templado andino N. pumilio y Azara alpina	3133,11	27,80	Estepa Andina	547,32	4,85				
			Matorral bajo templado andino de Discaria chacaye y Berberis empetrifolia	659,47	5,85	Matorral	803,77	7,12				
			Ecosistema Glaciar	19,33	0,17	Nieves	531,49	4,71				
						Renoval Bosque Nativo	4880,56	43,24				
						Sin Vegetación	3010,58	26,67				
						Bosque Nativo	1414,97	12,54				

6.3 Identificación y descripción de servicios ecosistémicos

Se identificaron en la cabecera de la cuenca hidrográfica del río Ñuble” 24 servicios ecosistémicos, los cuales se distribuyen en 11 servicios de provisión, 7 servicios de regulación y 5 servicios culturales.

6.3.1 Servicios de provisión

Destaca el de abastecimiento de agua dulce, principalmente por el papel que juegan los distintos ecosistemas que componen el área de estudio como fuente de suministro y de almacenamiento de este recurso. En la zona de estudio se han otorgado cincuenta y ocho derechos de aprovechamiento de agua para bebida, riego y energía eléctrica, superficiales y subterráneos (DGA, 2023). Cabe señalar que en la estación fluviométrica “Río Ñuble en Punilla 2” se ha registrado un caudal medio anual de $56,2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (DGA, 2023). y cuanto es el valor de los derechos consuntivos otorgados para igual periodo. La cabecera del río Ñuble es un área de producción hídrica para múltiples actividades que requieren agua, sean estas locales o localizadas en el valle central de la región de Ñuble o bien en otras zonas del país. El agua, bosques, suelos y condiciones climáticas posibilitan una alta biodiversidad y hábitat para especies emblemáticas de flora y fauna como lo son el Cóndor, Gato Colocolo, Puma, Huemul, entre otros (Plan de Gestión Reserva de la Biósfera, 2019).

Al hablar del sector minero, hoy en día existen dos proyectos oficiales de exploración que se desarrollan en el área, en particular ligadas a la explotación de cobre (Cu), siendo estas el proyecto “Ánimas” (sector de Los Sauces) y

“Ñuble Alto” (SIGEX, 2023); también, es importante señalar que antiguamente en la precordillera sanfabianina se desarrollaban pequeños emprendimientos ligados al sector.

6.3.2 Servicios de regulación

La conformación rocosa de la cabecera del río Ñuble, permite la formación de reservorios o especies de cubetas lacustres en las cuales se acumula y mantiene hielo, nieve y agua, actuando estas estructuras naturales como mecanismos de regulación del escurrimiento superficial. Esto es posible de observar claramente en la zona de la cordillera de La Mortandad, en la subcuenca del río Los Sauces, con la presencia de más de diez lagunas o depresiones de altura. Estos sectores ejercen un efecto regulador del régimen hídrico, principalmente por su dinámica estacional de retención-liberación de agua (DGA-Geoestudios, 2008). Estas áreas nevadas también modifican las condiciones atmosféricas locales de su entorno, principalmente al proporcionar un ambiente frío disminuyendo la temperatura de las masas de aire y así, aumentando su humedad relativa, favoreciendo la precipitación, donde, estas masas de aire circulan en dirección valle-montaña durante el día y en sentido contrario durante la noche (IDEAM, 2012).

En parte de estos sectores los suelos están cubiertos por *Discaria chacaye* o “chacay”, especie que tiene un alto valor ecológico por su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, atributo que les permite crecer en suelos pobres o degradados en materia orgánica, y brindarles un efecto fertilizante,

comportándose como pioneras en el desarrollo de comunidades vegetativas y de uso para la restauración de suelo degradado por diversos factores, como erosión, ganadería o incendios (Chaia, 2013).

6.3.3 Servicios culturales

Las condiciones cordilleranas, desde tiempos ancestrales, han permitido el desarrollo de una cultura de montaña y un estilo de vida único que ha perdurado con el paso de los años transmitiendo, de generación en generación, sus tradiciones y conocimientos, vinculados con los recursos y ecosistemas de la zona. Se trata de la cultura “*arriera*” y “*campesina*”, que atrae un gran número de visitantes con variadas demandas, destacando actividades como trekking y cabalgatas, observación científica e investigación. Los paisajes cordilleranos, en particular sus ríos y cordones montañosos, propician la pesca deportiva, rafting y kayaks.

A continuación, en las Tablas 11 a 15 se presenta la identificación y descripción de los SE a nivel de subcuenca hidrográfica.

Tabla 11. Identificación y descripción de Servicios Ecosistémicos subcuenca río Los Sauces

Provisión	Regulación	Cultural
Agua consumo humano y bebida para animales de flujo superficial y subterránea	Reservorio rocoso para acumulación de nieve y regulación de escurrimiento superficial	Plantas nativas para uso medicinal ancestral (destaca el Boldo, Maqui, Matico, Chilco, Canelo, Limpiaplata, entre otros)
Provisión de flujo hídrico continuo y reservorio de agua ($25 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$)	Coberturas vegetación nativa regula los flujos de agua de ríos y esteros	Provee paisaje y atractivos naturales y culturales para el desarrollo del turismo (ruta “Cajón de Los Monos”; puente “El Inglés”; pasos fronterizos)
Valles fluviales cordilleranos y veranada que permite la agricultura de subsistencia y ganadería trashumante	Coberturas vegetación nativa regula los transportes de sedimentos y procesos erosivos	Tradiciones y prácticas culturales y ancestrales transfronterizas (gente de montaña y arrieros; fiesta de San Sebastián)
Agua para desarrollo humano y productivo en valle central (contribución preponderante a regantes organizados bajo la JVRÑ abasteciendo un aproximado de 60.000 ha)	Provisión de polinizadores de la flora nativa	Desarrollo de variadas actividades deportivas y de recreación (turismo de naturaleza, pesca deportiva y cabalgatas)

Continuación tabla anterior

Provisión	Regulación	Cultural
Provisión de hábitat para la conservación de la diversidad genética de flora y fauna nativa (avistamiento de huemules en tres zonas de la subcuenca)	Almacenaje y reciclaje de nutrientes para la mantención de los ecosistemas productivos	Oportunidad para realizar estudios científicos
Madera para uso en viviendas, cercos, leña, carbón y calefacción	Protección contra eventos naturales	
Productos del bosque (PFNM) para diferentes usos (digüeños, maqui, lleuques, follaje, entre otros)	Regulación climática y balance de radiación, debido a conformación geográfica	
Bosque y matorral para hábitat de especies endémicas (destaca el sector del Cajón de la Zorra con presencia de especies arbóreas como el Ciprés de la Cordillera; avistamiento de felinos como el Puma y Güina y aves como el Carpintero negro, Cóndor, Pato cortacorrientes y Hued-hued Castaño)		

Continuación tabla anterior

Provisión	Regulación	Cultural
Paisaje para actividades turísticas de intereses especiales como cabalgatas, senderismo y montañismo (Laguna “El Florido”; Ruta “Las Marmitas” – sector “Las Lagunas”)		
Recursos minerales para el desarrollo de actividades productivas ligadas al sector (proyecto “Ánimas”)		
Condiciones orográficas e hidrológicas para la generación de energía y acumulación de agua en embalses		

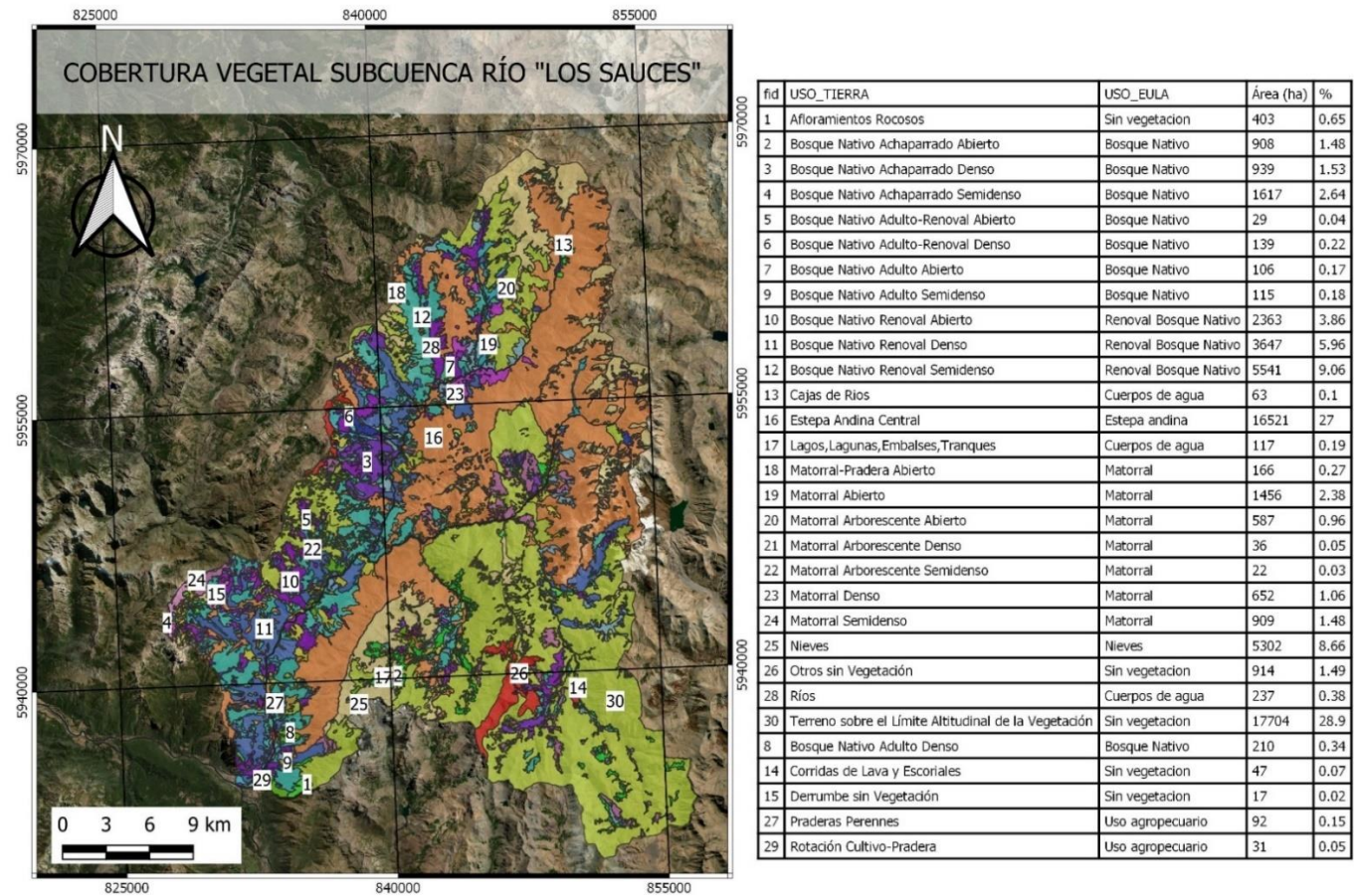


Figura 22. Cobertura vegetal correspondiente a la subcuenca del río “Los Sauces”, Cabecera de la Cuenca del río Ñuble, región de Ñuble. Fuente: “Elaboración propia”.

Tabla 12. Identificación y descripción de Servicios Ecosistémicos subcuenca río Las Minas

Provisión	Regulación	Cultural
Agua consumo humano y bebida para animales de flujo superficial y subterránea	Reservorio rocoso para acumulación de nieve y regulación de escurrimiento superficial (zona de Glaciares)	Plantas nativas para uso medicinal ancestral (destaca el Boldo, Maqui, Matico, Chilco, Canelo, Limpiaplata, entre otros)
Provisión de flujo hídrico continuo y reservorio de agua (3,02 m ³ s ⁻¹)	Coberturas vegetación nativa regula los flujos de agua del río Las Minas y Tributarios	Provee paisaje y atractivos naturales y culturales para el desarrollo del turismo (sitios de significación cultural, i.e., Morro del Indio, Panteón de Los Indios)
Valles fluviales cordilleranos y veranada que permite la agricultura de subsistencia y ganadería trashumante	Coberturas vegetación nativa regula los transportes de sedimentos y procesos erosivos	Tradiciones y prácticas culturales y ancestrales transfronterizas (gente de montaña, arreo de vacunos y piños de chivos y ovejas)
Agua para desarrollo humano y productivo en valle central (contribución preponderante a regantes organizados bajo la JVRÑ abasteciendo un aproximado de 60.000 ha)	Provisión de polinizadores de la flora nativa	Desarrollo de turismo dirigido a conservación (turismo de naturaleza)

Continuación tabla anterior

Provisión	Regulación	Cultural
Provisión de hábitat para la conservación de la diversidad genética de flora y fauna nativa (avistamiento de huemules en una zona de la subcuenca)	Almacenaje y reciclaje de nutrientes para la mantención de los ecosistemas	Oportunidad para realizar estudios científicos
Madera para uso en viviendas, cercos, leña, carbón y calefacción	Protección contra eventos naturales (cauce de su río sirve de guía para la caída de piroclastos provenientes de Nevados de Chillán)	
Productos del bosque (PFNM) para diferentes usos (digüeños, maqui, lleuques, follaje, entre otros)	Regulación climática y balance de radiación, debido a conformación geográfica	
Bosque y matorral para hábitat de especies endémicas (avistamiento de Pumas y Cóndores en el sector)		

Continuación tabla anterior

Provisión	Regulación	Cultural
Paisaje para actividades turísticas de intereses especiales como cabalgatas, senderismo y montañismo, asociados a cuerpos de agua y montaña (Ruta “Roble Huacho” – “Salto Las Minas”; Escoriales “Nevados de Chillán”)		
Condiciones orográficas e hidrológicas para la generación de energía		

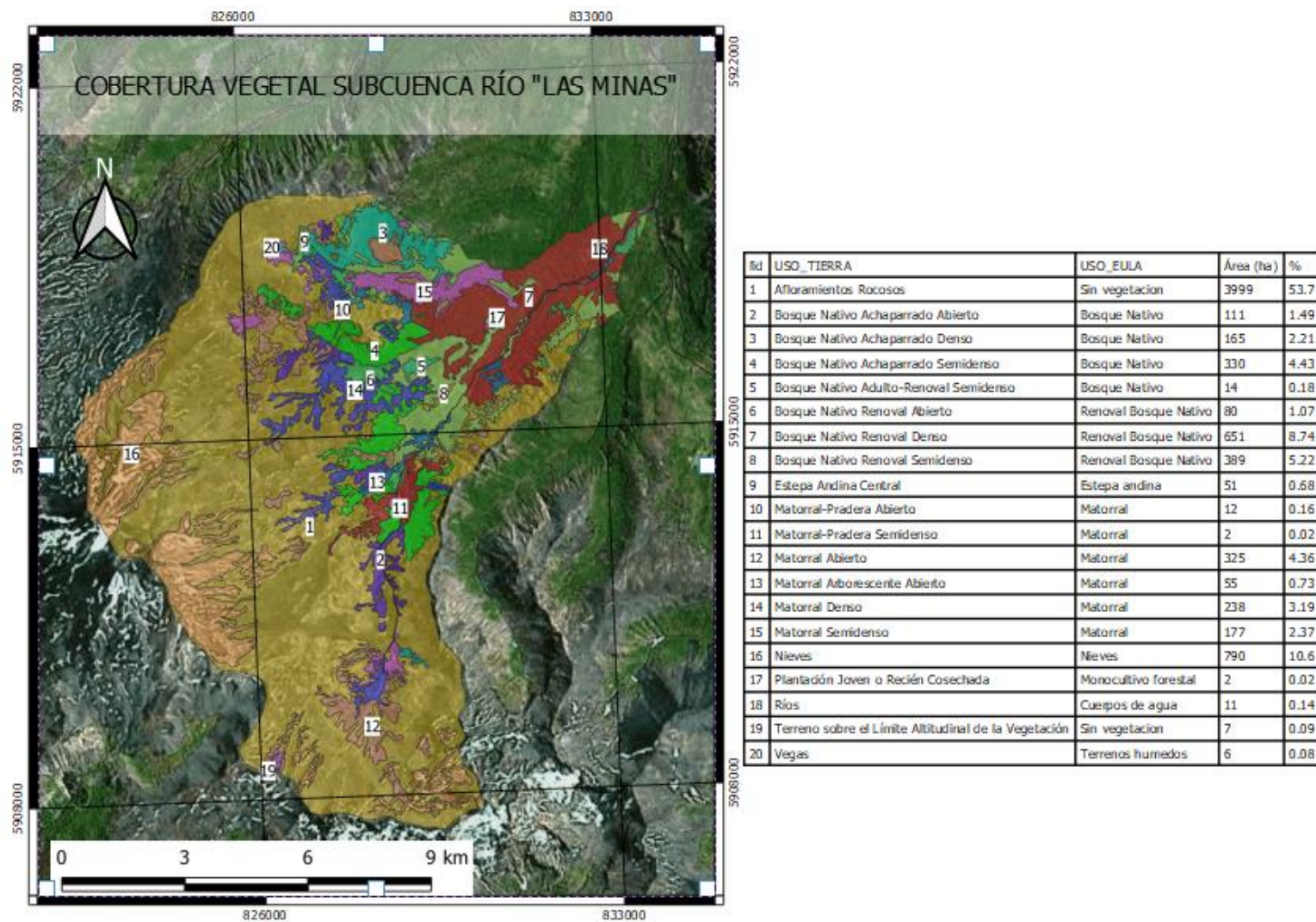


Figura 23. Cobertura vegetal correspondiente a la subcuenca del río “Las Minas”, Cabecera de la Cuenca del río Ñuble, región de Ñuble. Fuente: “Elaboración propia”.

Tabla 13. Identificación y descripción de Servicios Ecosistémicos subcuenca río Las Truchas

Provisión	Regulación	Cultural
Agua consumo humano y bebida para animales de flujo superficial y subterránea	Reservorio rocoso para acumulación de nieve y regulación de escurrimiento superficial (zona de Glaciares)	Plantas nativas para uso medicinal ancestral (destaca el Boldo, Maqui, Matico, Chilco, Canelo, Limpiaplata, entre otros)
Provisión de flujo hídrico continuo y reservorio de agua (8,11 m ³ s ⁻¹)	Coberturas vegetación nativa regula los flujos del río Las Truchas y tributarios	Provee paisaje y atractivos naturales y culturales para el desarrollo del turismo (sitios de significación cultural, sitios arqueológicos)
Valles fluviales cordilleranos y veranada que permite la agricultura de subsistencia y ganadería trashumante (arreo de animales vacunos, chivos y ovejas)	Coberturas vegetación nativa regula los transportes de sedimentos y procesos erosivos	Tradiciones y prácticas culturales y ancestrales transfronterizas (gente de montaña)

Continuación tabla anterior

Provisión	Regulación	Cultural
Agua para desarrollo humano y productivo en valle central (contribución preponderante a regantes organizados bajo la JVRÑ abasteciendo un aproximado de 60.000 ha)	Provisión de polinizadores de la flora nativa	Desarrollo de actividades turísticas, deportivas y recreativas (turismo de naturaleza, pesca deportiva y cabalgatas)
Provisión de hábitat para la conservación de la diversidad genética de flora y fauna nativa (avistamiento de huemules en cinco zonas de la subcuenca)	Almacenaje y reciclaje de nutrientes para la mantención de los ecosistemas productivos	Oportunidad para realizar estudios científicos
Madera para uso en viviendas, cercos, leña, carbón y calefacción	Protección contra eventos naturales	
Productos del bosque (PFNM) para diferentes usos (digüeños, maqui, lleuques, follaje, entre otros)	Regulación climática y balance de radiación, debido a conformación geográfica	
Bosque y matorral para hábitat de especies endémicas (presencia de especies arbóreas como el Ciprés de la Cordillera; avistamiento de felinos como el Puma y gato Colo-Colo y aves como el Carpintero Negro)		

Continuación tabla anterior

Provisión	Regulación	Cultural
Paisaje para actividades turísticas de intereses especiales como cabalgatas, senderismo y montañismo (laguna “Las Truchas”; laguna “Legía”)		
Condiciones orográficas e hidrológicas para la generación de energía		

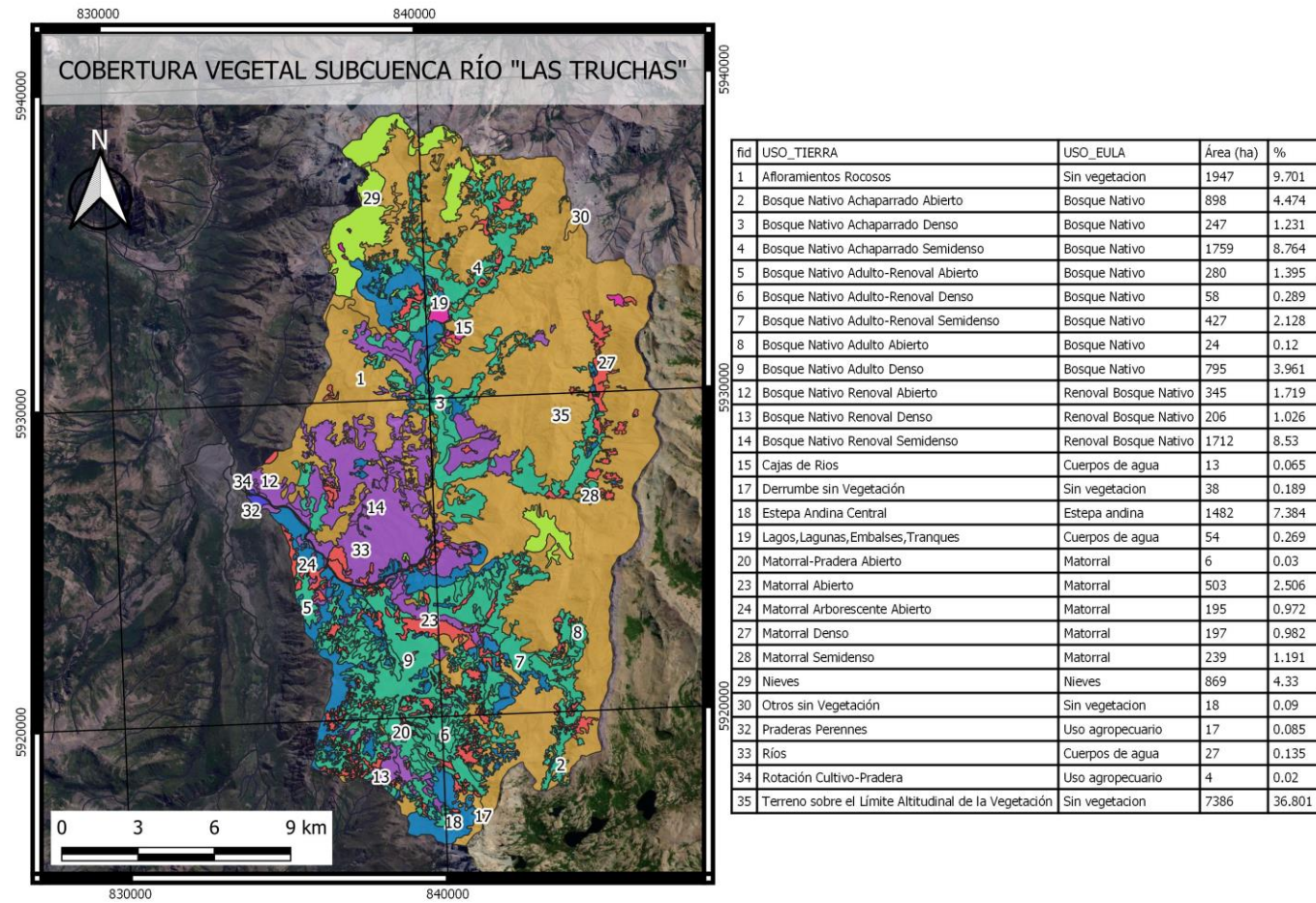


Figura 24. Cobertura vegetal correspondiente a la subcuenca del río “Las Truchas”, Cabecera de la Cuenca del río Ñuble, región de Ñuble. Fuente: “Elaboración propia”.

Tabla 14. Identificación y descripción de Servicios Ecosistémicos subcuenca río Gato

Provisión	Regulación	Cultural
Agua consumo humano y bebida para animales de flujo superficial y subterránea	Reservorio rocoso para acumulación de nieve y regulación de escurrimiento superficial (zona de Glaciares)	Plantas nativas para uso medicinal ancestral (destaca el Boldo, Maqui, Matico, Chilco, Canelo, Limpiaplata, entre otros)
Provisión de flujo hídrico continuo y reservorio de agua (2,93 m ³ s ⁻¹)	Coberturas vegetación nativa regula los flujos de agua de ríos y esteros (que tipo de especies predominan, también la estepa altoandina)	Tradiciones y prácticas culturales y ancestrales transfronterizas (gente de montaña)
Valles fluviales cordilleranos y veranada que permite la agricultura de subsistencia y ganadería trashumante	Coberturas vegetación nativa regula los transportes de sedimentos y procesos erosivos	Desarrollo de turismo dirigido a conservación (turismo de naturaleza)
Agua para desarrollo humano y productivo en valle central (contribución preponderante a regantes organizados bajo la JVRÑ abasteciendo un aproximado de 60.000 ha)	Provisión de polinizadores de la flora nativa	Oportunidad para realizar estudios científicos

Continuación tabla anterior

Provisión	Regulación	Cultural
Provisión de hábitat para la conservación de la diversidad genética de flora y fauna nativa (avistamiento de huemules en tres zonas de la subcuenca)	Almacenaje y reciclaje de nutrientes para la mantención de los ecosistemas productivos	
Productos del bosque (PFNM) para diferentes usos (digüeños, maqui, lleuques, follaje, entre otros)	Protección contra eventos naturales (ante crecida de esteros y ríos; cauce de su río sirve de guía para la caída de piroclastos Nevados de Chillán)	
Bosque y matorral para hábitat de especies endémicas (avistamiento de Pumas y Cóndores en el sector)	Regulación climática y balance de radiación, debido a conformación geográfica	
Condiciones orográficas e hidrológicas para la generación de energía		

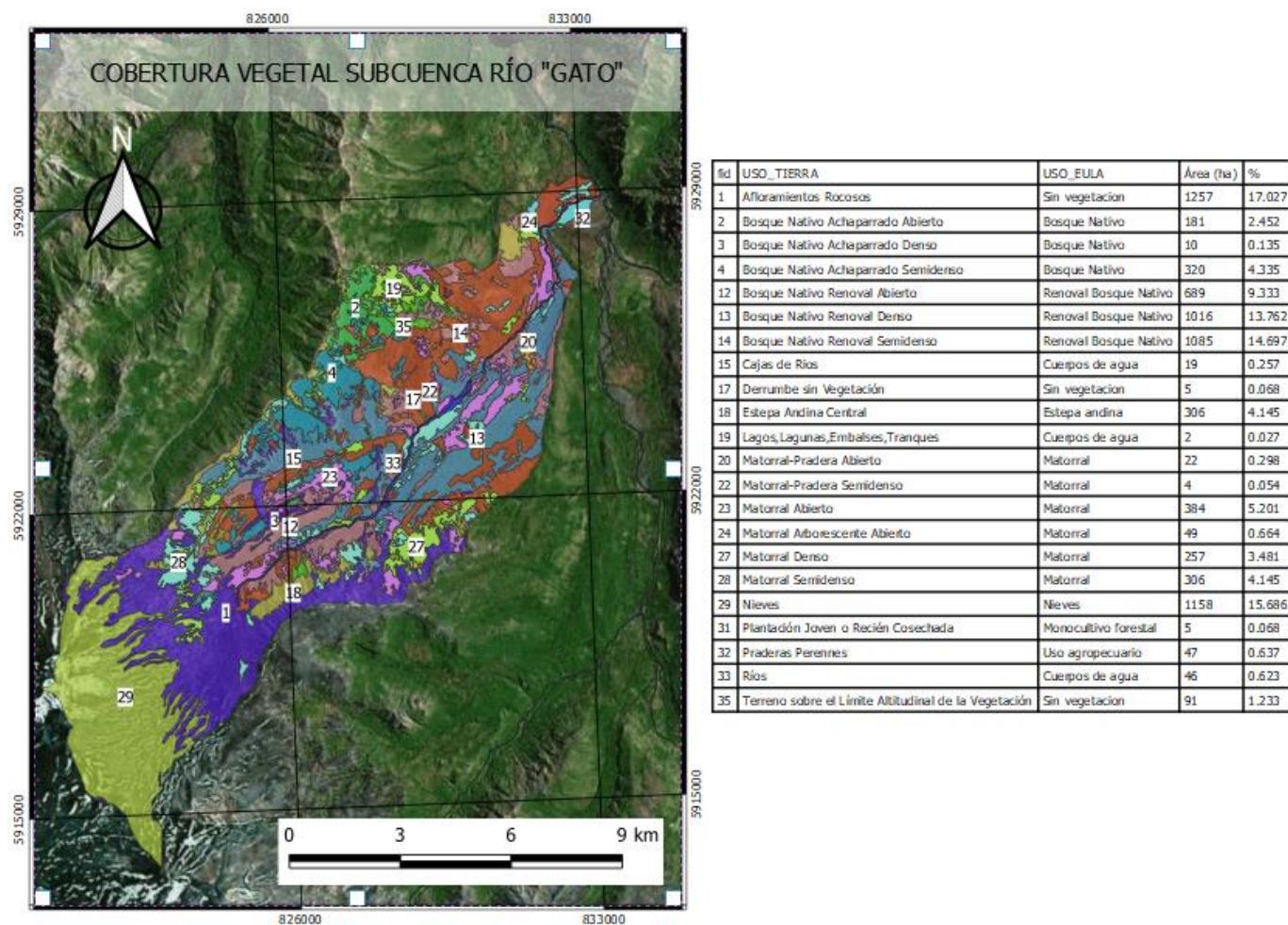


Figura 25. Cobertura vegetal correspondiente a la subcuenca del río “Gato”, Cabecera de la Cuenca del río Ñuble, región de Ñuble. Fuente: “Elaboración propia”

Tabla 15. Identificación y descripción de Servicios Ecosistémicos subcuenca río Santa Gertrudis

Provisión	Regulación	Cultural
Agua consumo humano y bebida para animales de flujo superficial y subterránea	Reservorio rocoso para acumulación de nieve y regulación de escurrimiento superficial (zona de Glaciares)	Plantas nativas para uso medicinal ancestral (destaca el Boldo, Maqui, Matico, Chilco, Canelo, Limpiaplata, entre otros)
Provisión de flujo hídrico continuo y reservorio de agua ($4,47 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$)	Coberturas vegetación nativa regula los flujos de agua de ríos y esteros	Provee paisaje y atractivos naturales y culturales para el desarrollo del turismo
Valles fluviales cordilleranos y veranada que permite la agricultura de subsistencia y ganadería trashumante	Coberturas vegetación nativa regula los transportes de sedimentos y procesos erosivos	Desarrollo de turísticas y de conservación (proyecto Las Veguillas, sendero interpretativo “El Búho”)

Continuación tabla anterior

Provisión	Regulación	Cultural
Agua para desarrollo humano y productivo en valle central (contribución preponderante a regantes organizados bajo la JVRÑ abasteciendo un aproximado de 60.000 ha)	Provisión de polinizadores de la flora nativa	Oportunidad para realizar estudios científicos y monitoreo (en distintos predios del sector se han instalado cámaras trampa para monitoreo)
Provisión de hábitat para la conservación de la diversidad genética de flora y fauna nativa (es una de las zonas con mayor número de avistamiento de huemules, sumando más de 60 registros)	Almacenaje y reciclaje de nutrientes para la mantención de los ecosistemas productivos	
Madera para uso en viviendas, cercos, leña, carbón y calefacción (en actividades de turismo y también para familias del sector)	Protección contra eventos naturales (cauce de su río sirve de guía para la caída de piroclastos Nevados de Chillán)	

Continuación tabla anterior

Provisión	Regulación	Cultural
Productos del bosque (PFNM) para diferentes usos (digüeños, maqui, lleuques, follaje, entre otros)	Regulación climática y balance de radiación, debido a conformación geográfica	
Bosque y matorral para hábitat de especies endémicas y amenazadas (especies arbóreas como el Lleuque y Ciprés de la Cordillera; avistamiento de felinos como el Puma, Güina y gato Colo-Colo y aves como el Carpintero Negro sumado a registros de ciervos como el Pudú)		
Paisaje para actividades turísticas de intereses como cabalgatas, senderismo y montañismo (senderos interpretativos “El Búho”)		

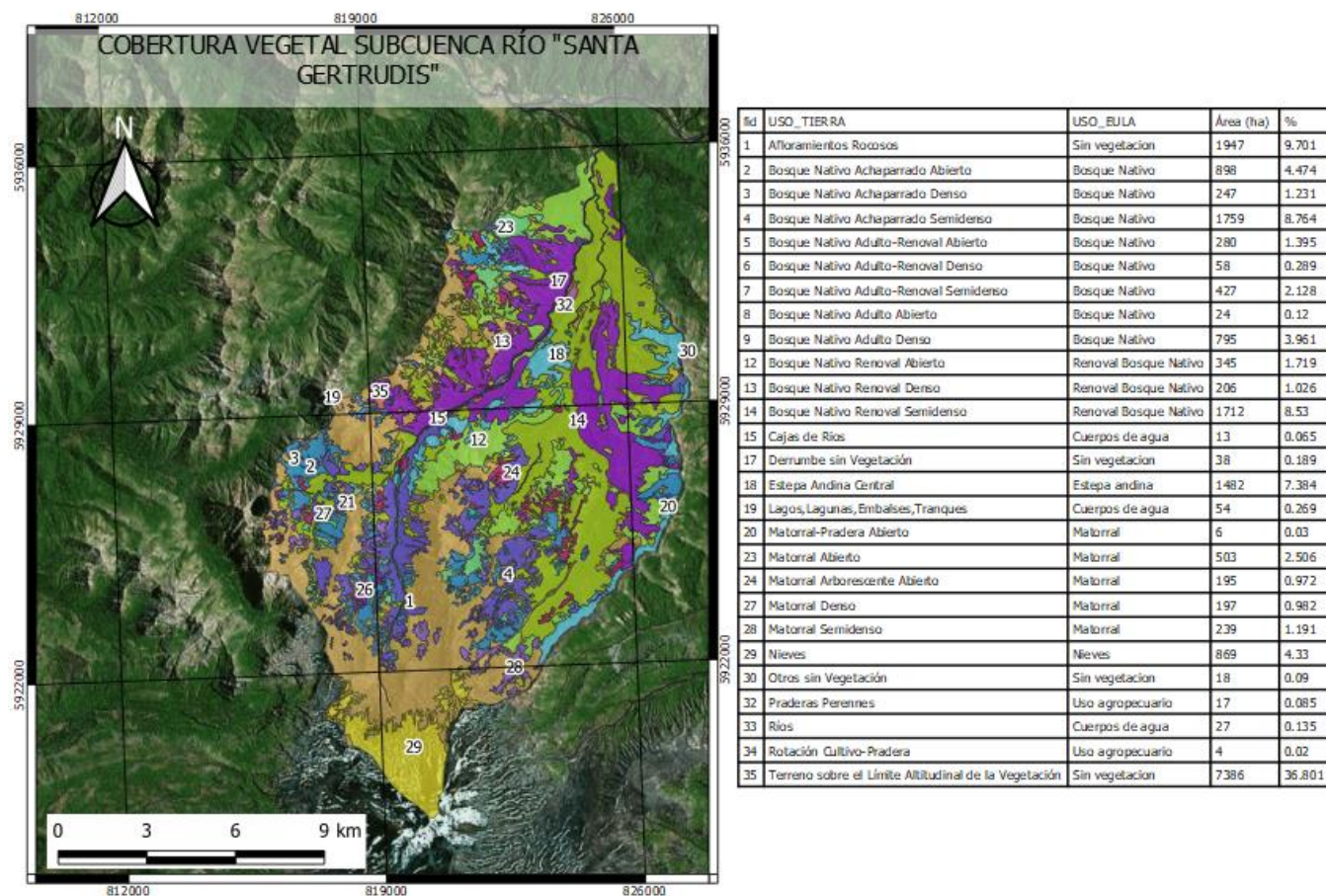


Figura 26. Cobertura vegetal correspondiente a la subcuenca del río “Santa Gertrudis”, Cabecera de la Cuenca del río Ñuble, región de Ñuble. Fuente: “Elaboración propia”.

7. CONCLUSIONES

Las virtudes ecosistémicas del área de estudio, definido como Cabecera de la cuenca del río Ñuble, correspondiente a la comuna de San Fabián de Alico y de Coihueco y analizadas bajo un contexto de cambio climático y seguridad hídrica, sumado a las distintas interacciones existentes entre los ecosistemas manifiestan una serie de servicios ecosistémicos que fueron identificados y plasmados en esta investigación.

- a. Las cabeceras de cuenca y su conformación fisiográfica (cordones de montañas abruptos) permiten la retención y acumulación de agua en forma de nieve, glaciaretos y cuerpos lacustres.
- b. Los ecosistemas de altura, como la estepa altoandina, bosque nativo y cuerpos lacustres contribuyen a la retención y flujo regulado del agua en la mayoría de las subcuencas. Las subcuencas de la zona norte, especialmente la del río Los Sauces, presenta un mayor arrastre de sedimentos y de caudal en relación a las otras subcuencas.
- c. Los datos hidrológicos confirman una importante producción hídrica, especialmente en la subcuenca del río Los Sauces.
- d. Se aprecia una tendencia, en las últimas tres décadas, a la disminución de las precipitaciones y aumento de la temperatura. Es posible advertir un cambio en los patrones climáticos, dejando registros sobre un paulatino aumento tanto de las temperaturas mínimas como máximas, sumado a una disminución en las precipitaciones. En terreno fue posible

comprobar el retroceso o más bien la desaparición de glaciares previamente catastrados por la DGA en la zona (cordillera de La Mortandad).

- e. La cabecera del río Ñuble y las subcuencas que la conforman provee importantes servicios ecosistémicos a las comunidades locales y también exporta servicios, en forma continua, a otras zonas de la región. De especial relevancia el agua para consumo humano y riego en el valle central de la región de Ñuble. Las cabeceras de cuenca y su conformación fisiográfica se erigen como uno de los grandes reservorios de agua de la región de Ñuble. Los recursos hídricos de la cabecera del río Ñuble permiten el riego de más de 60.000 hectáreas en el valle central, beneficiando a 5.000 regantes (INDAP, 2023).
- f. Desde un punto de vista físico, natural y cultural, la cabecera del río Ñuble posee importantes ecosistemas y atributos paisajísticos que posibilitan el turismo rural de montaña y proveen hábitats para especies de flora y fauna emblemáticas y amenazadas, como el huemul y el puma.
- g. Un hallazgo de interés fue observar cómo algunas de las subcuencas están menos intervenidas que otras, especialmente las del río Gato, Santa Gertrudis y río Las Minas. Es precisamente en estas áreas que se conservan en mejor estado algunos ecosistemas (bosque, estepa altoandina) que proveen hábitats a especies emblemáticas como el huemul.

- h. El poblamiento de la zona de estudio es escaso y las comunidades rurales son aisladas y con problemas de conectividad física y digital. Su estilo de vida está directamente relacionado con los servicios ecosistémicos (recursos) que provee la zona, dando origen a una forma tradicional y ancestral de ocupación del territorio, autodenominándose gente de montaña, arrieros y campesinos. Existen sitios de significación cultural y arqueológicos no estudiados.
- i. Los servicios ecosistémicos de esta zona cordillerana son altamente demandados por las comunidades locales y, principalmente, por actividades productivas en el valle central de la región de Ñuble. La contaminación de cuerpos de agua, la fragmentación de bosques y pérdida de hábitat asociados a parcelaciones, ganadería y sobrepastoreo desregulado son algunos efectos negativos, como también los proyectos energéticos y de riego que requieren importantes volúmenes de agua. La modificación en su estructura y propias características de los ecosistemas han contribuido de sobremano en el incremento del bienestar humano y desarrollo económico, no obstante, esta mejora en las condiciones de vida es el resultado de una apropiación masiva de recursos naturales y alto consumo de agua, lo cual desencadena en conflictos sociales y degradación de muchos servicios que proporcionan los ecosistemas, como la estabilidad necesaria para las futuras generaciones obtendrían de los mismos

(Programa Internacional de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2005; Carlos Montes y Pedro Lomas, 2010)

8. LITERATURA CITADA

1. Frêne, C., & Oyarzún, C. (2014). Manejo Integrado de Cuencas Forestales. *Ecología Forestal*. Editorial Marizza Cunneo, Santiago, Chile.
2. Ortega Martínez, L. (2010). La política, las finanzas públicas y la construcción territorial: Chile 1830-1887. Ensayo de interpretación. *Universum (Talca)*, 25(1), 140-150.
3. Pumain, D., Saint-Julien, T., Arenas, F., & Miranda, F. M. (2014). *Análisis espacial, las interacciones*. Concepción.
4. BIBLIOTECA NACIONAL DE CHILE. Pehuenches y Puelches. Memoria Chilena. Disponible en <http://www.memoriachilena.gob.cl/602/w3-article-772.html> . Accedido en 10/6/2023.
5. Lagos Gómez, E. (2021). Los “indios amigos” en la conquista de América: El caso de los mapuches en la frontera del Biobío en Chile siglos XVI-XVII.
6. Lacoste, P., & Lira, C. G. (2022). LOS ARRIEROS Y LA INDEPENDENCIA DEL CONO SUR: RUTAS TRASANDINAS, LOGÍSTICA Y SERVICIO SECRETO EN EL EJÉRCITO DE LOS ANDES. *Historia* 396, 12(1), 101-130.
7. Jorge Rojas Hernández, Patricio Silva Ávila, Ricardo Barra, Ricardo Figueroa, José Luis Arumí, Gunhild Hansen-Rojas. (2021). Bienes comunes y diversidad biocultural en tiempos de crisis: escasez hídrica,

pandemia y cambio climático. RIL Editores. CRHIAM, Universidad de Concepción.

8. Rojas, J. & Barra, R. (2020). Seguridad Hídrica: compleja gestión socioambiental y pública. En J. Rojas & R. Barra (Eds.), Seguridad Hídrica: Derechos de agua, escasez, impactos y percepciones ciudadanas en tiempos de Cambio Climático. RIL Editores. CRHIAM, Universidad de Concepción.
9. Santibáñez Q., Fernando (2017) *Atlas agroclimático de Chile. Estado actual y tendencias del clima. Tomo IV: Regiones del Biobío y de La Araucanía* [en línea]. Santiago.
10. MEA. 2005. Ecosystems and human well-being. Millennium Ecosystem Assessment. OECD. 2012. OECD Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction. The Organisation for Economic Co-operation and Development
11. José Luis Arumí (2023). Estimación de caudal disponible usando método de similitud hidrológica. FIA, Universidad de Concepción.
12. Elías, G. (2018). Marco para una Gobernanza del Agua: hacia una cooperación en cuencas transfronterizas.
13. Bórquez, R. (2006). *Glaciares chilenos: reservas estratégicas de agua dulce para la sociedad, los ecosistemas y la economía*. LOM ediciones.
14. Florez, A., & Rios, K. (1998). Las lagunas de alta montaña. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 7(1-2), 25-49.

15. Cepeda-Pizarro, J., & Pola, M. (2013). Relaciones de abundancia de órdenes de hexápodos terrestres en vegas altoandinas del desierto-transicional de Chile. *Idesia (Arica)*, 31(2), 31-39.
16. Haeger, C. C. El Espacio Lacustre como una construcción socio temporal. La cuenca y el lago Llanquihue en el sur de Chile.
17. Montes, C., & Lomas, P. L. (2010). La evaluación de los ecosistemas del milenio en España. *Ambiental*, 21, 56-75.
18. Medina, A. A., Pampiglioni, A., & Riquelme, E. (2020). Características y contenido de extractivos del leño de *Discaria chacaye* y *Ochetophila trinervis* (Rhamnaceae) de zonas de ecotono del suroeste de la provincia de Neuquén. *Dominguezia*, 36(2), 23-29.
19. Haeger, C. C. El Espacio Lacustre como una construcción socio temporal. La cuenca y el lago Llanquihue en el sur de Chile.
20. Pedrero Leal, M. (2011). *San Fabian de Alico, Breve Historia*. Consejo Regional de la Cultura y las Artes. Chillán, Chile.
21. DGA (Chile). 2023. Observatorio Georreferenciado [en línea]. Ministerio de Obras Públicas, Chile. <<https://snia.mop.gob.cl/observatorio/>>. [Consulta: 11 de abril de 2023].
22. DGA (Chile). 2023. Información Oficial Hidrometeorológica y de Calidad de Aguas en Línea [en línea]. Ministerio de Obras Públicas, Chile. <<https://snia.mop.gob.cl/BNAConsultas/reportes>>. [Consulta: 14 de abril de 2023].

23. SIMBIO (Chile). 2023. Sistema de Información y Monitoreo de Biodiversidad [en línea]. Ministerio del Medio Ambiente, Chile. <<https://simbioqa.soporta.cl/Ecosistemas>>. [Consulta: 03 de mayo de 2023].
24. CAMELS-CL (Chile). 2023. Información integrada por cuencas [en línea]. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia-CR2, Chile. <<https://camels.cr2.cl/>> . [Consulta: 04 de mayo de 2023].
25. SIGEX (Chile). 2023. Sistema de Información Geológica de Exploración [en línea]. Servicio Nacional de Geología y Minería, Chile. <<https://www.sernageomin.cl/sigex/>>. [Consulta: 18 de mayo de 2023].
26. CURRICULUM NACIONAL (Chile), 2023. Aprendo de Flora y Fauna [en línea]. Ministerio de Educación, Chile. <<https://www.curriculumnacional.cl/estudiantes/Aprendo-de-Flora-y-Fauna/Plantas/308975:Plantas>>. [Consulta: 18 de mayo de 2023]
27. FAO (ONU), 2023. Servicios Ecosistémicos y biodiversidad [en línea]. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura, ONU. <<https://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/background/provisioningservices/es/>>. [Consulta: 23 de mayo de 2023].
28. DIEA (Chile), 2023. Información y Economía Ambiental [en línea]. Ministerio del Medio Ambiente, Chile. <<https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2014/10/Propuesta-Marco-Conceptual-Definicion-y->

Clasificacion-de-Servicios-Ecosistemicos_V1.0_Alta.pdf>. [Consulta: 23 de mayo de 2023].

29.MMA (Chile), 2023. Servicios Ecosistémicos [en línea]. Ministerio del Medio Ambiente, Chile. <<https://mma.gob.cl/servicios-ecosistemicos/>>. [Consulta: 24 de mayo de 2023].

30.IDE (Chile), 2023. Información Territorial [en línea]. Ministerio de Bienes Nacionales, Chile. <<https://www.ide.cl/index.php/informacion-territorial/descargar-informacion-territorial>>. [Consulta: 02 de marzo de 2023].

31.Resolución N°5.825 Exenta. Regula uso pecuario en campos de pastoreo cordillerano y establece normas de prevención y detección precoz de enfermedades exóticas y control de enfermedades endémicas. Diario Oficial de la República de Chile. 26 de agosto de 2020. Santiago, Chile.

32.ZOIT (Chile), 2021. Ficha de solicitud declaración Zona de Interés Turístico “San Fabián”. Subsecretaría de Turismo. Comuna de San Fabián, Chile.

33.PLADECO (Chile), 2015. Plan de Desarrollo Comunal PLADECO de San Fabián. Secretaría Comunal de Planificación – SECPLAN – Municipalidad de San Fabián.

9. ANEXOS

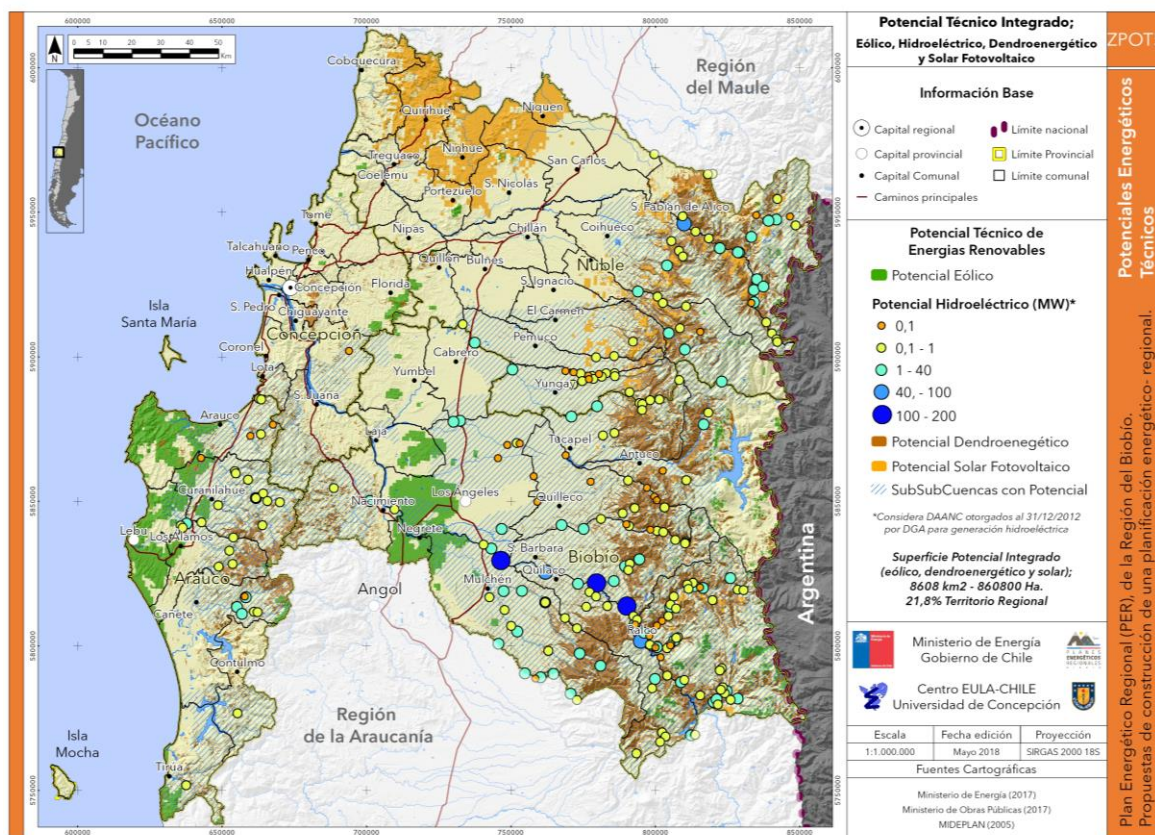


Figura 27. Plan Estratégico Regional (PER), correspondiente a la región del Biobío y región de Ñuble. Propuestas de construcción de una planificación energético - regional. Fuente: Centro EULA – CHILE, Universidad de Concepción, 2017.

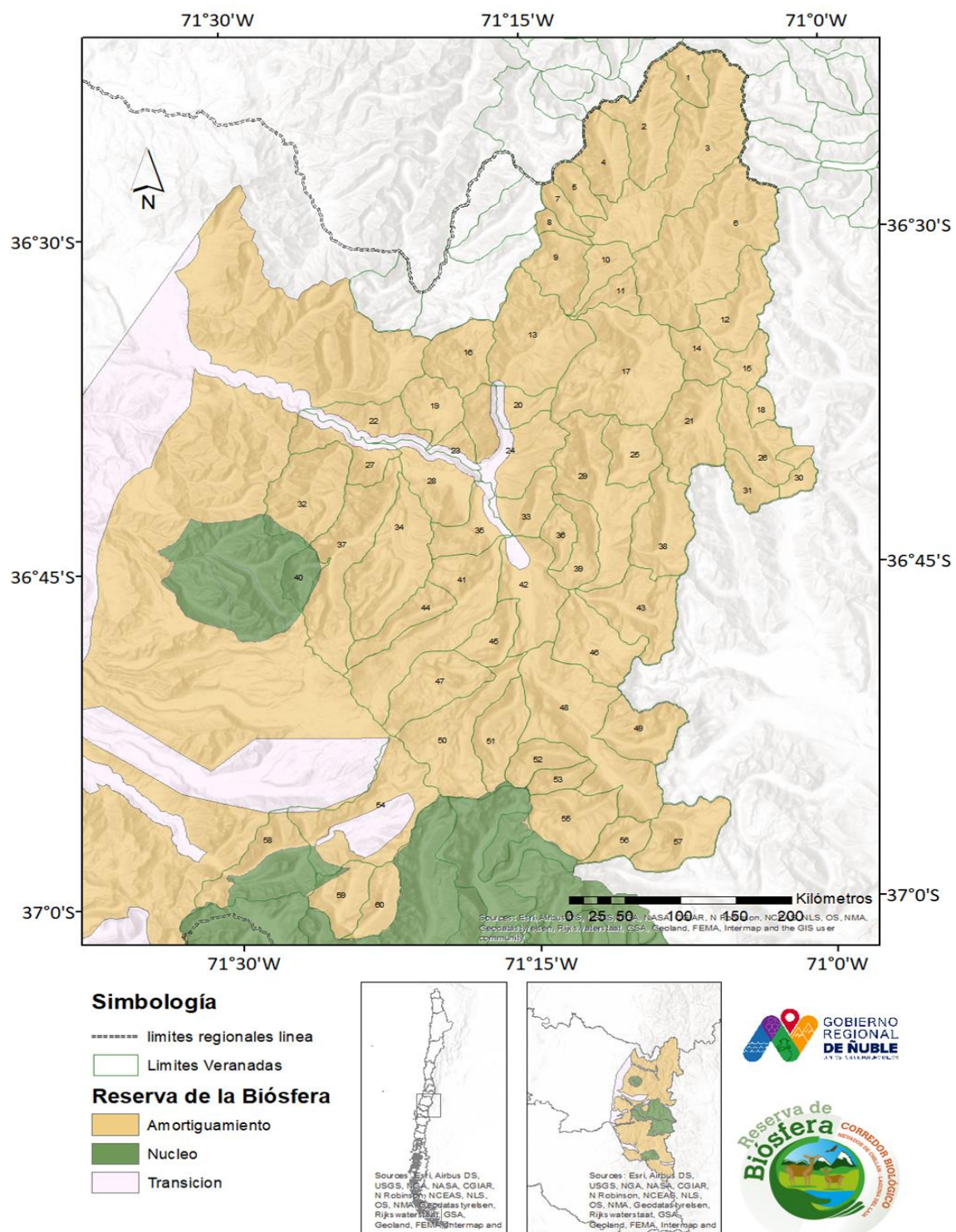


Figura 28. Veranadas presentes en la Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja.

Tabla 16. Nombre veranadas utilizadas en la Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja las cuales contemplan las presentes en la cabecera de la cuenca del río Ñuble.

N°	Veranada	N°	Veranada	N°	Veranada
1	La Despensa	21	Vallejos*	41	El Gato
2	Huemules	22	El Caracol	42	El Roble Huacho
3	La Zorra	23	Camán	43	Chureo*
4	La Cajuela	24	Los Sauces	44	Cajón Nuevo
5	El Barco	25	Palo Seco	45	Las Chapas
6	González*	26	Salitre*	46	Lon (Leon)
7	Los Bueyes	27	Veguillas	47	Lagunillas
8	Los Pinos	28	Los Colihues	48	Valle hermoso
9	El Florido	29	Las Truchas	49	Los Tábanos (Ñuble)
10	Monroy	30	La Luisa	50	Las Minas
11	La Puntilla	31	Pincheira	51	Urrutia
12	Río Bueno*	32	Las Damas	52	El Feo
Los Tábanos					
13	Pichirrincón	33	(Truchas)*	53	El Chico

Continuación tabla anterior

N°	Veranada	N°	Veranada	N°	Veranada
14	Los Frutillares	34	Las Corrientes	54	Coihuería
Quebrada					
16	Oscura	36	Las Bateas	56	Renegado
17	Las Tragedias	37	Santa Gertrudis	57	Nacimiento río Ñuble
18	Las Diucas	38	Rabones	58	San José de trumao
Los Barros (R de					
19	El Principal	39	Quilantro	59	Peucos)
Los Barros (R de					
20	El Ciprés	40	El Baúl	60	Peucos)

*Resolución 5825 Exenta. Regula uso pecuario en campos de pastoreo cordillerano y establece otras normas de prevención y detección precoz de enfermedades exóticas y control de enfermedades endémicas (Ministerio de Agricultura; Subsecretaría de Agricultura; Servicio Agrícola Ganadero; Dirección Nacional, 2021). Campos de Pastoreo Cordillerano (CPC) correspondientes a la cabecera de la cuenca del río Ñuble que, según el análisis del Servicio, presenten un riesgo de introducción de enfermedades exóticas al país (fiebre aftosa) serán clasificados como “campos de vigilancia obligatoria”.

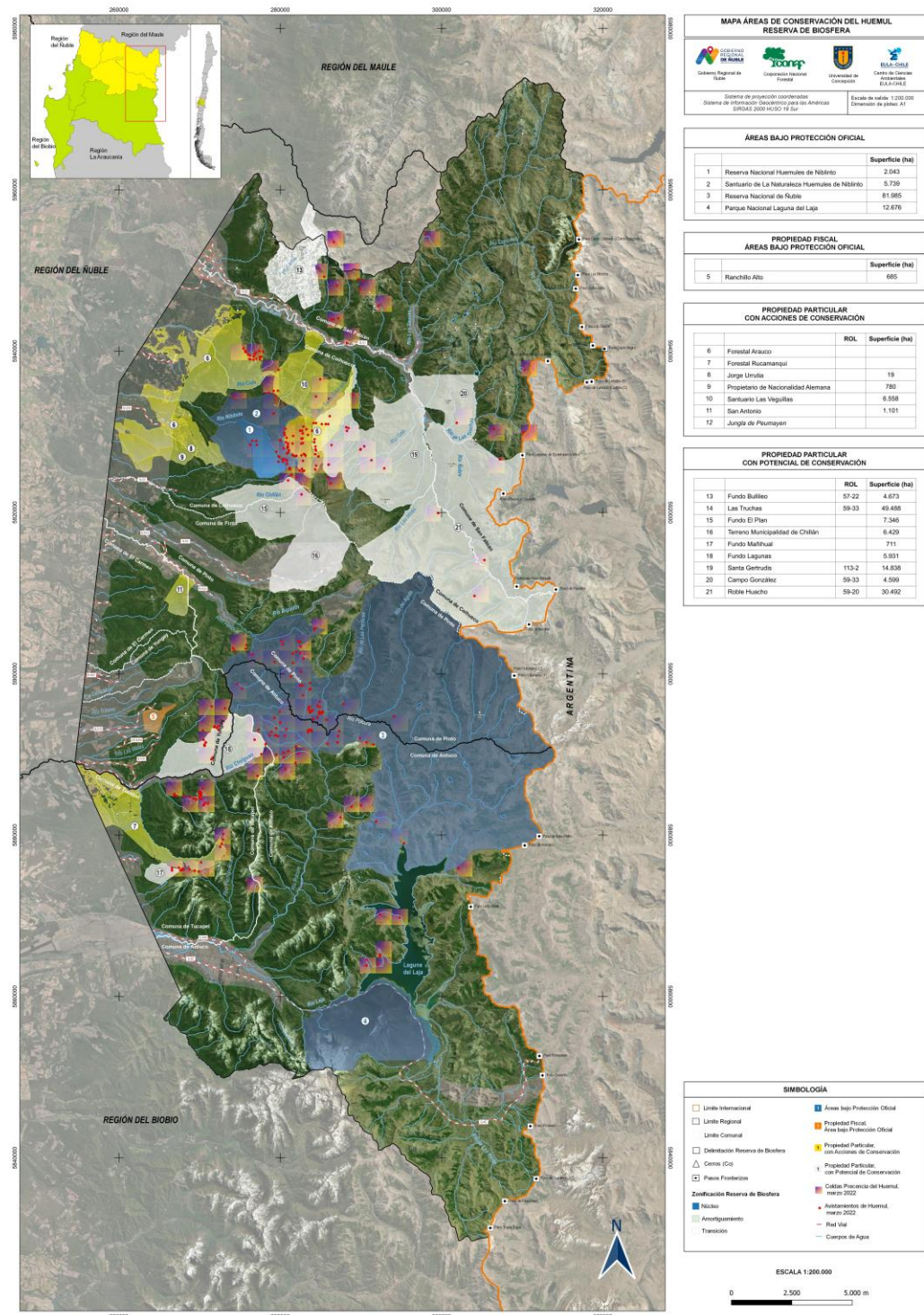


Figura 29. Áreas de Conservación del Huemul. Fuente: Proyecto Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja.

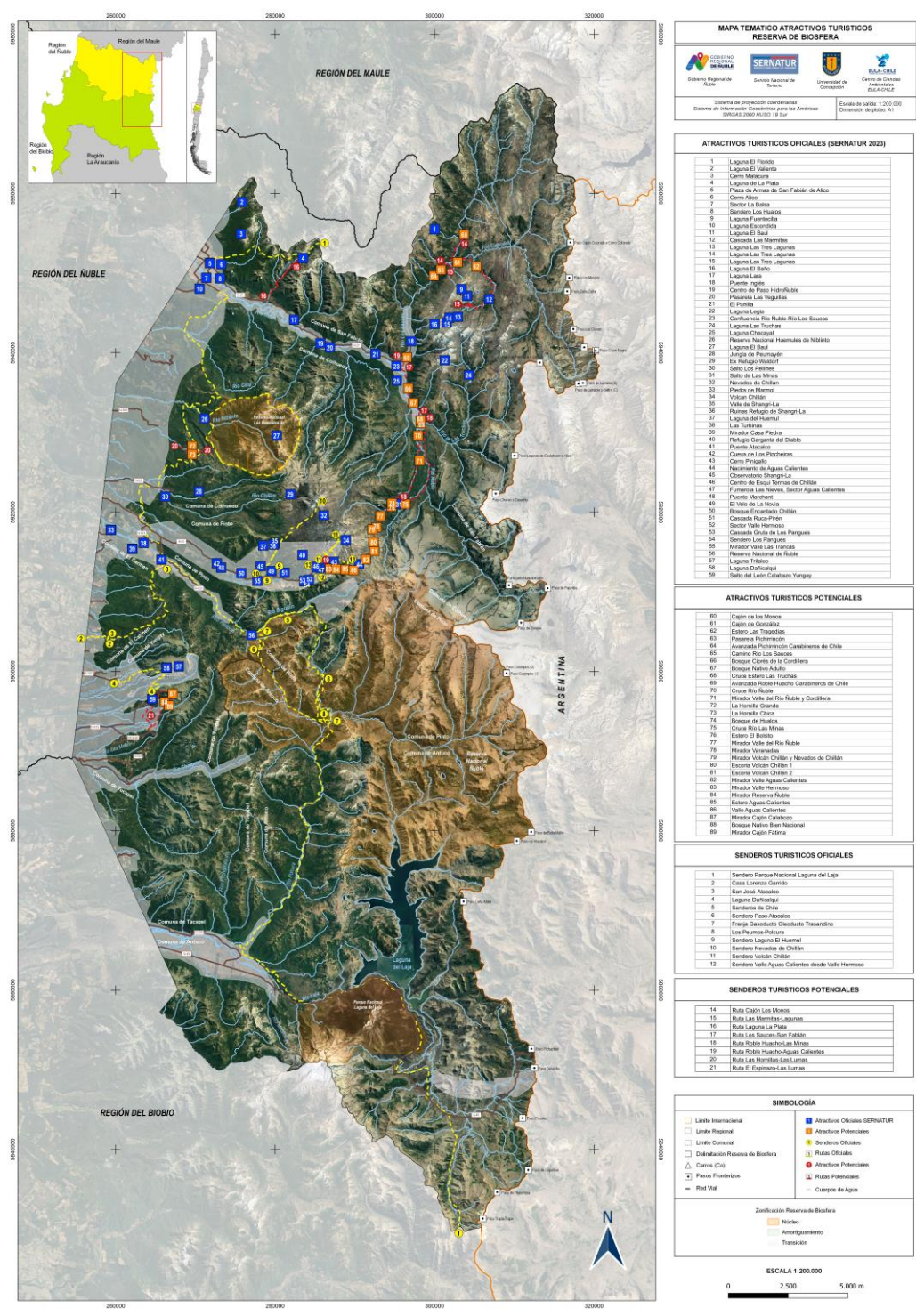


Figura 30. Atractivos turísticos presentes en el territorio. Fuente: Proyecto Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja.

Figura 31. Infografía felinos presentes en el territorio. Fuente: Proyecto Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja.



Figura 32. Infografía aves emblemáticas presentes en el territorio. Fuente: Proyecto Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja.



Figura 33. Infografía flora emblemáticas presentes en el territorio. Fuente: Proyecto Reserva de la Biosfera Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja.



Figura 34. Procesamiento y conservación de semillas en vivero comunal San Fabián de Alico. Fuente: “Registro fotográfico programas FIC”.



Figura 35. Gruta con la imagen de San Sebastián, sector del “Puente Inglés”. Fuente: “Registro fotográfico programas FIC”.



Figura 36. Pasarela “Las Veguillas”, cauce del río Ñuble. Fuente: “Registro fotográfico programas FIC”.



Figura 37. Confluencia río Ñuble y río Los Sauces. Fuente: “Registro fotográfico programas FIC”.



Figura 38. “Puente el Inglés”, ubicado en el sector de Pichirrincón, comuna de San Fabián de Alico. Fuente: “Registro fotográfico programas FIC”.



Figura 39. “Puente el Inglés”, ubicado en el sector de Pichirrincón, comuna de San Fabián de Alico. Fuente: “Registro fotográfico programas FIC”.



Figura 40. Riego por inundación, sector Río Las Minas. Fuente: “Registro fotográfico Programa FIC”



Figura 41. Sector de “Las Minas”, ubicado en la parte alta del río Ñuble. Fuente: “Registro fotográfico programas FIC”.



Figura 42. Salto Las Minas-Estero Bolsico. Fuente: “Registro fotográfico programas FIC”.



Figura 43. “Canelo”, considerado como un árbol sagrado por sus efectos curativos. Fuente: “Registro fotográfico programas FIC”.



Figura 44. Veranada “Las Tragedias”. Fuente: “Registro fotográfico programas FIC”.



Figura 45. Manifestación de la cultura Arriero, sector Río González. Fuente: “Registro fotográfico programas FIC”.